

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

Ilmu Pengetahuan Sumberdaya Lahan Gambut berfungsi sebagai "Soft skill of human". Agar dapat memahami, mengerti dan mengaplikasikan dalam kehidupan manusia, dua bentuk Tanda (Ayat) yang perlu dikaji, yaitu Tanda (Ayat) yang Dibaca (Al-Quran & Al Hadist) dan Tanda (Ayat) Yang Dilihat (Alam Semesta). Jika kita dapat mengkaji kedua Ayat tersebut dengan menggunakan "Truly Research Methods", niscaya membawa kepada Iman yang Mantap dan "Science & Technology" yang baik dan benar, sehingga mampu menyelamatkan kehidupan kita "on this earth and hereafter".

Best wishes,



M. EDI ARMANTO

ISBN 978-625-359-120-9



9 786233 991209

KEUNIKAN DAN KEMAMPUAN LAHAN GAMBUT

M. Edi Armanto
Elisa Wildayana

M. EDI ARMANTO
ELISA WILDAYANA

LAHAN

Keunikan dan Kemampuan

GAMBUT



KEUNIKAN DAN KEMAMPUAN LAHAN GAMBUT

**Sanksi pelanggaran Pasal 72
Undang-undang Nomor 19 Tahun 2002
Tentang Perubahan atas Undang-undang Nomor 12 Tahun 1997
Pasal 44 Tentang Hak Cipta**

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah)
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta atau hak terkait, sebagaimana dimaksud ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

KEUNIKAN DAN KEMAMPUAN LAHAN GAMBUT

**M. Edi Armanto
Elisa Wildayana**



KEUNIKAN DAN KEMAMPUAN LAHAN GAMBUT

M. Edi Armanto
Elisa Wildayana

UPT Penerbit dan Percetakan
Universitas Sriwijaya 2023
Kampus Unsri Palembang
Jalan Srijaya Negara, Bukit Besar Palembang 30139
Telp. 0711-360969
email : unsri.press@yahoo.com, penerbitunsri@gmail.com
website : www.unsri.unsripress.ac.id

Anggota APPTI No. 005.140.1.6.2021
Anggota IKAPI No. 001/SMS/96
Cetakan Pertama, 2023
308 halaman : 24 x 16 cm

Hak cipta dilindungi undang-undang.
Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penerbit Hak Terbit Pada Unsri Press



KATA PENGANTAR

Puji Syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat Rahmad dan Hidayah-Nya jugalah, sehingga buku ini dapat diselesaikan. Salam Shalawat kita sampaikan kepada Rasul kita Muhammad SAW, beserta keluarga dan sahabat-sahabat Beliau sampai akhir zaman.

Buku berjudul “Keunikan dan Kemampuan Lahan Gambut” ini adalah buku referensi sesuai dengan definisi DIKTI. Buku referensi adalah suatu tulisan dalam bentuk buku yang substansi pembahasannya pada satu bidang ilmu kompetensi penulis. Isi tulisan memenuhi syarat-syarat sebuah karya ilmiah yang utuh, yaitu adanya rumusan masalah yang mengandung nilai kebaruan, metodologi pemecahan masalah, dukungan data atau teori mutakhir yang lengkap dan jelas, kesimpulan dan daftar pustaka.

Buku referensi banyak digunakan oleh mahasiswa sebagai bahan kajian untuk penelitian dan digunakan sebagai rujukan dalam perkuliahan. Buku referensi ditulis dengan mengikuti alur dan struktur logika bidang keilmuan (*scientific oriented*). Isi buku ini disusun dari hasil penelitian yang dilakukan oleh penulis dan hasil penelitian lainnya yang relevan.

Buku ini dimaksudkan untuk membantu mahasiswa Fakultas Pertanian, Program Studi Ilmu Lingkungan dan Pengembang Wilayah dalam memahami Kemampuan Lahan Gambut untuk Mendukung Pengembangan Pertanian. Buku ini disusun berdasarkan pengalaman penulis selama mengikuti kuliah *Regional Planning at the Kiel University, Germany* (1987-1992), pengalaman selama menjadi *Management Training Specialist* untuk Pengembangan Wilayah di Badan Litbang Pertanian Jakarta (1999-2000), pengalaman menjadi Sekretaris Otonomi Universitas Sriwijaya (2001-2003) dan pengalaman mengajar Mata Kuliah Sistem Informasi Sumberdaya Lahan (2006 sampai sekarang).

Sampai saat ini, banyak sekali pendekatan pengembangan wilayah lahan gambut yang telah dikembangkan, akan tetapi banyak pula pendekatan tersebut sangat jauh dari kenyataan lapangan. Hal inilah yang memacu dan memotivasi penulis untuk merangkum suatu pendekatan dalam bentuk buku yang bersifat terintegrasi dan sangat mudah dipahami.

Pada dasarnya perencanaan dan pengembangan wilayah lahan gambut bukanlah suatu hal yang sulit untuk dipelajari dan diterapkan. Persoalan klasik yang selalu muncul adalah masing-masing sektor pembangunan menganggap dirinya paling mampu untuk mengatasi masalah (*egosektoral*), padahal pendekatan demikian sangat menentang kodrat alam.

Di suatu wilayah lahan gambut, segala sesuatu terjalin hubungan satu sama lainnya. Suatu benda atau sumberdaya yang terlepas keterkaitannya dari suatu jaringan (*network*), maka pada dasarnya benda atau sumberdaya itu tidak ada dan abstraks sifatnya. Demikian juga suatu pendekatan pemikiran yang mengkonsentrasikan hanya pada satu titik khusus saja, biasanya pendekatan demikian sangat sulit untuk diterapkan di lapangan, apalagi jika ada pemikiran yang terlepas dengan konteks alam, maka pendekatan itu hanya ada di dalam fikiran ilmuwan saja. Akan tetapi pendekatan demikian sangat sering dilakukan oleh ilmuwan mengingat keterbatasan kemampuan pemikiran ilmuwan itu sendiri. Oleh karena pengembangan pertanian di lahan gambut bersifat aplikatif, maka penulis mencoba mendekatinya dari berbagai sudut pandang, namun tetap dalam konteks yang dapat dikerjakan, sehingga identifikasi dan analisis keunggulan komperatif dan keunggulan kompetitif suatu wilayah lahan gambut merupakan keharusan yang dipelajari. Metode dan alat analisis menggunakan 3-R (*Rewetting, Revegetation and Revitalization*) serta diikuti dengan berbagai studi kasus yang relevan dengan pengembangan wilayah lahan gambut, maka perencanaan dan pengembangan wilayah lahan gambut akan sangat interaktif dan bersifat terpadu.

Sangat disadari bahwa buku ini masih belum sempurna dan perlu perbaikan terutama sekali dari pembaca. Oleh karena itu dengan rendah hati, penulis mengharapkan saran dan kritik untuk perbaikan buku ini lebih lanjut. Semoga buku ini bermanfaat bagi semua pembaca. Aamiin.

Kenten Permai, Oktober 2023

Penulis,

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xv
RENUNGAN DISKUSI GAMBUT	xviii
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Definisi dan Pengertian	3
1.3. Ruang Lingkup	10
1.4. Sistematika Buku	10
1.5. Tujuan Penulisan	14
1.6. Benang Merah	14
II MANFAAT EKOSISTEM RAWA GAMBUT	19
2.1. Manfaat Langsung (<i>Direct Use Values</i>)	21
2.2. Manfaat Tidak Langsung (<i>Indirect Use Values</i>)	22
2.3. Manfaat Opsional (<i>Option Values</i>)	28
2.4. Manfaat Kebanggaan (<i>Bequest Values</i>)	30
2.5. Manfaat Keberadaan (<i>Existence Values</i>)	32
2.6. Manfaat dan Kegunaan untuk Pembangunan	35
2.7. Urgensi Penilaian Sumberdaya Lahan Gambut	36
2.8. Pendekatan Penilaian Manfaat Lahan Gambut	38
2.9. Teknik Penilaian Manfaat Lahan Gambut	40
III LUAS, GENESIS DAN PERKEMBANGAN GAMBUT	46
3.1. Luas dan Distribusi	46
3.2. Komposisi Isi Gambut	48
3.3. Gambut Iklim Sedang dan Gambut Tropis	52
3.4. Hidro-Topografi	54
3.5. Sumber dan Kualitas Air	58
3.6. Genesis dan Perkembangan Lahan Gambut	61
3.7. Parameter Spesifik Lahan Gambut	69

IV	KLASIFIKASI LAHAN GAMBUT	71
	4.1. Sistem Klasifikasi	72
	4.2. Klasifikasi Lingkungan Fisik	80
	4.3. Pendekatan Yang Direkomendasikan	83
	4.4. <i>Soil Taxonomy</i> untuk Lahan Gambut	84
V	SIFAT DAN CIRI BIOLOGI LAHAN GAMBUT	97
	5.1. Biodiversitas Lahan Gambut	98
	5.2. Tanaman dan Vegetasi Alamiah	102
	5.3. Tanaman dan Vegetasi Semak Belukar	102
	5.4. Tanaman Budidaya di Lahan Gambut	103
	5.5. Aktivitas Biologis	107
VI	SIFAT DAN CIRI FISIK LAHAN GAMBUT	110
	6.1. Kematangan dan Warna Gambut	112
	6.2. Ketebalan Gambut	114
	6.3. Ketersediaan Air	116
	6.4. Kapasitas Menahan Air	118
	6.5. Konduktivitas Hidrolik	122
	6.6. Berat Isi	125
	6.7. Porositas	126
VII	SIFAT DAN CIRI KIMIA LAHAN GAMBUT	128
	7.1. Komposisi Senyawa Organik	128
	7.2. Kandungan Asam Organik	132
	7.3. Kemasaman Tanah	134
	7.4. Kapasitas Tukar Kation (KTK)	135
	7.5. Pertukaran Kation dan Kejenuhan Basa (KB)	137
	7.6. Kandungan C-Organik dan C/N <i>Ratio</i>	138
	7.7. Kandungan N-Total	141
	7.8. Kandungan P dan K Tanah	143
	7.9. Kandungan S Tanah	143
	7.10. Ketersediaan Hara Mikro	144

VIII	IKLIM DAN DINAMIKA MUKA AIR TANAH	146
	8.1. Analisis Neraca Air	147
	8.2. Analisis Frekuensi Curah Hujan Maksimum	148
	8.3. Distribusi Curah Hujan dan Muka Air Tanah	150
	8.4. Analisis Kecukupan Air (SEW-20)	151
	8.5. Curah Hujan dan Fluktuatif Muka Air Tanah	151
	8.6. Dinamika Air Tanah dan Efek Operasi Jaringan	152
	8.7. Simulasi Drainmod	156
	8.8. Pengelolaan Muka Air Tanah	157
IX	SISTEM TATA AIR LAHAN GAMBUT	160
	9.1. Sasaran Sistem Tata Air	160
	9.2. Sumber Air dan Teknologi Tata Air	161
	9.3. Jaringan dan Bangunan Tata Air	161
	9.4. Sistem Saluran Tata Air	164
	9.5. Mekanisme Sistem Saluran Model Garpu	170
	9.6. Evaluasi Umum Tata Air	171
X	MASALAH DAN TANTANGAN LAHAN GAMBUT	173
	10.1. Akar Masalah Lahan Gambut	173
	10.2. Rumusan Tantangan Lahan Gambut	186
	10.3. Pengembangan dan Penyusutan	192
	10.4. Kering Tidak Balik	195
	10.5. Subsidence Lahan Gambut	197
	10.6. Daya Menahan Beban	205
	10.7. Oksidasi Gambut	206
	10.8. Kebakaran dan Emisi Karbon	211
	10.9. Banjir dan Kekeringan	216
XI	DINAMIKA KELAPA SAWIT RAKYAT	220
	11.1. Sejarah Perubahan Bentang Lahan Gambut	220
	11.2. Sejarah Kelapa Sawit Rakyat di Lahan Gambut	223
	11.3. Status Perlindungan Lahan Gambut	226
	11.4. Pola Sebaran Kelapa Sawit Rakyat	227
	11.5. Karakteristik Fisik Plot	230
	11.6. Karakteristik Sosial Ekonomi Plot	233
	11.7. Pengalaman Aktor Kelapa Sawit Rakyat	235
	11.8. Keberlanjutan Kelapa Sawit Rakyat	238

XII	STUDI KASUS PENELITIAN LAHAN GAMBUT	241
	12.1. Rumusan Masalah Lahan Gambut	241
	12.2. Lahan Gambut dan Pertanian	246
	12.3. Metode Penelitian	248
	12.4. Kebun Raya Sriwijaya (KRS)	250
	12.5. Talang Sepucuk, Kabupaten OKI	255
XIII	REKOMENDASI DAN SARAN	259
	13.1. Rekomendasi	259
	13.2. Saran	260
XIV	DAFTAR PUSTAKA	266
	PENULIS	281

DAFTAR TABEL

	Halaman
1 Panen hutan rawa gambut menurut persepsi petani	22
2 Lima pilar pengelolaan lahan gambut berkelanjutan	36
3 Komposisi gambut (dalam % bahan organik kering)	51
4 Konsentrasi ion di perairan lahan gambut (10-20 cm)	60
5 Vegetasi mati dominan pembentuk lahan gambut	64
6 Tahap-tahapan perkembangan lahan gambut	66
7 Sifat dan ciri utama lahan gambut	70
8 Skala humifikasi von post	76
9 Karakteristik bahan organik menurut dekomposisi	86
10 <i>Great Group</i> dan <i>Sub Group</i> yang sering dijumpai	88
11 Spesies terekam di lahan gambut Sumatera Selatan	99
12 Komposisi jenis vegetasi semak belukar	103
13 Tanaman endemik lahan gambut dan lahan kering	104
14 Komposisi tanaman budidaya pada lahan penduduk	105
15 Kriteria baku kerusakan fisik gambut	111
16 Beberapa sifat dan ciri fisik lahan gambut	111
17 Warna dan kematangan gambut	113
18 Produksi padi dan ketebalan gambut	116
19 Kapasitas menyerap dan menahan air dari gambut	119
20 Kadar air (% , berat kering) dan kematangan gambut	120
21 Retensi air atas dasar kematangan gambut	121
22 Perkiraan konduktivitas hidrolik	123
23 Uji BNJ permeabilitas pada berbagai tutupan lahan	124
24 Pengukuran laju aliran pada lahan gambut	124
25 Total porositas atas dasar kematangan gambut	126
26 Analisis sifat dan ciri fisik lahan gambut	127
27 Kisaran umum presentase unsur di lahan gambut	131
28 Komposisi kimia asam humik gambut topogen	133

29	Sifat dan ciri kimia lahan gambut	135
30	KTK berbasis berat dan KTK berbasis volume	136
31	Sifat dan ciri kimia gambut	142
32	Kematangan gambut, kadar abu, dan bahan organik	142
33	Ringkasan analisis air untuk komoditi pertanian	148
34	Analisis frekuensi curah hujan rencana maksimum	149
35	Perhitungan kecukupan air (SEW-20)	151
36	Penggunaan lahan dan sifat fisik gambut	194
37	Penggunaan, pemadatan dan subsidensi gambut	200
38	Kompresibilitas, oksidasi dan penyusutan gambut	202
39	Subsidensi akibat dari penurunan muka air tanah	205
40	Kondisi banjir tahun 1990-2050	217
41	Sejarah singkat perubahan bentang lahan gambut	221
42	Perkiraan luas lahan gambut di Sumatera Selatan	226
43	Diskripsi data plot pada lahan gambut	234
44	Indikator keberlanjutan kelapa sawit rakyat	239
45	Profil lengkap kawasan KRS	253

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1 Manfaat ekosistem lahan gambut	21
2 Komposisi gambut pada umumnya	49
3 Profil punggung bukit mengangkat lumpur	56
4 Lahan gambut, lahan basah dan deposit gambut	62
5 Model suksesi jenis lumpur	65
6 Pembentukan gambut di cekungan lahan basah	67
7 Skema klasifikasi umum yang diusulkan untuk gambut	78
8 Cekungan rawa gambut berbentuk kubah pesisir	81
9 Rawa gambut laguna	81
10 Rawa gambut lembah pedalaman kecil	81
11 Rawa gambut yang terisolasi di lembah-lembah besar	81
12 Endapan gambut atol (sebagian asin)	82
13 Deposit bahan organik dengan pH-KCl dan <i>C/N ratio</i>	85
14 Pengeboran gambut pada berbagai tutupan lahan	110
15 Ilustrasi bagaimana mengukur ketebalan gambut	115
16 Analisis data iklim secara umum	148
17 Cara pengukuran muka air tanah dan air di saluran	150
18 Keterkaitan muka air tanah dengan curah hujan	151
19 Dinamika muka air saluran	151
20 Curah hujan dan fluktuatif muka air tanah	152
21 Fluktuatif muka air tanah	153
22 Fluktuatif nilai kritis muka air terhadap kebakaran	154
23 Muka air di saluran (30 Agustus 2017)	155
24 Keterkaitan muka air di saluran dengan di petak lahan	156
25 Regresi korelasi muka air di saluran dan petak lahan	156

26	Simulasi Drainmod muka air tanah	158
27	Sistem jaringan tata air di kawasan gambut	162
28	Saluran primer	162
29	Saluran sekunder	163
30	Saluran tersier	163
31	Sistem drainase untuk gambut dangkal ($< 1,5$ m)	164
32	Sistem drainase untuk gambut dalam ($> 1,5$ m)	165
33	Sistem drainase dan irigasi dengan beda pasang surut	166
34	Sistem tata air dengan sistem garpu dimodifikasi	168
35	Sistem saluran satu arah pada petakan tersier	171
36	Pintu air otomatis	171
37	Tiga jenis tutupan lahan dominan di lahan gambut	181
38	Kontribusi manusia terhadap kehilangan lahan gambut	183
39	Tantangan permanen lahan gambut	192
40	Diagram skema penataan ruang gambut	203
41	Penurunan muka air harian setelah hari hujan	213
42	Fluktuasi muka air tanah harian dengan pengendalian	215
43	Simulasi air jika dinaikkan 20 cm mendekati tanggul	216
44	Rumusan masalah utama penelitian di rawa gambut	245
45	Peta jalan (<i>road map</i>) penelitian	249
46	Tahap-tahapan penelitian	250
47	Lokasi Kebun Raya Sriwijaya di Kabupaten Ogan Ilir	252
48	Peta areal penelitian di Talang Sepucuk OKI	256

DAFTAR SINGKATAN

3-R	: <i>Rewetting, Revegetation and Revitalization</i>
Al-dd	: Aluminium Dapat Dipertukarkan
APL	: Area Penggunaan Lain (Kawasan Non-Hutan)
APRIL	: <i>Asia Pacific Resources International Limited</i>
Ar	: Argon
Are (acre)	: $1 \text{ acre} = 4046.86 \text{ m}^2$
ATP	: <i>Agro Techno Park</i>
Ba	: Barium
BRG	: Badan Restorasi Gambut
BT	: Bujur Timur
C	: Karbon
Ca	: Kalsium
CaCO ₂	: Kalsium Bikarbonat (Kapur)
Cd	: Kadmium
CH ₄	: Gas metan
Co	: <i>Cobalt</i>
CO ₂	: Karbon Dioksida
CPO	: <i>Crude Palm Oil</i>
DAS	: Daerah Aliran Sungai
DOC	: <i>Dissolved Organic Carbon</i>
DRAINMOD	: <i>Computer Model</i>
DTM	: <i>Digital Terrain Model</i>
ENSO	: <i>El Niño-Southern Oscillation</i>
FAO	: <i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
Fe	: Besi
GIS	: <i>Geographical Information System</i>
GPR	: <i>Ground-Penetrating Radar</i>
GPS	: <i>Global Positioning System</i>
GWT	: <i>Ground Water Table</i>
H	: Ion Hidrogen
H ₂ SO ₄	: Asam Sulfat
Hg	: Air Raksa (Merkuri atau <i>Hydrargyrum</i>)
HHBK	: Hasil Hutan Bukan Kayu
HL	: Hutan Lindung
HL	: Hutan Lainnya (HL, TWA, SM, KSA/KPA)

HP	:	Hutan Produksi
HPH	:	Hak Pengusahaan Hutan
HPK	:	Hutan Produksi yang Dapat Dikonversi
HPT	:	Hutan Produksi Terbatas
HTI	:	Hutan Tanaman Industri
IP	:	Indeks Pertanaman
IPS	:	<i>International Peat Society</i>
IPTEK	:	Ilmu Pengetahuan dan Teknologi
ISPO	:	<i>Indonesia Sustainable Palm Oil</i>
IUCN Red List	:	<i>International Union for Conservation of Nature</i>
K	:	Kalium
KB	:	Kejenuhan Basa
KHG	:	Kesatuan Hidrologis Gambut
KRS	:	Kebun Raya Sriwijaya
KSA/KPA	:	Suaka Alam/Kawasan Konservasi
KTK	:	Kapasitas Tukar Kation
Kurva pF	:	Retensi Air (1 pF, pikofarad, sepersatu triliun (10^{-12}) farad)
Landsat 7 ETM+	:	<i>Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)</i>
LIDAR	:	<i>Light Distance and Ranging</i>
LS	:	Lintang Selatan
LSM	:	Lembaga Swadaya Masyarakat
Mg	:	Magnesium
Mn	:	Mangan
N	:	Nitrogen
N ₂ O	:	Nitrogen Dioksida
Na	:	Natrium
NA	:	<i>Not available</i>
NaOH	:	Natrium Oksida
Ni	:	Nikel
P	:	Posfor
Pb	:	Timah Hitam (<i>Lead</i>)
PCB	:	<i>Polychlorinated Biphenyls</i>
PDB	:	Produk Domestik Bruto
pH	:	<i>pH (Power of Hydrogen)</i> , Kemasaman
PIR	:	Perkebunan Inti Rakyat
PKS	:	Pabrik Kelapa Sawit
POC	:	<i>Particulate Organic Carbon</i>
PP	:	Peraturan Pemerintah

R ²	:	Koefisien Determinasi
S	:	Sulfur
S1	:	<i>Very Suitable</i>
S2	:	<i>Moderately Suitable</i>
S3	:	<i>Marginally Suitable</i>
SDA	:	Sumberdaya Alam
Se	:	Selenium
Si	:	Silika
SM	:	Suaka Margasatwa
SPOT	:	<i>SPOT 6 and 7: Satellite Imagery</i>
TBS	:	Tandan Buah Segar
TN	:	Taman Nasional
TNS	:	Taman Nasional Sembilang
TPC	:	Total Fenolik
TRGD	:	Tim Restorasi Gambut Daerah
TWA	:	Taman Wisata Alam
UAV	:	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
UNEP	:	<i>United Nations Environment Programs</i>
Unesco	:	<i>United Nations Educational, Scientific & Cultural Organization</i>
UPTD	:	Unit Pelaksana Teknis Daerah
USDA	:	<i>United States Department of Agriculture</i>
UU	:	Undang-Undang
WTD	:	<i>Water Table Depth</i>
ZK	:	Zona Koleksi
Zn	:	Seng
ZP	:	Zona Pemanfaatan

RENUNGAN DISKUSI GAMBUT

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh, my Brothers and Sisters,

Bismillaahir Rahmaanir Rahiim

قُلْ لَوْ كَانَ الْبَحْرُ مِدَادًا لَكَلَّمْتُ رَبِّي لَتَنفَدَ الْبَحْرُ قَبْلَ أَنْ تَنْفَدَ كَلِمَاتُ رَبِّي وَلَوْ جِئْنَا بِمِثْلِهِ مَدَدًا ﴿١٠٩﴾

Allah SWT berfirman (Al Quran, Al Kahfi [18] ayat 109): "Katakanlah (Muhammad), sekiranya lautan menjadi tinta untuk (menulis) kalimat-kalimat Tuhanku, sungguh habislah lautan itu sebelum habis (ditulis) kalimat-kalimat Tuhanku, meskipun Kami datangkan tambahan sebanyak itu (pula)". Ayat ini menjelaskan bahwa Ilmu Allah SWT sangat luas dan tidak terhingga (tidak terbatas). Oleh karena itu, untuk mengantar manusia hidup selamat di Dunia dan Akhirat, Allah SWT mewujudkan Tanda KetuhananNya melalui dua Bentuk, yaitu: Tanda (Ayat) Yang Dibaca dan Tanda (Ayat) Yang Dilihat, Dikenali Sebagai Ayat Al Kauniyyah. Contoh Tanda (Ayat) Yang Dibaca adalah Kitab Suci Al Quran Nur Karim.

ذَلِكَ الْكِتَابُ لَا رَيْبَ فِيهِ هُدًى لِّلْمُتَّقِينَ ﴿٢﴾

Allah SWT berfirman (Al Baqarah [2] ayat 2): *Kitab Al Quran ini Tidak Ada Keraguan* padanya; petunjuk bagi mereka yang bertaqwa. Definisi Nas Al Kauniyyah (*nature*) adalah Nas Al Quran dan Nas Hadist yang berkaitan dengan kejadian alam yang dapat dilihat apakah di bumi atau di langit seperti tumbuh-tumbuhan, tanah, hewan, cuaca, udara, air, perkara yang berkaitan dengan angkasa luas dan seumpamanya.

وَمِنْ آيَاتِهِ خَلْقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَخْلَافَ السِّنِّكُمْ وَالْوَنُكْرَ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّلْعَالَمِينَ ﴿٢٢﴾

Allah SWT berfirman (Ar Ruum [30] ayat 22) "Dan di antara tanda-tanda kekuasaan-Nya ialah menciptakan langit dan bumi dan berlain-lainan bahasamu dan warna kulitmu. Sesungguhnya pada

yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang mengetahui”.

وَإِذَا سَمِعُوا مَا أُنزِلَ إِلَى الرَّسُولِ تَرَىٰ أَعْيُنُهُمْ تَفِيضُ مِنَ الدَّمْعِ
مِمَّا عَرَفُوا مِنَ الْحَقِّ يَقُولُونَ رَبَّنَا آمَنَّا فَاكْتُبْنَا مَعَ الشَّاهِدِينَ ﴿٨٣﴾

Oleh karena itu dalam Surah Al Maidah [5] ayat 83, Allah SWT berfirman “Dan apabila mereka mendengarkan apa yang diturunkan kepada Rasul (Muhammad), *Kamu Lihat Mata Mereka Mencururkan Air Mata* disebabkan *Kebenaran (Al Quran)* yang telah mereka ketahui (dari kitab-kitab mereka sendiri); seraya berkata: "Ya Tuhan kami, kami telah beriman, maka *Catatlah Kami Bersama Orang-Orang Yang Menjadi Saksi (Atas Kebenaran Al Quran dan Kenabian Muhammad SAW)*.”

Pada saat ini, Nas Al Kauniyyah yang paling hangat diperbincangkan (didiskusikan) oleh para Ulama Tafsir dan Ilmuwan di seluruh dunia, antara lain:

- 1) Bentuk Bumi (misalnya *Mapping and Geomorphology*)
- 2) Asal Kejadian Alam (contohnya *Geology*)
- 3) Kehidupan di Planet (planet bumi, *Natural Resources, Biology*)
- 4) Kejadian Manusia (*Human Creation*).

Oleh karena itu di dalam Al Quran, Allah SWT menyebut langit sebanyak 610 kali, planet Bumi (425 kali), malam (120 kali), hari (76 kali), siang (46 kali), sungai (43 kali), laut (38 kali), bukit (40 kali), matahari (31 kali), bulan (26 kali), bintang (23 kali), dan pohon/vegetasi (7 kali). Semua yang disebutkan oleh Allah SWT berarti mewajibkan manusia untuk mempelajari dan menelitinya, semakin banyak disebut, maka semakin intensif *Perintah untuk Belajar dan Meneliti*.

Lahan gambut tergolong sumberdaya alam yang tak terbarukan (*non-renewable natural resources, or finite resources*) karena lahan gambut tidak mudah diperbarui secara alami dengan kecepatan yang dapat mengimbangi konsumsi. Biomassa dan air tanah di lahan gambut semuanya dianggap sebagai sumberdaya yang tidak terbarukan, meskipun elemen secara individu dapat dilestarikan.

Allah SWT memberi petunjuk tentang bagaimana memahami semua ciptaan Allah, ilmu/teori, petunjuk/metodologi,

kitab/referensi atau data. Oleh karena itu, menurut Al Qur'an kadar ilmu seseorang masih rendah jika orientasi bahasan masih hanya dunia, belum berbasis pada iman pada Allah dan akhirat (An-Najm [53] ayat 29-30).

فَاعْرَضْ عَنْ مَنْ تَوَلَّىٰ عَنْ ذِكْرِنَا وَلَمْ يُرِدْ إِلَّا الْحَيَاةَ الدُّنْيَا ﴿٢٩﴾

Allah SWT berfirman (An-Najm [53] ayat 29) “Maka berpalinglah (hai Muhammad) dari orang yang berpaling dari peringatan Kami, dan tidak mengingini kecuali kehidupan duniawi”.

ذَٰلِكَ مَبْلَغُهُمْ مِنَ الْعِلْمِ إِنَّ رَبَّكَ هُوَ أَعْلَمُ بِمَنْ ضَلَّ عَنْ سَبِيلِهِ وَهُوَ أَعْلَمُ

بِمَنْ أَهْتَدَىٰ ﴿٣٠﴾

Allah SWT berfirman (An-Najm [53] ayat 30) “Itulah sejauh-jauh pengetahuan mereka. Sesungguhnya Tuhanmu, Dialah yang paling mengetahui siapa yang tersesat dari jalan-Nya dan Dia pulalah yang paling mengetahui siapa yang mendapat petunjuk”.

أَلَمْ تَرَوْا أَنَّ اللَّهَ سَخَّرَ لَكُمْ مَآ فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَأَسْبَغَ عَلَيْكُمْ

نِعْمَهُ ظَهْرَةً وَبَاطِنَةً وَمِنَ النَّاسِ مَن يُجَادِلُ فِي اللَّهِ بِغَيْرِ عِلْمٍ وَلَا

هُدًى وَلَا كِتَابٍ مُّنِيرٍ ﴿٣١﴾

Allah SWT berfirman (Luqman [31] ayat 20) “Tidakkah kamu perhatikan sesungguhnya Allah telah menundukkan untuk (kepentingan)mu apa yang di langit dan apa yang di bumi dan menyempurnakan untukmu nikmat-Nya lahir dan batin. Dan di antara manusia ada yang membantah tentang (keesaan) Allah tanpa ilmu pengetahuan atau petunjuk dan tanpa Kitab yang memberi penerangan”.

وَمِنَ النَّاسِ مَن يُجَادِلُ فِي اللَّهِ بِغَيْرِ عِلْمٍ وَلَا هُدًى وَلَا كِتَابٍ مُّنِيرٍ ﴿٨﴾

Allah SWT berfirman (Al-Hajj [22] ayat 8) “Dan di antara manusia ada orang-orang yang membantah tentang Allah tanpa ilmu pengetahuan, tanpa petunjuk dan tanpa kitab (wahyu) yang memberi penerangan”.

Banyak kaum muslimin hanya mengikuti seniornya atau orang yang “Dianggap berilmu... yang tidak jelas ilmunya”, sebenarnya yang harus diikuti adalah Al Quran; Al-Hadist; Ijtihad/Ijma dll.

وَأِنْ تَطَعْتَ أَكْثَرَ مَنْ فِي الْأَرْضِ يُضِلُّوكَ عَنْ سَبِيلِ اللَّهِ إِنَّ
يَتَّبِعُونَ إِلَّا الظَّنَّ وَإِنْ هُمْ إِلَّا يَخْرُصُونَ ﴿١١٦﴾

Allah SWT berfirman (Al-An'am [6] ayat 116) "Dan jika kamu menuruti kebanyakan orang-orang yang di muka bumi ini, niscaya mereka akan menyesatkanmu dari jalan Allah SWT. Mereka tidak lain hanyalah mengikuti persangkaan belaka, dan mereka tidak lain hanyalah berdusta/menipu".

Di dalam Ilmu Sumberdaya Lahan Gambut terdapat dua data penting, yaitu: *Spatial Data* dan *Attribute Data*. *Spatial Data* adalah segala sesuatu yang berkaitan dengan area, jarak, arah, distribusi, sudut dan lain-lain yang berkaitan dengan geografis dan diikuti dengan koordinat. *Attribute Data* adalah segala sesuatu yang berhubungan dengan benda, objek, pertanian, tanah, imajinasi, idea, mimpi dan lain-lain.

Ilmu Sumberdaya Lahan Gambut adalah alat hidup untuk membantu mengembangkan "*Soft skill of human*" agar dapat memahami, mengerti dan mengaplikasikan dalam kehidupan manusia "Dua Bentuk Tanda (Ayat), yaitu Tanda (Ayat) Yang Dibaca dan Tanda (Ayat) Yang Dilihat (Ayat Al Kauniyyah)". Jika kita dapat mengkaji kedua Ayat tersebut dengan menggunakan "*Truly Research Methods*", niscaya membawa kepada Iman yang Mantap dan "*Science & Technology* yang baik dan benar.

يٰۤاَيُّهَا الَّذِيْنَ ءَامَنُوْا اتَّقُوْا اللّٰهَ وَارْتَقِبُوْا لِحُكْمِ اللّٰهِ لَعَلَّكُمْ تَكْفُرُوْنَ
وَأَتَّقُوا اللَّهَ إِنَّ اللَّهَ خَبِيرٌ بِمَا تَعْمَلُونَ ﴿١٨﴾

Allah SWT berfirman (Al-Hasyr [59] ayat 18) "Hai orang-orang yang beriman, bertaqwalah kepada Allah SWT dan hendaklah setiap diri memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok (akhirat); dan bertaqwalah kepada Allah, sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan".

Semoga tulisan ini bermanfaat bagi kita semua. Source: Al Quran & Al Hadist. Ameen. Many thanks for your attention. Billahi Taufiq Walhidayah, Wassalamu'alaikum Warrohmatullahi Wabarakatuh. والله أعلم



PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada abad ke-18, telah dilakukan reklamasi lahan gambut di wilayah pesisir Sumatera untuk tujuan pengembangan pertanian. Akan tetapi untuk tempat pemukiman manusia di kawasan tersebut sampai 1970an masih dihindari karena berbagai masalah internal lahan gambut dan masalah yang muncul setelah dilakukan reklamasi. Masalah-masalah ini cenderung membuat kehidupan penduduk lokal terancam.

Masalah internal lahan gambut, antara lain sulit melakukan drainase, kesuburan rendah, risiko berbagai penyakit (misalnya malaria) dan akses jalan yang sulit dan sulit dijangkau, membuat penduduk lokal kurang tertarik mengembangkannya. Sejak tahun 1970an, percepatan pembangunan pertanian untuk memenuhi pertumbuhan penduduk dan kebutuhan pangan, sandang dan papan, maka investor dan pemerintah memperluas pengembangan pertanian di lahan gambut. Selama tiga-empat dekade terakhir banyak upaya, seringkali dalam skala besar, telah dilakukan untuk menjadikan lahan gambut menjadi lahan budidaya tanaman pertanian dalam arti luas. Ada banyak contoh keberhasilan yang dicapai, akan tetapi lebih banyak lagi kegagalan yang dialami bahkan menuju kepunahan lahan gambut.

Berbagai penyebab kegagalan pengelolaan lahan gambut adalah kurangnya pemahaman secara umum bahwa rawa gambut itu unik, begitu juga dengan bahan penyusunnya. Karakter khusus bentang lahan dan tanah di bawahnya

seringkali tidak dikenali dan reklamasi mengikuti pola yang sama seperti untuk tanah mineral. Hal ini sering menimbulkan konsekuensi yang membawa malapetaka: drainase segera memburuk, frekuensi dan besarnya banjir meningkat, defisiensi unsur hara terjadi pada tanaman dan panen menjadi buruk. Ini semua adalah alasan mengapa proyek dan skema pembangunan ditinggalkan sebelum mencapai satu siklus pertanaman.

Pada saat sekarang, lahan gambut sedang ditanami dalam skala yang semakin besar, khususnya di Sumatera dan Kalimantan. Akan tetapi, baik petani kecil maupun pengusaha (investor) skala luas seringkali tidak memiliki pengetahuan yang cukup tentang dinamika pertanian di lahan ini. Untuk alasan ini dan dalam keadaan ini perlu untuk melihat pengetahuan dan pengalaman manajemen yang telah dikembangkan dan dikumpulkan di tempat lain. Pengalaman seperti itu harus ditinjau kembali sebelum dapat digunakan di tempat-tempat baru. Setiap transfer pengetahuan juga membutuhkan informasi dasar yang cukup tentang sifat rawa yang akan dikembangkan dan bahan organiknya. Informasi tersebut juga memungkinkan untuk mengidentifikasi kebutuhan untuk penelitian khusus dalam kasus dimana pengetahuan yang tersedia tidak dapat ditransfer secara langsung karena sifat spesifik lahan gambut.

Di pulau Sumatera dan Kalimantan, gambut ditanami untuk pengembangan program transmigrasi sejak tahun 1970 dan pada tahun 1980, pemukiman transmigrasi Jawa dan Bali ditempatkan di daerah ini, khususnya di kawasan pesisir timur Sumatera. Beberapa kawasan rawa gambut berhasil dikembangkan, seperti Telang, Saleh dan Air Sugihan, akan tetapi beberapa kawasan gagal untuk dibudidayakan, misalnya Pulau Rimau. Pada kawasan yang gagal dikembangkan ini, maka pemerintah terpaksa melakukan pemberian bantuan

berupa beras miskin (raskin) agar masyarakat transmigran bisa bertahan hidup. Demikian juga kasus pengembangan gambut 1 juta ha di Kalimantan Tengah juga mengalami kegagalan dikarenakan lahan gambut kurang dapat mendukung pertumbuhan tanaman padi. Dengan kegagalan reklamasi rawa gambut, maka kita semua harus dapat mengambil pelajaran dan pengalaman agar kegagalan reklamasi rawa gambut tidak terulang kembali. Akan tetapi, sangat disayangkan bahwa kegagalan tersebut terulang kembali dengan reklamasi lahan gambut untuk perkebunan berskala luas.

1.2. Definisi dan Pengertian

Lahan gambut adalah bagian dari lahan basah yang telah mengakumulasi sejumlah besar bahan organik tanah. Lahan gambut dalam bahasa sehari-hari dikenal sebagai gambut, sedangkan *mucks* mengacu pada gambut yang terdekomposisi sampai pada titik dimana sisa-sisa tanaman asli berubah tanpa bisa dikenali. Pengertian gambut mengacu pada akumulasi persentase bahan organik yang tinggi dan perbedaan antara tanah dan akumulasi bahan organik ini tidak jelas. Berbagai definisi gambut dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan komposisi massa, maka gambut dikatakan sebagai lahan gambut apabila tanah mengandung bahan organik paling sedikit 65% atau sebaliknya kandungan mineralnya kurang dari 35%.
- 2) Berdasarkan partisi profil tanah, yaitu tanah yang memiliki lapisan bahan organik 50 cm atau lebih dalam jarak 100 cm atau lebih dari dua kali bahan tanah mineral di atas batuan dasar dalam jarak 50 cm.
- 3) Menurut *Soil Taxonomy* (2014), lahan gambut (Histosols) adalah jenis tanah dengan lapisan organik permukaan setebal >40 cm. Lahan gambut yang terkena dampak

permafrost diklasifikasikan sebagai subordo Histels dalam ordo Gelisol.

Reklamasi gambut adalah bidang pembangunan yang relatif baru, akan tetapi data dan informasi yang tersedia masih sedikit. Penting untuk diketahui bahwa reklamasi rawa gambut hanya akan berhasil melalui upaya multi-disiplin yang terintegrasi, yang meliputi teknik sipil, hidrologi, pertanian dan ilmu sosial.

Gambut dan lahan gambut tidak hanya menjadi sumberdaya bagi pembangunan pertanian. Ekstraksi gambut untuk keperluan industri dan potensi penggunaannya sebagai bahan bakar alternatif lokal yang relatif murah, semakin penting karena bentuk energi fosil lainnya menjadi kendala ekonomi bagi pembangunan. Untuk itu perhatian diberikan pada gambut sebagai sumber energi dan aspek ekstraksi gambut, khususnya dalam kaitannya dengan penggunaan pertanian dan potensi pertanian rawa gambut setelah ekstraksi. Pengembangan pertanian atau komersial gambut dan rawa gambut membutuhkan perhatian terhadap isu-isu lingkungan yang berperan dalam reklamasi lahan basah. Rawa gambut sering menyediakan ekosistem yang unik, sehingga aspek lingkungan harus ditinjau jika sesuai.

Untuk memahami lahan gambut secara menyeluruh dan terintegrasi, maka subjek lahan gambut dapat dibagi menjadi dua bagian secara jelas, yaitu bahan gambut itu sendiri (umumnya diindikasikan sebagai gambut); dan pengaturan fisiografis atau geomorfologisnya (satuan bentang lahan) yang umumnya dikenal dengan istilah rawa gambut.

- 1) Gambut (sebagai bahan), telah banyak diteliti dan dipelajari oleh dipelajari ahli kimia, sipil, ilmu tanah dan ahli geologi karena potensinya untuk keperluan pertanian, industri

atau energi. Akan tetapi penelitian tersebut masih banyak yang belum mengaitkan dengan isu-isu lingkungan. Gambut telah mendapat perhatian di masa lalu sebagai media pertumbuhan tanaman untuk komoditas hortikultura, perkebunan dan kehutanan. Studi gambut sebagai tanah yang akan digunakan untuk tujuan pertanian dalam arti luas dan dikelola dalam sistem pertanian berwawasan lingkungan adalah suatu tantangan baru untuk pemanfaatan lahan gambut.

- 2) Rawa gambut sebagai satuan fisiografis telah lama dipelajari oleh para ahli biologi dan ilmuwan terkait dan belakangan ini menjadi fokus perhatian para pemerhati lingkungan. Rawa gambut dikelola dalam aspek Kesatuan Hidrologi Gambut (KHG) adalah mutlak dilaksanakan.

Kedua aspek ini telah mendapat perhatian yang tepat dalam literatur, akan tetapi dalam praktek pelaksanaan lapangan, seringkali terpisah satu sama lain. Kegagalan untuk mengenali kebutuhan untuk mempelajari dan mengelola kedua entitas bersama-sama telah menjadi alasan mengecewakan upaya reklamasi. Ada alasan historis yang sangat bagus mengapa kedua aspek tersebut dipelajari secara terpisah.

Istilah gambut dan rawa gambut tidak boleh dianggap sinonim dan penggunaan istilah-istilah ini harus diperhatikan dalam konteks yang tepat. Situasinya tampak lebih rumit ketika terminologi ilmiah yang umum digunakan dianalisis. Untuk menghindari kesalahpahaman dan salah tafsir, maka perlu diuraikan secara tepat arti dari istilah gambut dan rawa gambut.

1.2.1. Gambut

Gambut secara tradisional didefinisikan sebagai sinonim dengan sisa-sisa tanaman yang mati sebagai jaringan organik yang sebagian berkarbonisasi yang terbentuk dalam kondisi

anaerob (basah) oleh dekomposisi berbagai tanaman dan lumut. Definisi terbatas ini, termasuk hanya bahan yang seluruhnya berasal dari tumbuhan, bertentangan dengan beberapa sistem klasifikasi tanah yang sudah mapan. Dalam sistem klasifikasi tanah, tanah gambut biasanya didefinisikan sebagai tanah yang memiliki lebih dari 65% bahan organik. Dengan demikian terdapat kebingungan umum mengenai definisi yang tepat dari gambut dan tanah gambut, sehingga sistem klasifikasi modern mencoba menghindari istilah-istilah ini. Istilah lahan gambut digunakan yang mencakup bahan yang jauh lebih luas daripada gambut atau tanah gambut seperti diuraikan di atas. Beberapa alasan mengapa, kita mengadopsi definisi yang lebih luas daripada definisi tradisional yang diuraikan di atas.

- 1) Pertama, selain bertentangan dengan sistem klasifikasi tanah yang ada, penggunaan istilah tanah gambut dengan makna yang terbatas akan bertentangan dengan tujuan kami, yaitu untuk menunjukkan cara dan sarana reklamasi yang efektif dan pengembangan lahan rawa atau rawa dataran rendah. Ini, meskipun sebagian besar gambut, juga termasuk tanah yang merupakan transisi antara lahan gambut dan mineral.
- 2) Kedua, gambut sejati (100 % bahan organik) memiliki potensi marjinal yang rendah untuk pengembangan pertanian, sehingga tidak logis untuk mencurahkan satu buku penuh untuk pengelolaan tanah seperti itu.
- 3) Akhirnya, daerah gambut umumnya terjadi dalam asosiasi atau kompleks dengan tanah di mana komponen mineral sangat bervariasi.

Secara umum, semakin besar kandungan mineral pada tanah gambut, maka semakin besar potensi lahan gambut untuk pertanian karena lahan gambut itu semakin subur. Oleh karena

itu, pendekatan pragmatis diperlukan dan ini membenarkan perluasan area yang diminati untuk memasukkan semua tanah yang didefinisikan sebagai lahan gambut. Ini adalah tanah umum yang memiliki lebih dari 50% bahan organik di bagian atas 80 cm. Secara umum istilah gambut, tanah gambut dan lahan gambut adalah sinonim dalam Buku ini, perbedaan hanya dilakukan jika diperlukan. Untuk tujuan praktis, buku ini mencakup semua lahan gambut (Histosols).

Gambut biasanya mengacu pada akumulasi sebagian besar persentase bahan organik yang tinggi dan perbedaan antara tanah dan akumulasi vegetatif tidak jelas. Selama bertahun-tahun, gambut secara bergantian disebut sebagai lahan gambut dan Histosol. Gambut sebagai lahan gambut berdasarkan komposisi massanya, yaitu tanah yang mengandung bahan organik paling sedikit 65% atau sebaliknya kandungan mineralnya kurang dari 35%. Definisi yang lebih baru untuk lahan gambut didasarkan pada partisi profil, yaitu tanah yang memiliki bahan organik 50 cm atau lebih dalam jarak 100 cm atau lebih dari dua kali bahan tanah mineral di atas batuan dasar dalam jarak 50 cm.

1.2.2. Rawa Gambut

Rawa gambut sering disebut sebagai lahan basah, tetapi seperti yang ditunjukkan klasifikasi lahan gambut tidak sama dengan klasifikasi lahan basah. Klasifikasi lahan basah memiliki konteks yang lebih luas dan mencakup beberapa jenis yang paling umum didefinisikan oleh *Webster's Collegiate Dictionary* sebagai berikut:

- 1) Lahan basah: Perairan terbuka besar atau kecil yang dikelilingi oleh tanah mineral basah serta lahan gambut.

- 2) Moor: Area berawal dari lahan kosong, biasanya bergambut dan didominasi oleh rerumputan dan semak belukar.
- 3) Rawa: Tanah sepon basah, drainase buruk, kaya akan sisa-sisa tanaman, memiliki flora tertentu seperti sedges, heaths dan sphagnum.
- 4) Rawa: Sebidang tanah lunak yang biasanya dicirikan oleh monokotil.
- 5) Mire: Rawa atau rawa.
- 6) Fen: Dataran rendah sebagian atau seluruhnya tertutup air.

Jelas dari definisi ini jelas bahwa semua lahan basah dapat mencakup gambut, dan pada tingkat yang lebih luas, lahan gambut. Ini mungkin mengapa istilah-istilah ini umum digunakan meskipun hampir identik, pilihan diserahkan kepada individu. Namun, ada beberapa kecenderungan untuk adopsi istilah-istilah tertentu oleh disiplin ilmu individu.

Tiga macam bahan dasar lahan gambut, yaitu fibrik, hemik, dan saprik, yang dibedakan menurut derajat komposisi bahan tanaman aslinya. Fibrik paling sedikit terurai, saprik yang paling banyak terurai, dan hemik yang menengah. Berat isi tertinggi untuk saprik ($>0.2 \text{ g cm}^{-3}$) dan terendah untuk fibrik ($<0.1 \text{ g cm}^{-3}$). Lahan gambut Indonesia terutama terdiri dari gambut saprik dan hemik-saprik, kaya lignin (65-93%) dan selulosa ($<10\%$), tanpa jejak hemiselulosa atau protein. Gambut yang lebih dekat ke pantai, yaitu gambut dengan pengaruh laut, memiliki kandungan abu dan selulosa yang lebih tinggi, dan pH yang lebih tinggi daripada gambut air tawar.

Karena gambut sebagian besar terdiri dari air (dengan 10% bahan organik, berat jenis $0,07-0,10 \text{ g cm}^{-3}$), maka tindakan drainase lahan gambut menyebabkan pengeringan gambut, dan ini menyebabkan penurunan gambut, oksidasi, dan peningkatan

emisi karbon. Yang terakhir ini sangat signifikan karena emisi karbon dari lahan gambut yang didrainase berkontribusi sebanyak 45% dari total emisi karbon, nilai ini melebihi deforestasi (35% dari total emisi karbon).

Pada tahun El Niño 2015, sekitar 81% emisi dihitung berasal dari kebakaran lahan gambut. Akibatnya, Indonesia adalah salah satu penghasil karbon terbesar di dunia. Pada musim kemarau, pengeringan gambut yang dikeringkan meningkatkan risiko kebakaran dan ini menjadi perhatian khusus selama kekeringan El Niño yang berkepanjangan ketika sebagian besar lahan gambut dapat terbakar. Selama El Niño terakhir pada tahun 2015 sekitar 850.000 ha lahan gambut di Sumatera dan Kalimantan terbakar, termasuk di perkebunan komersial, area yang dikelola oleh petani kecil dan di bentang lahan gambut yang terdegradasi. Salah satu konsekuensinya adalah emisi karbon harian Indonesia pada September-Oktober 2015 lebih besar dari laju pelepasan CO₂ bahan bakar fosil Uni Eropa. Gambut membara daripada terbakar sepenuhnya dan karenanya banyak asap yang dihasilkan. Asap ini merupakan bahaya kesehatan utama dan berkontribusi besar terhadap masalah 'kabut' yang menyebabkan penutupan bandara, kerugian ekonomi besar dan masalah dengan negara tetangga (Singapura, Malaysia). Akibat kebakaran tahun 2015 sekitar 500.000 orang dirawat di rumah sakit karena penyakit saluran pernapasan, kerugian ekonomi di Indonesia diperkirakan berjumlah setidaknya USD 16 miliar dan mungkin sebanyak USD 47 miliar, dan 11,3 Tg karbon dilepaskan ke atmosfer.

Menanggapi kebakaran lahan gambut yang merusak tahun 2015, Badan Restorasi Gambut Nasional (BRG) dibentuk melalui Keputusan Presiden pada Januari 2016 (PP No 1/2016), dengan mandat untuk mengkoordinasikan dan memfasilitasi restorasi

2,0 Juta ha lahan gambut terdegradasi dalam kurun waktu 5 tahun (2016-2021). Dalam upaya restorasi gambut, BRG menerapkan tiga jenis intervensi terpadu, yaitu *Rewetting, Revegetation, and Revitalization* mata pencaharian (pendekatan 3-R).

Bagian dari komponen Dukungan untuk BRG dari proyek Program 3-R terdiri dari pemberian pelatihan kepada anggota TRGD (Tim Restorasi Gambut Daerah) di enam dari tujuh provinsi lahan gambut sasaran (Papua tidak termasuk), dan akan menjadi bagian dari manajemen pengetahuan dan pengembangan kapasitas secara umum.

1.3. Ruang Lingkup

Ruang lingkup buku ini mencakup bahasan mengenai daya dukung lahan gambut untuk pertanian dalam arti luas. Daya dukung lahan gambut adalah kemampuan lahan gambut untuk mewujudkan kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatnya kemanfaatan sumberdaya alam bagi manusia dan makhluk hidup lainnya secara berkelanjutan.

Pada saat sekarang ini daya dukung lahan gambut terus menerus mengalami penurunan yang ditandai oleh adanya: erosi, banjir, kekeringan, tanah longsor, sedimentasi dan lain-lain yang mengakibatkan terganggunya perekonomian dan tata kehidupan masyarakat Indonesia pada umumnya.

1.4. Sistematika Buku

Ruang lingkup penulisan buku ini adalah menekankan pada pemahaman lahan gambut yang meliputi: pengertian, ekosistem lahan gambut, sumberdaya atmosfer dan iklim, sumberdaya lahan, sistem hidrologi lahan gambut, penyebab utama kerusakan lahan gambut, dampak utama kerusakan

lahan gambut, pembagian wilayah lahan gambut dan perencanaan pengelolaan lahan gambut.

Buku ini disusun dalam dua belas Bab. Setiap Bab akan menguraikan suatu tema tertentu yang disusun secara sistematis berdasarkan uraian pemahaman lahan gambut itu sendiri.

- 1) Bab I memberikan gambaran ringkas mengenai fenomena lahan gambut mulai dari latar belakang; definisi dan pengertian; ruang lingkup; dan sistematika buku serta benang merah buku. Bab I disampaikan secara sederhana. Hal ini dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan kalangan yang lebih luas.
- 2) Bab II memberikan gambaran singkat mengenai manfaat alamiah rawa gambut, yang mencakup tentang: manfaat langsung (*direct use values*); manfaat tidak langsung (*indirect use values*); manfaat opsional (*option values*); manfaat kebanggaan (*bequest values*); manfaat keberadaan (*existence values*); dan manfaat dan kegunaan untuk pembangunan.
- 3) Bab III menjelaskan secara rinci mengenai luas, genesis dan perkembangan gambut, yang mencakup tentang: luas dan distribusi; komposisi isi gambut; gambut iklim sedang dan gambut tropis; hidro-topografi; klasifikasi lingkungan fisik; sumber dan kualitas air; pembentukan dan perkembangan lahan gambut; dan parameter spesifik lahan gambut.
- 4) Bab IV memberikan gambaran ringkas mengenai klasifikasi lahan gambut, yaitu sistem klasifikasi; pendekatan yang direkomendasikan; dan klasifikasi gambut berdasarkan *Soil Taxonomy* (2014).

- 5) Bab V memberikan gambaran ringkas mengenai sifat dan ciri biologi lahan gambut yang mencakup biodiversitas lahan gambut; tanaman dan vegetasi alam; tanaman dan vegetasi semak belukar; vegetasi hutan belukar gambut; tanaman budidaya; vegetasi hutan gambut primer; dan aktivitas biologis.
- 6) Bab VI memberikan gambaran ringkas mengenai sifat dan ciri fisik lahan gambut, yaitu kematangan gambut (*peat maturity*); warna gambut (*peat colors*); ketebalan gambut (*peat thickness*); ketersediaan air (*water availability*); kapasitas menahan air (*water holding capacity*); konduktivitas hidrolik (*hydraulic conductivity*); berat isi (*bulk density*); dan porositas (*porosity*).
- 7) Bab VII menjelaskan secara rinci mengenai sifat dan ciri kimia lahan gambut, yang mencakup komposisi senyawa organik; kandungan asam organik; kemasaman tanah; kapasitas tukar kation (KTK); pertukaran kation dan kejenuhan basa (KB); kandungan C-organik dan C/N *ratio*; kandungan N-total; kandungan P dan K tanah; kandungan S tanah; ketersediaan hara mikro; dan kandungan abu dan Al-dd (dapat dipertukarkan).
- 8) Bab VIII menjelaskan secara rinci mengenai iklim dan dinamika muka air tanah, yang mencakup analisis data iklim dan neraca air; analisis frekuensi curah hujan maksimum; hubungan distribusi hujan dengan muka air tanah; analisis kecukupan air (SEW-20); analisis curah hujan terhadap dinamika air tanah; dinamika air tanah

sebagai efek operasi jaringan; simulasi Drainmod; dan pengelolaan muka air tanah.

- 9) Bab IX menjelaskan tentang sistem tata air lahan gambut, yaitu mencakup bahasan tentang sasaran sistem tata air; sumber air dan teknologi tata air; jaringan dan bangunan tata air; sistem saluran tata air; mekanisme sistem saluran model garpu; evaluasi umum tata air; karakteristik fisik, hidrologi dan sistem tata air; operasi pengendalian muka air; validasi model dan skenario muka air tanah; dan skenario operasi pengendalian.

- 10) Bab X menjelaskan tentang masalah dan tantangan lahan gambut, yang mencakup bahasan tentang penyebab akar masalah lahan gambut; rumusan tantangan lahan gambut; pengembangan dan penyusutan (*swelling and shrinking*); kering tidak balik (*irreversible drying*); subsidensi lahan gambut (*peat subsidence*); daya menahan beban (*bearing capacity*); pencegahan oksidasi gambut (*peat oxidation prevention*); kebakaran & penguapan karbon (*fire & carbon emission*); dan banjir dan kekeringan (*flood and drought*).

- 11) Bab XI menjelaskan secara rinci mengenai dinamika kelapa sawit rakyat, yang mencakup sejarah perubahan bentang lahan gambut; sejarah kelapa sawit rakyat di lahan gambut; distribusi dan status perlindungan lahan gambut; pola sebaran kelapa sawit rakyat; karakteristik fisik plot; karakteristik sosial ekonomi plot; pengalaman aktor kelapa sawit rakyat; dan keberlanjutan kelapa sawit rakyat.

- 12) Bab XII menjelaskan tentang penelitian lahan gambut (studi kasus), yaitu mencakup rumusan masalah lahan gambut; lahan gambut dan pertanian; metode penelitian; Studi Kasus I Kebun Raya Sriwijaya (*Sriwijaya Botanical Garden, KRS*); Studi Kasus II Talang Sepucuk, Kabupaten Ogan Komering Ilir.
- 13) Bab XIII menjelaskan tentang rekomendasi dan saran untuk pengembang lahan gambut.

1.5. Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan buku ini adalah untuk memberikan arahan umum atau acuan dalam menyelenggarakan pengelolaan restorasi lahan gambut yang disesuaikan dengan perkembangan dan pergeseran paradigma dalam melaksanakan pembangunan yang berkelanjutan. Buku ini dapat disesuaikan dengan kondisi, tuntutan spesifik dan kewenangan yang dimiliki masing-masing daerah. Tujuan lain yang ingin dicapai, yaitu terbentuknya langkah-langkah operasional dalam penyelenggaraan pengelolaan restorasi lahan gambut sesuai dengan karakteristik ekosistemnya, sehingga pemanfaatan sumberdaya gambut dapat berlangsung secara optimal, adil dan berkelanjutan.

1.6. Benang Merah Penulisan Buku

Sekitar 75% daratan, 66% lautan, dan 85% lahan basah telah terkena dampak negatif oleh aktivitas manusia (United Nations Environment Programme, UNEP, 2021). Selain itu UNEP (2021) menyarankan untuk mempelajari 4 ekosistem yang berbeda, yaitu: laut, lahan gambut, sabana, dan hutan. Mengapa sumberdaya alam (SDA) ini sangat penting bagi kesejahteraan manusia, mengapa SDA ini terancam dan apa yang dapat kita

lakukan untuk membantu. Lahan Gambut mampu menyaring air bersih, memelihara tanaman obat, melindungi lahan dari banjir dan menangkap serta menyimpan C dalam jumlah besar. Meskipun lahan gambut hanya menutupi 3% dari permukaan planet ini, tetapi mampu menyimpan C dua kali lebih banyak daripada gabungan seluruh hutan dunia.

Walaupun kita menyadari bahwa lahan gambut itu penting sebagai suatu sistem pendukung kehidupan di permukaan bumi ini, akan tetapi lahan gambut tetap menjadi salah satu ekosistem yang paling sedikit dipahami dan potensi kontribusinya terhadap aksi iklim dan konservasi biodiversitas sejauh ini belum terealisasi. Lahan gambut terus dirusak dan dieksploitasi, melalui pembakaran, pengeringan, penambangan bahan bakar, konversi hutan dan pertanian. Sekitar 15% lahan gambut di planet ini telah dikeringkan, menghasilkan emisi gas rumah kaca yang sangat besar. Setiap tahun, lahan gambut yang terdegradasi menghasilkan hampir 6% emisi CO₂ antropogenik global. Perang melawan perubahan iklim adalah perjuangan global yang tidak akan dimenangkan tanpa mengelola lahan gambut secara berkelanjutan. Pelestarian lahan gambut merupakan bagian integral dari solusi berbasis alam.

UNEP berbicara kepada "*Patron for Protected Areas*", Kristine Tompkins, tentang pentingnya lahan gambut. Tokoh ini pernah ke bagian dunia yang terpencil ini dan berada di garis terdepan dalam mengadvokasi kawasan lindung, melalui Yayasan Tompkins. Hasil wawancara diringkaskan sebagai berikut dan merupakan masukan atau saran yang sangat penting bagi kita semuanya untuk melakukan restorasi lahan gambut:

UNEP: Kristine, Anda telah melindungi dan membangun kembali jutaan ha *Protected Areas* di Chile dan Argentina. Bagaimana awalnya Anda terinspirasi untuk melakukan ini?

Kristine: Sebenarnya, pada tahun 1992 suami saya Douglas Tompkins adalah orang yang menyadari sepenuhnya bahwa kami dapat berpartisipasi dalam gerakan konservasi global dengan membuat proyek konservasi publik-swasta dengan hasil akhir pendirian taman nasional baru di Chili dan Argentina. Jadi, bisa dikatakan bahwa saya terinspirasi oleh kemampuan suami saya untuk membayangkan dan menciptakan kawasan lindung permanen skala besar. Sejak kami mulai, Konservasi Tompkins tidak berhenti menciptakan taman baru dan membangun kembali kawasan ini di kedua negara itu.

UNEP: Bagaimana Anda mengenal dan menyukai daerah terpencil ini?

Kristine: Ketika Douglas berlatih sebagai pembalap ski di awal 1960-an di Chili dan Argentina, dia mengenal Southern Cone dengan cukup baik. Saya mengikutinya di awal 1990-an, dan kami berdua jatuh cinta dengan kawasan ini, tetapi yang lebih penting, kami melihat keanekaragaman bentang lahan, dari hutan tropis yang sekarang menjadi Taman Nasional Pumalin Douglas Tompkins, hingga Padang Rumput Patagonia yang luas. Dalam menghadapi perubahan iklim yang parah, kami terfokus pada pentingnya lahan gambut, contoh Peninsula Mitre, dengan hampir 84% lahan gambut Argentina, menjadi kunci utama sebagai titik penangkapan C terpenting di negara ini.

UNEP: Apa momen menonjol dari semua yang telah Anda lakukan?

Kristine: Oh, ini cukup sulit untuk dikatakan! Tentu saja, sumbangan taman nasional terakhir delapan belas bulan lalu di

Chili, sumbangan konservasi terbesar dalam sejarah, harus berdiri sebagai salah satunya, tetapi kami beruntung telah memenuhi sebagian besar tujuan konservasi besar selama 28 tahun terakhir. Saya selalu bangga dengan tim kami dan hubungan yang telah kami jalin dengan pemerintah dalam setiap kasus.

UNEP: Bagaimana orang biasa dapat menemukan hak pilihan mereka sendiri untuk melakukan perubahan transformasional?

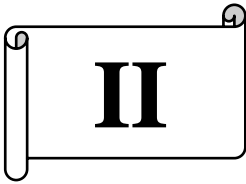
Kristine: Langkah pertama, dan mungkin yang paling sulit, hanyalah memutuskan untuk bergabung dalam gerakan mengubah hubungan kita dengan alam, dan membentuk komunitas yang lebih sehat dan bermartabat. Tanpa komitmen ini, kita akan meluncur kembali ke kelambanan dengan sangat cepat.

Seperti dalam semua hal dalam hidup, seseorang harus berkomitmen pada sesuatu dan tidak pernah melepaskannya - dalam hal ini, bangunlah dari tempat tidur setiap hari dan lakukan sesuatu untuk hal-hal yang Anda sukai, hal-hal yang Anda anggap benar. Ada jutaan orang yang bekerja di bidang konservasi dan masing-masing dari kami adalah orang biasa, tetapi kami berkomitmen untuk melakukan bagian kami. Kami sudah melewati titik dimana tidak melakukan apa-apa dapat diterima! Saya pikir juga penting untuk menghabiskan waktu di alam. Kami hanya melindungi hal-hal yang kami cintai, dan Anda tidak bisa tidak mencintai alam saat Anda mengambil kesempatan untuk menyaksikan betapa ajaibnya alam itu.

UNEP: Apa yang akan terjadi selanjutnya untuk pekerjaan Anda?

Kristine: Kami memiliki banyak proyek baru yang sedang berlangsung melindungi daratan dan laut di Chili dan Argentina

dan, tentu saja, kami memiliki komitmen tertentu untuk beberapa proyek sebelumnya yang membuat kami sibuk. Kami sering ditanya, “Apa yang akan Anda lakukan selanjutnya?”, dan saya dapat memberi tahu Anda bahwa urgensi krisis iklim dan krisis kepunahan tumbuh setiap hari. Kami didorong untuk bekerja lebih cepat, dalam skala yang lebih besar dan dengan tekad yang lebih besar dari sebelumnya. Ini akan melibatkan kerja keras dan diplomasi agar semuanya harus menyetujui restorasi lahan gambut. Saya benar-benar bertekad untuk membantu melindungi SDA ini dengan sungguh sungguh.



MANFAAT EKOSISTEM RAWA GAMBUT

Alasan utama mengapa terjadi degradasi lahan gambut yang berlebihan, seringkali disebabkan karena kegagalan untuk menghitung secara optimal (memadai) manfaat dan layanan non-pasar yang disediakan oleh ekosistem rawa gambut. Degradasi lahan gambut merupakan krisis ekonomi karena nilai-nilai pentingnya hilang (musnah), beberapa mungkin tidak dapat dipulihkan setelah terdegradasi. Keputusan tentang apa yang harus diperbuat untuk sumberdaya lahan gambut tertentu?, dan pada akhirnya apakah tingkat kehilangan sumberdaya saat ini sangat ekstrem?. Hal ini hanya dapat dibuat jika keuntungan dan kerugian ini dapat dianalisis dan dievaluasi secara benar dan tepat. Oleh karena itu, dalam pengambilan keputusan pemanfaatan lahan gambut, pembuat kebijakan harus menggunakan valuasi ekonomi sebagai cara untuk mengukur *trade-off* dalam pilihan kebijakan.

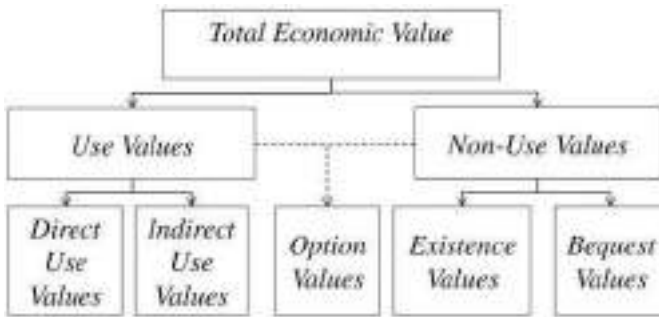
Akan tetapi, sebagian besar arus barang dan jasa yang terkait dengan lahan gambut tidak dapat dipasarkan. Misalnya penyediaan air, penyerbukan tanaman oleh burung dan lebah, penyaringan polutan oleh lahan gambut, perlindungan angin ribut oleh lahan gambut dan vegetasi, dan nilai estetika tidak ada di pasar ekonomi mana pun.

Permintaan yang meningkat akan tanah yang subur untuk memberi makan populasi yang meningkat, sehingga menuntut investor untuk memanfaatkan lahan gambut. Kebutuhan produksi lebih banyak pangan, dan permintaan lebih banyak

energi, menciptakan stimulus untuk merebut wilayah gambut yang seringkali merupakan sumberdaya lahan yang belum dimanfaatkan. Tidaklah bijak untuk mengabaikan tuntutan ini dan adalah pragmatis untuk menerima bahwa rawa gambut akan semakin dieksploitasi untuk pertanian dalam arti luas, termasuk untuk bahan baku untuk industri.

Pemerhati lingkungan memperingatkan terhadap eksploitasi skala besar dan berusaha melestarikan ekosistem unik ini sebanyak mungkin. Masih ada waktu untuk merenungkan pertanyaan tentang apa penggunaan yang paling masuk akal dari sumberdaya alam ini. Jika lahan gambut ingin dilestarikan, mungkin masuk akal jika eksploitasi berjalan seiring dengan konservasi. Bagian berikut akan merangsang pemikiran dan perdebatan. Tujuan mereka adalah untuk memberikan informasi tentang alternatif dan opsi penggunaan lahan, yang menjadi dasar pengambilan keputusan rasional tentang perencanaan sumberdaya. Perbedaan dibuat antara fungsi pengaturan, fungsi produksi, fungsi informasi dan fungsi lain-lain.

Pada dasarnya, masyarakat umum hanya sedikit memanen hasil hutan rawa gambut, tetapi dampaknya terhadap lingkungan sangat besar. Kecilnya nilai yang dipanen dari hutan rawa gambut karena masyarakat tidak faham benar fungsi hutan rawa gambut sebagai media penunjang kehidupan di dunia, disamping juga faktor kegagalan pasar dalam memberi nilai fungsi-fungsi hutan tersebut. Terdapat lima katagori nilai manfaat sumberdaya rawa gambut yang cenderung tidak kesemuanya dicerminkan langsung oleh kekuatan pasar dimana transaksi jual beli barang berlangsung (Gambar 1 dan Tabel 1).



Gambar 1. Manfaat ekosistem rawa gambut

2.1. Manfaat Langsung (*Direct Use Values*)

Manfaat langsung, yaitu manfaat sumberdaya alami rawa gambut yang dapat langsung digunakan oleh masyarakat, seperti kayu bakar, kayu gelondongan (kayu log), produksi pangan dan manfaat tumbuhan lainnya. Fungsi produksi kayu dapat digunakan untuk bahan bangunan, jembatan dan kayu bakar. Sebagai fungsi biofisik, hutan rawa gambut mencakup penghasil flora dan fauna, seperti satwa liar, reptil, dan lain-lain. Berdasarkan kegunaannya, maka manfaat langsung dapat dikelompokkan menjadi untuk kebutuhan konsumtif, komersial dan atau non-komersial.

Rawa gambut dalam keadaan alami merupakan penghasil pangan. Akan tetapi kondisi lapangannya, gambut oligotrofik memiliki sedikit tanaman yang memasok makanan bagi fauna karena tingkat kesuburan lingkungan yang sangat rendah. Oleh karena itu, fauna langka dan yang ada dikhususkan untuk bertahan hidup di bawah kondisi pasokan makanan yang rendah. Spesies tanaman khusus tertentu memiliki nilai komersial, seperti pohon sagu dan jelutung rawa gambut, mampu memasok bahan baku penting bagi penduduk lokal. Kayu berharga seperti Ramin, Perepat dan Merbau banyak terdapat di rawa gambut oligotrofik.

Tabel 1. Panen hutan rawa gambut menurut persepsi petani

Manfaat	Komponen Manfaat	Persepsi Petani (Kegunaan)
Manfaat Langsung	Pangan, kayu log, ranting kayu, kayu arang, semak, tumbuhan obat, rumput untuk pertanian	Makanan, bahan bangunan, jembatan, kayu bakar, pagar, obat-obatan, lanjaran tanaman dan pakan ternak
Manfaat Tidak Langsung	Biodiversitas (ekosistem, spesies dan gen), perlindungan tanah, air dan angin	Penjaga siklus makan, infrastruktur jalan, habitat flora/fauna, kendali banjir, kekeringan, erosi dan iklim
Manfaat Opsional	Ekosistem hutan rawa gambut	Perlindungan biodiversitas, habitat, dan agrowisata
Manfaat Kebanggaan	Ekosistem hutan rawa gambut	Sistem Hankamrata, pembibitan HTI, warisan
Manfaat Keberadaan	Ekosistem hutan rawa gambut	Kawasan penyangga, hutan lindung, habitat untuk spesies (satwa) liar, langka dan dilindungi

Sumber: Hasil pengamatan dan wawancara lapangan (2022).

Perkembangan teknologi untuk menggunakan gambut dan produk gambut sebagai bahan bakar yang relatif murah dan bersih. Bahan bakar ini memiliki kandungan sulfur dan abu yang rendah, dan CO₂ yang dilepas ke atmosfer melalui pembakaran sekitar 10% lebih rendah daripada batu bara. Kemajuan dalam konversi termokimia (pencairan) dan konversi biokimia (fermentasi anaerobik menjadi metana) memungkinkan untuk menghasilkan bahan bakar yang nyaman dari gambut, dengan biaya kompetitif, untuk operasi mesin pembakaran internal. Dalam waktu dekat, gambut semakin banyak digunakan sebagai bahan bakar padat dalam skala besar. Hal ini hanya tergantung pada biaya produksi dan transportasi saja, dan pada saat ini, penelitian soal gambut terus diperhatikan oleh peneliti.

2.2. Manfaat Tidak Langsung (*Indirect Use Values*)

Manfaat tidak langsung (nilai intrinsik) adalah nilai yang bersumber dari penggunaan secara tidak langsung terhadap manfaat fungsional proses ekologis (*ecofunction*) hutan rawa

gambut, yang berjasa untuk mendukung kehidupan makhluk hidup. Manfaat ini berasal dari interaksi alami antara sistem dan proses ekologi yang berbeda; khususnya, fungsi ekologi dari satu ekosistem dapat mempengaruhi fungsi dan produktivitas sistem yang berdekatan yang sedang dieksploitasi secara ekonomi. Secara lebih umum, manfaat tidak langsung dapat digambarkan sebagai manfaat yang dialami individu, secara tidak langsung, sebagai konsekuensi dari fungsi ekologis utama dari sumberdaya lahan gambut.

Contoh manfaat tidak langsung, ekosistem rawa gambut memiliki banyak manfaat untuk mendukung kehidupan global dan sebagai suatu aset produktif yang dapat memberikan aliran-aliran berbagai jasa secara terus menerus. Jasa-jasa hutan, antara lain untuk:

- 1) Memelihara stabilitas, cadangan, aliran air, dan penyarangan air tawar
- 2) Pengendali banjir, kekeringan dan penyerapan karbon
- 3) Konservasi dan pengendalian bahaya erosi tanah
- 4) Pemeliharaan dan ameliorasi iklim setempat
- 5) Pendukung kelanjutan kehidupan manusia di muka bumi
- 6) Penjaga siklus makanan, habitat flora, fauna dan tempat berkembang biak untuk perikanan
- 7) Perlindungan properti dan kegiatan ekonomi terhadap kerusakan akibat angin topan
- 8) Berperan penting dalam iklim global, siklus global CO₂, fungsi hidrologi, fungsi penyerapan, dan fungsi penyangga.

Selain itu masih banyak kegunaan hutan yang sampai sekarang tidak semuanya dipahami oleh kehidupan manusia. Setelah diekstraksi dapat digunakan untuk berbagai keperluan industri, pertanian dalam arti luas dan merupakan bahan baku

untuk produksi bahan kimia. Namun kegunaannya yang paling penting adalah di bidang pertanian dan sumber energi alternatif.

Iklm Global

Drainase luas lahan gambut untuk perkebunan, pertanian dan kehutanan dalam arti luas telah menyebabkan perubahan bentang lahan dan karakter tanah. Ini mungkin memiliki efek lokal pada iklim tetapi dampak iklim pada skala global mungkin dapat diabaikan.

Siklus Karbon

Lahan gambut yang dikembangkan selama sekitar 10.000 tahun terakhir, merupakan salah satu reservoir karbon terbesar di bumi ini. Jumlah karbon yang tersedia dan telah diperkirakan oleh berbagai sumber, tetapi keakuratannya tergantung pada keandalan penilaian sumberdaya gambut global. Kandungan karbon dunia dalam gambut berada di urutan 300×10^9 ton, sedangkan yang lain mencapai angka 150×10^9 . Yang terakhir didasarkan pada 230 juta ha sumberdaya gambut dunia, sementara perkiraan saat ini sekitar 500 juta ha. Berdasarkan fakta bahwa atmosfer mengandung sekitar 700×10^9 ton karbon dalam bentuk CO_2 , pengendapan karbon di gambut merupakan proses yang penting, meskipun sangat lambat. Tingkat akumulasi tergantung pada iklim yang menunjukkan banyak variasi dalam periode pasca-glasial, periode pertengahan - pasca - glasial paling tidak menguntungkan. Diasumsikan bahwa akumulasi dunia saat ini sebesar 90×10^6 ton per tahun, berdasarkan faktor iklim, adalah tiga kali peningkatan rata-rata untuk seluruh periode pasca-glasial. Penulis lain memberikan nilai 210×10^6 ton per tahun, tetapi asumsi dasar mereka mungkin salah.

Adanya perbedaan besar dalam nilai-nilai yang diperkirakan karena perbedaan asumsi dasar yang digunakan untuk menghitung stok C pada rawa gambut. Akumulasi tahunan karbon dunia dalam bentuk gambut sangat kecil dibandingkan dengan perkiraan 100×10^9 ton perputaran karbon dunia ekosistem tahunan. Ini juga jauh lebih kecil daripada pembakaran tahunan karbon fosil (batubara, minyak, gas alam dan, hingga saat ini, hanya sejumlah kecil gambut) yang berjumlah sekitar 5×10^9 ton, dan juga kurang penting daripada transfer karbon dioksida dari udara ke laut yang sedikit jenuh, diperkirakan sekitar $2,5 \times 10^9$ ton karbon per tahun. Meskipun lahan gambut merupakan reservoir karbon jangka panjang yang cukup besar, akan tetapi peran gambut untuk pergantian jangka pendek CO_2 hampir dapat diabaikan. Perputaran ekosistem global karbon hampir tidak akan terpengaruh sama sekali oleh perusakan lahan gambut sebagai ekosistem yang terakumulasi, perubahan ekosistem lainnya di bumi menjadi jauh lebih penting.

Pembahasan dampak lingkungan dari ekstraksi gambut telah melihat kemungkinan terganggunya keseimbangan global dalam siklus CO_2 jika semua sumberdaya gambut dibakar dalam waktu yang relatif singkat. Kajian semacam ini harus didukung oleh data dan informasi faktual dan kuantitatif. Pandangan bahwa tampaknya tidak mungkin bahwa lebih dari sebagian kecil sumberdaya gambut global akan pernah dieksploitasi oleh manusia, karena begitu banyak yang hampir tidak dapat diakses, dan bahkan lebih, secara ekonomi tidak dapat dieksploitasi karena kesulitan penggalian dan transportasi dan biaya. Secara ekonomi juga tidak realistis untuk menggunakan sebagian besar lahan gambut untuk pertanian atau kehutanan karena iklim yang sejuk, kandungan nutrisi yang rendah, dan

karakteristik fisik yang tidak sesuai. Oleh karena itu, meskipun pembakaran gambut berkontribusi pada peningkatan global kontemporer CO₂ di atmosfer, kontribusinya akan tetap berada di bawah kontribusi bahan bakar fosil lainnya. Lebih lanjut, peningkatan substansial dalam kandungan CO₂ di udara oleh pembakaran gambut di lokasi secara besar-besaran hanya merupakan kemungkinan teoretis.

Fungsi Hidrologi

Banyak bukti bahwa rawa gambut memiliki fungsi pengaturan atau pengendalian hidrologi seluruh daerah tangkapan. Argumen hidrologi utama mengenai nilai rawa gambut adalah bahwa gambut bertindak sebagai *water reservoir*, meningkatkan retensi permukaan (kapasitas penyimpanan) bentang lahan. Dalam kondisi alamiah, rawa gambut berperan sebagai *water reservoir* penyeimbang yang memperlancar pola aliran keluar selama periode hujan deras dan kekeringan (musim kering dan basah). Reklamasi gambut melalui drainase mempertahankan fungsi *water reservoir* dan sebenarnya akan ada efek pengendalian yang lebih besar pada limpasan daripada dalam kondisi tidak dikeringkan. Rawa alami hampir terisi penuh hampir sepanjang tahun, jika tidak, kondisi untuk pertumbuhan gambut tidak akan ada. Gambut yang dikeringkan dapat menyimpan lebih banyak air pada awalnya, sehingga dapat mengendalikan banjir bandang. Namun, drainase pada akhirnya merusak efek *spons* dari rawa gambut dan fungsi *water reservoir* akhirnya hilang. Semua faktor ini harus diperhitungkan dan dipertimbangkan dengan cermat jika argumen pengendalian daerah tangkapan akan digunakan sebagai faktor dalam perencanaan penggunaan lahan.

Fungsi Penyerapan

Ekosistem lahan gambut yang tidak terganggu (secara alamiah) ternyata dapat menyerap unsur-unsur dan senyawa-senyawa beracun yang telah dilepaskan dalam jumlah besar ke lingkungan. Ketika gambut musnah, maka sifat adsorptif ini hilang dan degradasi lingkungan yang parah dapat terjadi. Seringkali logam berat seperti Hg, Pb, Cd, Ar, Zn dan Se terikat dalam endapan gambut. Selama bertahun-tahun, gambut yang sedang berkembang mengadsorbsi logam-logam yang terbawa udara dan yang terbawa air dan kemudian didistribusikan dengan berbagai cara di seluruh gambut. Rawa gambut dengan cara ini bertindak sebagai *filter* alami di daerah tangkapan air.

Pelepasan logam berat pada saat drainase perlu diperhatikan karena logam berat ini beracun bagi banyak organisme. Toksisitas adalah masalah konsentrasi dan oleh karena itu tingkat logam berat dan kemungkinan pelepasannya melalui drainase dan ekstraksi harus dipelajari dan dievaluasi dampaknya terhadap lingkungan. Tindakan pencegahan seperti itu terutama diperlukan dimana deposit mineral berat yang terbukti terjadi di batuan dari daerah tangkapan air, atau dimana sifat batuan memberikan kontribusi untuk menduga kontaminasi dengan logam tersebut. Pembakaran gambut yang mengandung konsentrasi logam berat juga melepaskannya ke lingkungan. Dalam hubungan ini adsorpsi polutan organik seperti PCB dan hidrokarbon polisiklik lainnya yang digunakan dalam pertanian dan untuk pengendalian hama dan penyakit, harus diteliti. Bahan-bahan ini bila digunakan di hulu dapat terkonsentrasi di rawa gambut di hilir. Konsentrasi dapat menjadi racun ketika gambut tersebut terbakar atau dibakar. Sangat sedikit yang diketahui tentang siklus, masa hidup, dan efek berbahaya dari unsur-unsur ini, tetapi peran lahan gambut

sebagai *reservoir* alami dari endapan beracun harus diingat dan diselidiki dengan baik.

Gambut menyimpan konsentrasi nutrisi untuk jangka waktu yang bervariasi. Akan tetapi karena sebagian besar gambut bersifat oligotrofik dengan konsentrasi nutrisi sangat rendah, air drainasenya hampir steril dan eutrofikasi air permukaan tidak mungkin terjadi. Namun hal itu bisa muncul dalam kasus gambut eutrofik, dan gambut yang digunakan untuk pertanian intensif, seperti untuk penanaman sayuran.

2.3. Manfaat Opsional (*Option Values*)

Manfaat opsional, yaitu manfaat yang diharapkan kelak bisa terjadi pada masa yang akan datang (baik manfaat langsung atau manfaat tidak langsung yang akan datang), seperti potensi peningkatan pendapatan melalui agrowisata. Manfaat opsional berdasarkan pada penilaian berapa besar kesediaan seseorang individu untuk membayar (*willingness to pay*) dan atau seberapa besar seseorang bersedia untuk menerima ganti rugi (*willingness to accept*) dari suatu pilihan untuk melindungi sumberdaya lahan gambut. Nilai manfaat pilihan adalah suatu nilai yang menunjukkan kesediaan seseorang individu untuk membayar pelestarian sumberdaya bagi pemanfaatan sumberdaya lahan gambut di masa depan.

Manfaat opsional adalah alternatif pilihan saat kita memanfaatkan sumberdaya lahan gambut dan merupakan manfaat yang disimpan atau dipertahankan untuk kepentingan yang akan datang, misalnya perlindungan biodiversitas, sumberdaya genetik, perlindungan habitat dan spesies, keragaman ekosistem dan lain-lain.

Perlindungan Biodiversitas

Rawa gambut adalah tergolong ekosistem unik yang menyimpan banyak spesies flora dan fauna yang tidak ditemukan di tempat lain. Sulit untuk mengevaluasi pentingnya pelestarian ekosistem dengan semua kemungkinan genetik bawaannya yang tersimpan dalam bentuk biodiversitas khusus seperti ini. Namun, sejarah mengajarkan kita untuk berhati-hati dan tidak menyalahgunakan modal alam yang menyimpan sumberdaya genetik, dan karena reklamasi tidak diragukan lagi akan menghancurkan sebagian besar warisan alam ini. Akan lebih bijak untuk menghitung kerugiannya sebelum memulai usaha yang mungkin di masa depan untuk biaya pelestariannya akan menjadi sangat besar. Pendekatan pragmatis dan realistis adalah dengan menyisihkan area yang cukup untuk tujuan pelestarian yang akan diputuskan oleh otoritas yang kompeten di bidang ini.

Rawa gambut memainkan peran penting dan umumnya terkenal dalam kelangsungan hidup burung migran meskipun hal ini tidak selalu diakui. Fungsi spesifik yang dimainkan oleh lahan gambut layak dipelajari. Dari kelangkaan pangan secara umum dapat diduga bahwa gambut oligotrofik yang sebenarnya di wilayah pesisir memainkan peran yang relatif kecil. Umumnya ada lahan basah yang lebih kaya di dekatnya yang dapat digunakan, jika diperlukan. Tetapi seperti yang ditunjukkan ada sedikit informasi untuk mendukung hal ini.

Rawa gambut akhirnya memiliki fungsi sosial dimana mereka sering membentuk area rekreasi, khususnya di dekat konsentrasi populasi yang besar. Meskipun fungsi ini belum banyak berkembang, namun merupakan fungsi yang di beberapa daerah merupakan alternatif penggunaan yang penting.

Agrowisata di Lahan Gambut

Agrowisata menjadi pilihan penting dalam meningkatkan pemanfaatan lahan gambut karena agrowisata mampu mengembangkan kegiatan ekonomi terus berkembang dan membantu penduduk pedesaan menjaga tradisi dan budaya pertanian mereka tetap hidup.

Terdapat beberapa prinsip dasar yang membedakan antara ekowisata dan agrowisata. Ekowisata biasanya berfokus pada mengunjungi pemandangan alam yang masih asli dan relatif tidak terganggu. Agrowisata pada prinsipnya berfokus pada menghubungkan pengunjung dengan kegiatan yang berkaitan dengan pertanian, peternakan, dan makanan. Ini dapat mencakup festival makanan lokal, pertukaran benih, memetik makanan Anda sendiri, mengunjungi pasar petani, dan lain-lain. Kedua kegiatan tersebut menghasilkan uang bagi ekonomi lokal pedesaan.

2.4. Manfaat Kebanggaan (*Bequest Values*)

Manfaat kebanggaan (warisan) mengacu pada manfaat untuk memastikan bahwa barang tertentu akan dipertahankan (diwarisi) untuk generasi mendatang. Sebagai contoh, banyak dari kita prihatin dengan kerusakan masa depan lahan gambut akibat kebakaran hutan dan lahan, pemanasan global dan bersedia membayar untuk menguranginya, meskipun faktanya sebagian besar kerusakan diperkirakan akan mempengaruhi bumi ini lama setelah generasi kita hilang. Contoh kongkret manfaat keberadaan adalah sebagai potensi Pertahanan Keamanan dan Pertahanan Rakyat (Hankamrata) dan bisnis pembibitan Hutan Tanaman Industri (HTI).

Fungsi Hankamrata

Kawasan rawa gambut seringkali digunakan oleh militer untuk tempat mengintai dan membangun pertahanan kawasan teritorial. Seringkali penyelundupan narkotika dilakukan melalui kawasan pantai, dengan adanya kawasan rawa gambut, maka penyelundupan narkotika tersebut lebih mudah untuk diawasi.

Perbatasan alami antara laut dan pantai, misalnya antara rawa Mangrove dan rawa Nipah (lahan gambut), berubah pada saat terjadi perluasan kawasan pembangunan. Pembangunan kawasan ini selain menghasilkan berdampak positif terhadap pengembangan kawasan, juga berdampak negatif terhadap penyelundupan barang-barang illegal dari luar negeri (termasuk narkotika), dan berkontribusi pada munculnya masalah sosekbud di kawasan pesisir (teritorial). Sebagai akibatnya, lingkungan sosekbud masyarakat menjadi rusak dan menjadi tempat bersarangnya kejahatan baik skala lokal, nasional dan internasional. Fungsi Hankamrata ini terkait langsung dengan kebutuhan kenyamanan kehidupan masyarakat. Penting untuk disadari bahwa fungsi Hankamrata ini harus sudah direncanakan sebelum diambil keputusan untuk mengembangkan lahan gambut.

Potensi Bisnis Pembibitan HTI

Pembibitan adalah tempat dimana tanaman diperbanyak dan ditanam sesuai ukuran yang diinginkan. Sebagian besar tanaman yang dimaksud adalah untuk berkebun, kehutanan atau biologi konservasi, bukan untuk pertanian. Mereka termasuk pembibitan eceran, yang dijual ke masyarakat umum, pembibitan grosir, yang hanya dijual ke bisnis seperti pembibitan lain dan tukang kebun komersial, dan pembibitan

swasta, yang memasok kebutuhan institusi atau perkebunan swasta. Beberapa juga akan bekerja dalam pemuliaan tanaman.

Beberapa pembibitan berspesialisasi dalam area tertentu, yang mungkin meliputi: perbanyakan dan penjualan tanaman berakar kecil atau gundul ke pembibitan lain, menumbuhkan bahan tanaman hingga ukuran yang dapat dijual, atau penjualan eceran. Pembibitan juga dapat berspesialisasi dalam satu jenis tanaman: misalnya penutup tanah, tanaman peneduh, atau tanaman taman batu. Beberapa menghasilkan stok massal, baik bibit atau cangkokan, dari varietas tertentu untuk keperluan seperti pohon buah-buahan untuk kebun buah-buahan, atau pohon kayu untuk kehutanan. Beberapa menghasilkan stok musiman, siap di musim semi untuk diekspor ke daerah yang lebih dingin di mana perbanyakan tidak dapat dimulai sedini ini, atau ke daerah di mana hama musiman menghalangi pertumbuhan yang menguntungkan di awal musim.

2.5. Manfaat Keberadaan (*Existence Values*)

Manfaat keberadaan, yaitu manfaat yang dirasakan oleh masyarakat dari keberadaan hutan rawa gambut, setelah manfaat lainnya dihilangkan dari analisis, sehingga nilainya merupakan nilai ekonomis keberadaan (fisik) suatu komponen sumberdaya lahan gambut yang diteliti, seperti kawasan penyangga, hutan lindung, perlindungan terhadap satwa langka, sehingga manfaat eksistensi didasarkan pada pemahaman akan keberadaan (eksistensi) sumberdaya tersebut.

Manfaat keberadaan dapat diperoleh dari sumberdaya lahan gambut tanpa benar-benar menggunakannya. Manfaat keberadaan adalah manfaat yang hanya mengetahui bahwa sumberdaya tersebut ada, misalnya, beberapa orang mendapatkan kepuasan dari kenyataan bahwa banyak spesies

yang terancam punah dilindungi dari kepunahan. Banyak orang bersedia membayar untuk melindungi habitat spesies ini, bahkan yang berada di daerah terpencil dan sulit diakses.

Fungsi Penyangga

Di wilayah pesisir, fungsi penyangga rawa gambut antara sistem air asin dan air tawar sangat penting. Perbatasan alami antara rawa-rawa air tawar dan air asin misalnya antara Rawa Mangrove dan Rawa Nipah, berubah pada saat drainase dan gangguan selanjutnya dari hidrologi rawa gambut. Drainase ini menghasilkan konversi limpasan dari sumber non-titik dari lahan gambut alami, ke sumber titik di parit drainase, dan berkontribusi pada masalah ekosistem muara yang sudah kelebihan beban. Intrusi air asin ke dalam sumur air tawar di daerah dataran rendah serta intrusi air tawar ke muara air asin yang seimbang dan ekosistem delta dapat terjadi. Sebagai akibat dari yang terakhir, ekosistem yang penting untuk kelangsungan hidup beberapa bentuk perikanan, seperti udang, dapat hancur atau rusak tidak dapat diperbaiki.

Fungsi penyangga hidrologi dan terkait rawa gambut ditentukan oleh lokasi dan posisinya di bentang lahan. Penting untuk menyadari fungsi alami rawa gambut sebelum diambil keputusan untuk mengelolanya. Harus jelas bahwa jika menyangkut lembah kecil di bagian dalam, fungsi pengaturan beroperasi di dalam DAS. Namun, rawa-rawa pesisir yang besar juga dapat mempengaruhi ekosistem laut tepi dan pada umumnya ekosistem di luar batas tangkapan air, dan dampak reklamasi bahkan dapat berskala regional.

Perubahan lima manfaat atau fungsi hutan rawa gambut alami menjadi areal perkebunan secara tidak terencana dan tidak terpadu telah merusak fungsi produksi kayu, fungsi biofisik dan fungsi layanan hutan konversi tersebut. Fungsi-fungsi hutan

konversi tersebut mempunyai nilai ekonomi, sehingga perubahan hutan konversi menjadi lahan perkebunan perlu memperhatikan nilai ekonomi fungsi-fungsi hutan konversi tersebut.

Hutan Lindung

Hutan lindung adalah hutan yang diberikan tingkat perlindungan tertentu. Pemerintah tetap mempertahankan status hutan yang dilindungi dan dilindungi, dan memperluas perlindungan ke hutan lainnya. Hutan lindung dideklarasikan oleh pemerintah dan hutan lindung berbeda dalam satu hal penting: Kegiatan termasuk berburu, penggembalaan, dan lain-lain di hutan lindung dilarang kecuali perintah khusus dari Pemerintah. Di hutan lindung, kegiatan semacam itu terkadang diperbolehkan bagi masyarakat yang tinggal di pinggiran hutan, yang sebagian atau seluruhnya menggantungkan mata pencahariannya dari sumberdaya atau hasil hutan.

Habitat Satwa Liar dan Langka

Spesies yang terancam punah adalah spesies yang sangat mungkin punah dalam waktu dekat. Spesies yang terancam punah mungkin berisiko karena faktor-faktor seperti hilangnya habitat, perburuan dan spesies invasif. Daftar Merah Persatuan Internasional untuk Konservasi Alam (IUCN) mencantumkan status konservasi global banyak spesies, dan berbagai lembaga lain menilai status spesies dalam wilayah tertentu. Indonesia memiliki undang-undang yang melindungi spesies yang bergantung pada konservasi, misalnya melarang perburuan, membatasi pengembangan lahan, atau membuat kawasan lindung. Beberapa spesies yang terancam punah menjadi sasaran upaya konservasi yang luas seperti penangkaran dan restorasi habitat. Aktivitas manusia merupakan penyebab

signifikan dalam menyebabkan beberapa spesies menjadi terancam punah.

Berbagai faktor dipertimbangkan saat menilai status suatu spesies; misalnya, statistik seperti jumlah yang tersisa, peningkatan atau penurunan keseluruhan populasi dari waktu ke waktu, tingkat keberhasilan pemuliaan, atau ancaman yang diketahui. Daftar Merah IUCN untuk Spesies Terancam Punah adalah sistem daftar dan pemeringkatan status konservasi dunia yang paling terkenal. Lebih dari 50% spesies lahan gambut diperkirakan terancam punah. Secara internasional, 195 negara telah menandatangani kesepakatan untuk membuat Rencana Aksi Keanekaragaman Hayati yang akan melindungi spesies langka dan spesies terancam lainnya. Rencana kegiatan semacam itu biasanya disebut Rencana Pemulihan Spesies.

2.6. Manfaat dan Kegunaan untuk Pembangunan

Manfaat dan kegunaan penulisan buku referensi ini adalah sebagai masukan dan input bagi peneliti, instansi pemerintah terkait dan pengembangan ilmu pengetahuan.

- 1) Bagi peneliti, buku referensi ini dapat digunakan sebagai media untuk menerapkan salah satu teknik pengelolaan sumberdaya rawa gambut untuk pengembangan pertanian dalam arti luas;
- 2) Bagi instansi pemerintah terkait, penelitian ini sebagai bahan kebijakan pembangunan lahan gambut, khususnya pemanfaatan sumberdaya hutan rawa gambut untuk pengembangan pertanian yang efektif, efisien, dan berkelanjutan;
- 3) Bagi kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai data dasar (*benchmark data*) sumberdaya lahan gambut untuk penelitian-penelitian lainnya.

Penerapan manfaat dan kegunaan lahan gambut sebagai masukan dan input bagi peneliti, instansi pemerintah terkait dan pengembangan ilmu pengetahuan, maka kita dituntut untuk menerapkan konsep penilaian pengelolaan sumberdaya rawa gambut, seperti disajikan pada Tabel 2.2.

Untuk mencapai manfaat dan kegunaan yang optimal, maka kelima pilar tersebut harus terpenuhi, apabila hanya satu atau sebagian pilar tidak terpenuhi, maka pengelolaan lahan gambut yang berkelanjutan sangat sulit diterapkan di masyarakat umum.

2.7. Urgensi Penilaian Sumberdaya Lahan Gambut

Urgensi penilaian manfaat lahan gambut dapat dikaji dan dibahas dari aspek ekonomi pasar, efek eksternalitas, dan pengalihan manfaat (Tabel 2).

Tabel 2. Lima pilar pengelolaan lahan gambut berkelanjutan

Jenis Pilar	Uraian
Produktivitas (<i>Productivity</i>)	Harus mampu mempertahankan atau meningkatkan produksi atau layanan produksi
Keamanan (<i>Security</i>)	Harus mampu mengurangi tingkat resiko dalam berproduksi
Perlindungan (<i>Protection</i>)	Harus mampu melindungi potensi sumberdaya alam dan mencegah degradasi kualitas tanah dan air
Kemampuan (<i>Viability</i>)	Harus mampu secara ekonomis menguntungkan
Penerimaan (<i>Acceptability</i>)	Harus mampu secara sosial diterima oleh masyarakat dan petani

Sumber: Smyth dan Dumanski (1993).

Ekonomi Pasar (Permintaan, Penawaran, Harga dan Kuantitas)

Untuk memahami peran ekonomi dalam perlindungan sumberdaya lahan gambut, diperlukan latar belakang pengetahuan tentang ekonomi pasar. Dalam ekonomi pasar,

yang disebut "tangan tak terlihat" pasar mengatur harga dan jumlah produk.

Efek Eksternal

Dalam ekonomi pasar sehari-hari, pasar menentukan harga dan jumlah produk dan jasa. Teori mengatakan bahwa karena permintaan dan penawaran, campuran produk dan layanan yang optimal diminta dan disediakan, yang mengarah ke kesejahteraan setinggi mungkin (mengingat keterbatasan produksi dan konsumsi fisik). Akan tetapi untuk produk dan jasa yang tidak dijual di pasar, tidak ada informasi harga pasar langsung yang tersedia, sehingga sulit untuk mengoptimalkan penawaran dan permintaan jasa tersebut. Namun meskipun tidak ada harga untuk hutan, biodiversitas, polusi, akan tetapi banyak individu memberikan nilai tertentu pada barang dan jasa yang tidak dihargai tersebut.

Sebelum masalah lingkungan menjadi populer dan dipahami, teori ekonomi harus berurusan dengan masalah barang dan jasa yang tidak berharga serta penawaran dan permintaan yang optimal. Ini mengacu pada konsep eksternalitas dan menjadi kunci penilaian sumberdaya lahan gambut.

Eksternalitas adalah efek samping dari satu aktivitas yang berdampak pada aktivitas lain tetapi tidak tercermin dalam harga pasar. Eksternalitas dapat berupa positif, ketika manfaat eksternal dihasilkan, atau negatif, ketika biaya eksternal dihasilkan dari transaksi pasar. Jadi penilaian sumberdaya lahan gambut harus dilihat sebagai bagian dari teori ekonomi eksternalitas:

- 1) Eksternalitas positif terjadi jika habitat alami menciptakan manfaat ekonomi bagi konsumen tertentu (yang tidak membayar langsung untuk itu), misalnya masyarakat lokal

sekitar hutan, danau, dan lain-lain. Hal ini akan menciptakan nilai tambah bagi mereka yang mendapat manfaat dari sekitar alam habitat;

- 2) Eksternalitas negatif terjadi jika pencemaran atau polusi terjadi di lingkungan yang mengubah lingkungan fisik bagi konsumen secara negatif.

Karena eksternalitas, menurut definisi, tidak diperdagangkan di pasar, nilai eksternalitas perlu diestimasi dengan menggunakan berbagai metode yang telah dikembangkan dan diterapkan selama 30–40 tahun terakhir. Salah satu metode penilaian eksternalitas, yaitu dengan pengalihan manfaat.

Karena kendala waktu dan dana penelitian, tidak mungkin semua sumberdaya ini akan tunduk pada penilaian individu dan eksplisit. Oleh karena itu perlu untuk mempertimbangkan peluang yang tersedia untuk penggunaan transfer nilai lingkungan, lebih sering disebut sebagai pengalihan (transfer) manfaat. Transfer manfaat didefinisikan sebagai transfer nilai yang telah diperkirakan untuk satu atribut lingkungan atau kelompok atribut dari satu situs atau lokasi (disebut situs studi) untuk menilai manfaat dari situs atau lokasi serupa (disebut situs kebijakan).

2.8. Pendekatan Penilaian Manfaat Lahan Gambut

Berbagai teknik telah dikembangkan untuk mengukur nilai aset lahan gambut untuk menilai dampak ekonomi yang dihasilkan dari perubahan kondisi yang mempengaruhi arus barang dan jasa yang disediakan oleh aset tersebut, teknik ini dapat dikelompokkan menjadi tiga pendekatan penilaian utama, yaitu:

- 1) Adanya Harga Pasar untuk Manfaat Lahan Gambut
(*Existence of a Market Price for the Natural and an Environmental Values*)
- 2) Penilaian Pasar Pengganti (*Surrogate Market Valuation*)
- 3) Pendekatan Preferensi yang Diungkapkan (*Expressed Preference Approach*)

Adanya Harga Pasar untuk Nilai Lahan Gambut

Jika harga yang dapat diamati tidak terdistorsi, maka nilai alamiah dari perubahan lahan gambut (marginal) dapat dinilai dengan langsung menggunakan harga pasar yang ada. Jelas, jika sumberdaya lahan gambut yang diminati menyediakan banyak barang dan jasa, akan tetapi banyak diantaranya tidak dapat dipasarkan, pendekatan penilaian ini akan gagal memberikan ukuran nilai sumberdaya yang andal.

Penilaian Pasar Pengganti

Pendekatan penilaian pasar pengganti terdiri dari pengukuran nilai jasa rawa gambut yang tidak dapat dipasarkan dengan melihat harga pasar (atau harga bayangan) dari barang ekonomi yang terkait. Barang terkait ini dapat terdiri dari:

- 1) Jasa Lingkungan (*Environmental Services*)
- 2) Barang Pelengkap (*Complementary Goods*)
- 3) Barang Pengganti, yaitu Barang yang Dapat Menggantikan Jasa Lingkungan (*Substitute Goods*)
- 4) Barang Lain yang Dapat Dipasarkan dan Memberikan Informasi Tidak Langsung Tentang Perubahan Lingkungan (*Other Marketable Goods Providing Indirect Information about the Environmental Change*).

Pendekatan penilaian pasar pengganti berpotensi mampu memberikan ukuran kesejahteraan yang dapat diandalkan hanya jika nilai sumberdaya lahan gambut yang

dipertimbangkan diungkapkan oleh perilaku pasar terkait dan harga pasar. Hal ini dapat terjadi untuk manfaat, tetapi tidak akan pernah terjadi untuk nilai non guna. Oleh karena itu, jika sumberdaya tidak (hanya) memberikan manfaat melalui penggunaannya saat ini (atau yang diharapkan), namun karena keberadaannya semata, teknik penilaian pasar pengganti secara intrinsik tidak dapat memberikan estimasi nilai (yang dapat diandalkan).

Pendekatan Preferensi yang Diungkapkan

Pendekatan preferensi yang diungkapkan dari menanyakan langsung kepada individu, manfaat apa yang mereka lekatkan pada jasa lingkungan yang tidak dapat dipasarkan, dan untuk mengungkapkan preferensi mereka terhadap perubahan arus jasa. Pendekatan ini berpotensi dapat memperkirakan manfaat dan nilai non guna, atau hanya bila diterapkan secara holistik-nilai total sumberdaya lahan gambut.

2.9. Teknik Penilaian Manfaat Lahan Gambut

Para ekonom telah menyusun teknik menggunakan pasar implisit atau simulasi untuk memperkirakan nilai moneter lahan gambut yang tidak dipasarkan. Teknik penilaian ini secara ketat didasarkan pada perilaku yang diamati (*Revealed Preference, RP*) terhadap beberapa barang yang dipasarkan atau preferensi yang dinyatakan (*Marketed Good or Stated Preferences, SP*) dalam survei sehubungan dengan barang yang tidak dipasarkan. Metode penilaian preferensi terungkap berarti menyimpulkan preferensi untuk barang dan jasa lingkungan. Ini termasuk biaya perjalanan, pasar simulasi dan harga pasar dan harga hedonis. Sedangkan metode penilaian preferensi yang dinyatakan melibatkan menemukan kesediaan individu untuk membayar barang dengan mengajukan serangkaian pertanyaan mengenai

preferensi langsung kepada individu. Ini termasuk metode penilaian kontingen, peringkat kontingen dan eksperimen pilihan.

Metode Penetapan Harga Hedonis (*Hedonic Pricing Method, HPM*)

Metode penetapan harga hedonis didasarkan pada teori bahwa suatu barang atau jasa dinilai berdasarkan atribut atau karakteristik yang dimilikinya. Persepsi nilai ini menunjukkan bahwa ada harga implisit atau hedonis untuk atribut produk dan ini dapat ditentukan dari harga eksplisit produk. Metode penetapan harga hedonis digunakan untuk memperkirakan nilai alamiah bagi ekosistem atau jasa lingkungan yang secara langsung mempengaruhi harga pasar.

Dalam ilmu ekonomi lingkungan, peneliti menggunakan metode penetapan harga hedonis untuk menilai karakteristik lingkungan suatu barang. Ini paling sering diterapkan pada variasi harga perumahan yang mencerminkan nilai atribut lingkungan setempat. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa orang menghargai karakteristik suatu barang, atau layanan yang diberikannya, daripada barang itu sendiri. Dengan demikian, harga akan mencerminkan nilai dari sekumpulan karakteristik lingkungan yang dianggap penting oleh orang saat membeli barang tersebut.

Metode Biaya Perjalanan (*Travel Cost Method, TCM*)

TCM adalah salah satu pendekatan tertua untuk penilaian lingkungan di USA tahun 1930. Model TCM atau pendekatan pemodelan permintaan rekreasi, adalah metode preferensi yang terungkap secara fundamental bergantung pada pengamatan perilaku aktual (perjalanan yang dilakukan selama beberapa periode) daripada jawaban atas pertanyaan hipotetis. TCM

melibatkan penggunaan biaya perjalanan sebagai proksi untuk harga mengunjungi tempat rekreasi (memancing, berburu, berperahu, menikmati dan mengunjungi hutan rawa gambut).

TCM dapat dihitung dari biaya tiket masuk kawasan rawa gambut sebagai kawasan ekowisata. Biaya TCM akan mencakup biaya perjalanan, biaya masuk, pengeluaran di tempat dan pengeluaran untuk peralatan modal yang diperlukan untuk konsumsi, dan lain-lain.

Pendekatan Fungsi Produksi (*Production Function Approaches, PFA*)

Pendekatan PFA dikenal sebagai pendekatan perubahan-produktivitas, yang berusaha mengeksplorasi hubungan antara atribut lingkungan dan tingkat output dari suatu kegiatan ekonomi. Asumsi yang mendasari adalah bahwa, ketika atribut lingkungan memasuki fungsi produksi perusahaan, dampak ekonomi perubahan lingkungan dapat diukur dengan melihat efek pada produksi, dan dengan menilai efek tersebut pada harga output pasar (atau penyesuaian bayangan).

Pendekatan PFA telah digunakan secara luas, khususnya untuk mengevaluasi dampak perubahan kualitas lingkungan (hujan asam atau pencemaran air) terhadap pertanian dan perikanan. Contoh aplikasi lainnya termasuk analisis dampak pengalihan air, dan penilaian manfaat perlindungan yang diberikan oleh lahan gambut terhadap kerusakan akibat angin badai. Karena ketergantungan langsung dari banyak sistem produksi pada sumberdaya lahan gambut dan fungsi ekologis, maka pendekatan PFA dapat diterapkan secara luas pada banyak keputusan ekonomi dan investasi penting. Pendekatan PFA dikombinasikan dengan metode penilaian lainnya untuk memperkirakan nilai suatu taman nasional atau kawasan lahan gambut yang direstorisasi (direvitalisasi). Pendirian taman dan

restorasi lahan gambut dapat menguntungkan petani dalam hal berkurangnya kehilangan hasil panen akibat berkurangnya banjir, karena deforestasi di taman dilarang. Perubahan penggunaan lahan dapat digunakan untuk memproyeksikan efek pada banjir. Terakhir, prediksi penurunan banjir yang disebabkan oleh taman nasional dan zona penyangga digunakan untuk memprediksi penurunan kerugian panen; ini diperkirakan dan dinilai dalam istilah ekonomi.

Metode Penilaian Kontinjensi (*Contingent Valuation Methods, CVM*)

Cara yang paling jelas untuk mengukur nilai nonpasar adalah melalui pertanyaan langsung kepada individu tentang kesediaan untuk membayar (*Willingness to Pay, WTP*) mereka untuk barang atau jasa yang disebut metode penilaian kontinjensi. Ini adalah pendekatan berbasis kuesioner untuk penilaian barang dan jasa non-pasar. WTP adalah ukuran jumlah maksimum yang akan dibayar seseorang untuk barang atau jasa tertentu, seperti kualitas lingkungan atau keberadaan spesies, atau untuk perubahan bertahap dalam jumlah jasa lingkungan yang diberikan.

Metode CVM untuk penilaian barang lingkungan pertama kali digunakan dalam studi pemburu di Maine (USA). Pada pertengahan 1970-an pengembangan metode ini dimulai dengan sungguh-sungguh. Sejak saat itu, metode tersebut telah digunakan oleh para ekonom untuk mengukur manfaat berbagai macam barang. Metode CVM sangat berguna untuk memperkirakan nilai barang dan jasa yang tidak dapat dipasarkan. Ini disebut sebagai metode penilaian "Preferensi yang Dinyatakan" karena melibatkan survei pendapat pribadi tentang nilai mengenai perubahan lingkungan yang dihipotesiskan, tetapi tidak direalisasikan.

Total nilai alamiah sumberdaya lahan gambut menggunakan metode CVM pada waktu dan tempat yang berbeda. Metode Penilaian CVM dalam survei pos nasional untuk menilai nilai yang diberikan penduduk AS pada perlindungan hutan hujan tropis. Survei dikirimkan ke sampel acak dari 1.200 penduduk USA. Itu bertanya kepada mereka berapa banyak mereka bersedia berkontribusi untuk United Nations Save the Rainforest Fund hipotetis. Para peneliti mencapai rata-rata WTP USD 20-30 per rumah tangga. Dengan mempertimbangkan semua rumah tangga dengan pendapatan lebih dari USD 35.000 per tahun, ini akan berlaku untuk donasi satu kali sebesar USD 780 juta hingga USD 1 miliar untuk perlindungan hutan hujan.

Taman Nasional Sembilang (TNS), nilai WTP oleh masyarakat diperkirakan sebesar Rp 10.000 per bulan per rumah tangga. Jika terdapat 400.000 rumah tangga, maka jumlah total nilai sekarang diperkirakan sebesar Rp 4 Milyar. Angka ini dapat digunakan untuk mempengaruhi keputusan kebijakan, mengingat TNS saat ini memiliki anggaran yang terbatas. Temuan lain yang menarik dari studi ini bagi para pembuat kebijakan adalah bahwa pengusaha bersedia membayar jauh lebih banyak daripada profesional lainnya, karena kelompok inilah yang mungkin dapat membiayai perbaikan lingkungan kawasan rawa gambut.

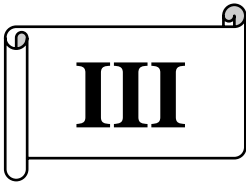
Pengelolaan Air Lahan Gambut atas Dasar Manfaat

Dengan menyediakan sarana prasarana untuk mengukur dan membandingkan berbagai manfaat dari penilaian ekonomi sumberdaya lahan gambut, maka total manfaat ini akan menjadi alat yang ampuh untuk membantu dan meningkatkan penggunaan dan pengelolaan sumberdaya secara bijak. Misalnya, pada kawasan Kesatuan Hidrologis Gambut (KHG)

terletak di Talang Sepucuk OKI menunjukkan bahwa KHG Talang Sepucuk mampu menyediakan lebih 75% air minum (air berkualitas tinggi) untuk Kota Kayu Agung dan sekitarnya. Akan tetapi munculnya peningkatan pembangunan industri perkebunan kelapa sawit, perumahan, jalan dan jembatan serta pertanian menyebabkan kualitas air menjadi buruk.

Pada saat ini, Kota Kayu Agung memiliki dua alternatif, yaitu: membangun sistem penyaringan air diperkirakan membutuhkan biaya sangat besar atau melindungi KHG dan Daerah Aliran Sungai (DAS). Untuk melindungi DAS, tindakan diambil untuk membantu membatasi pengembangan lebih lanjut, meningkatkan sistem pembuangan limbah dan mengurangi dampak perkebunan kelapa sawit dan pertanian tidak memerlukan biaya yang terlalu besar. Oleh karena itu, pemerintah OKI disarankan untuk memilih untuk melindungi KHG dan DAS.

Pemanfaatan sumberdaya lahan di Sungai Kelekar Kabupaten Muara Enim menggunakan analisis manfaat biaya (membandingkan biaya dan manfaat menggunakan yang terdegradasi tanah sebagai pertanian atau penutup area) menunjukkan bahwa ketika lahan terdegradasi diambil dari penggunaannya saat ini untuk area tersebut, keseluruhan nilai sekarang bersih lebih tinggi (NPV positif). Hal ini menyiratkan bahwa masyarakat lebih diuntungkan daripada kerugiannya dengan merealokasi lahan semi produktif menjadi lahan pertanian.



LUAS, GENESIS DAN PERKEMBANGAN GAMBUT

3.1. Luas dan Distribusi

Berdasarkan perhitungan permukaan tanah bumi saat ini sebesar 148.940.000 km² dan perkiraan kami tentang luas lahan gambut (atau gabungan luas Histosol dan Histel), lahan gambut menempati sekitar 2,7% dari permukaan bumi. Luasnya gambut tropis hanya diketahui kira-kira.

Indonesia memiliki sekitar 20-21 Juta ha lahan gambut termasuk 13 Juta ha di Sumatera dan Kalimantan. Sebagian besar lahan gambut ini berada di dekat pesisir dan terjadi di sepanjang pantai timur Sumatera dan di wilayah pesisir selatan dan barat Kalimantan. Lahan gambut Indonesia dicirikan oleh pH rendah 3-5 (pH tanah permukaan: 3,1-4,6, lapisan tanah bawah: 3,0-4,2) dan tingkat hara yang rendah. Lahan gambut ini relatif muda, sebagian besar telah terbentuk sekitar 5.000-10.000 tahun sebelumnya, meskipun beberapa lahan gambut pedalaman seperti di TN Danau Sentarum di Kalimantan Barat berusia lebih dari 30.000 tahun. Awalnya kawasan ini ditutupi dengan hutan rawa gambut, tetapi sejak tahun 1980-an hutan Indonesia Barat telah ditebangi secara intensif dan sebagian besar telah dikeringkan dan diubah menjadi penggunaan lahan lain atau terdegradasi. Pemicu utama degradasi lahan gambut ini adalah pembalakan, konversi menjadi perkebunan industri, drainase, dan kebakaran berulang. Selama dua dekade terakhir, pendorong utama adalah konversi menjadi perkebunan kelapa sawit dan Akasia (bubur kayu) dan pada tahun 2015 6,3 Juta ha lahan gambut di Indonesia Barat telah dikonversi, dimana 3,2

Juta ha untuk perkebunan industri dan 3,1 Juta ha oleh petani kecil (4,8 Juta ha ha di antaranya berada di Sumatera dan 1,5 Juta ha di Kalimantan). Dari sisanya, 2,9 juta ha lahan gambut di Sumatera dan Kalimantan (sangat) terdegradasi dan gundul, dan menganggur. Perkiraan total sumberdaya global dari konflik gambut karena empat alasan penting, yaitu:

- 1) Pengulangan kesalahan sumber. Data dan informasi disalin dari literatur dan diterima tanpa memeriksa atau mengacu pada tingkat keakuratan data yang diberikan.
- 2) Kesalahan skala pemetaan. Data dan informasi diambil dari peta tanah skala kecil, misalnya Peta Tanah Dunia FAO/Unesco dengan skala 1 : 5.000.000. Peta tersebut hanya dapat menunjukkan kawasan dengan lahan gambut jika cukup luas. Jika area yang kurang luas, maka kawasan gambut sering ditunjukkan dalam bentuk asosiasi dengan tanah hidromorfik atau tanah gley tanpa indikasi persentase komponen organik dalam asosiasi. Dalam banyak kasus, malah keberadaan komponen lahan gambut sama sekali tidak dibedakan.
- 3) Kesalahan klasifikasi. Pemetaan lahan gambut sangat tergantung pada klasifikasi lokal di setiap negara. Beberapa negara hanya mengenali lahan gambut jika kedalaman atau luasnya signifikan, yang lain menggabungkan tanah berlumpur dan gambut dangkal dengan tanah hidromorfik.
- 4) Sifat sumber. Lembaga dan organisasi yang berurusan dengan evaluasi lahan untuk pertanian dan organisasi yang tujuannya adalah penilaian simpanan gambut untuk tujuan energi, memiliki kepentingan yang berbeda dan pendekatan pemetaannya sering berbeda dan tidak sesuai

serta kurang terintegrasi satu lembaga dengan lembaga lainnya.

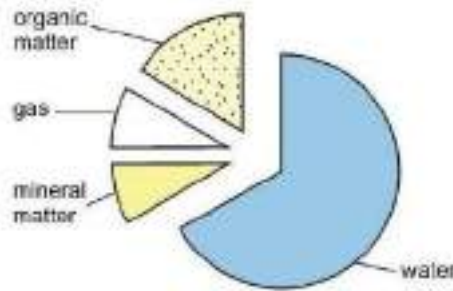
Selain itu, sumber dasar angka kesalahan ini biasanya salah dikutip karena satuan are (*acre*) disalahartikan dengan ha. Pada akhirnya terjadi kesalahan interpretasi luasan lahan gambut. Informasi dari lembaga penelitian sering diperbarui seperti yang ditunjukkan oleh peningkatan reguler dalam luasan lahan gambut yang dilaporkan selama beberapa dekade terakhir.

Data dan informasi tersebut, khususnya untuk Sumatera Selatan kemungkinan akan direvisi seiring dengan tersedianya data yang lebih handal. Data dan informasi terkini menunjukkan bahwa lahan gambut di Indonesia mencakup 20,1 juta ha dimana 2,92 juta ha (14,53 %) berada di Sumatera Selatan. Namun, 373.000 ha dari 2,92 juta ha sudah dibudidayakan. Akan tetapi perkiraan pertumbuhan gambut tahunan saat ini bervariasi antara 0,5-1,0 mm dan laju penurunan lahan gambut yang dikeringkan berkisar antara 1,5-3,0 cm per tahun. Jadi meskipun laju penurunan muka tanah adalah 15-30 kali laju pertumbuhan, gambut tidak dapat didefinisikan sebagai sumber energi terbarukan dan luasan lahan gambut semakin bermasalah.

3.2. Komposisi Isi Gambut

Secara alamiah, gambut tersusun dari komponen zat cair, gas, dan padat (Gambar 3.1). Kandungan air gambut tinggi, yaitu berkisar antara 50-70% berat gambut, tetapi dapat mencapai hingga 90%. Air gambut dapat dikelompokkan dalam empat jenis, yaitu air terikat secara kimiawi, air terikat secara fisik, air terikat permeabel, dan air bebas dalam ruang pori. Komponen padat gambut terdiri dari bahan organik dan bahan mineral. Bahan organik merupakan komponen utama dari fase padat gambut, termasuk humus dan sisa-sisa vegetasi yang tidak terurai sempurna. Puing-puing vegetasi terdiri dari bagian

utama bahan organik, yaitu mencakup: akar vegetasi, batang, daun, buah, biji, spora, serbuk sari, dan lain-lain.



Gambar 2. Komposisi gambut pada umumnya

Humus berkontribusi sekitar 20-70% bahan organik gambut adalah kompleks kimia organik dengan struktur rumit yang muncul selama gambut dalam proses pembentukan. Bahan mineral gambut terdiri dari dua jenis, yaitu: bahan yang terbawa ke dalam gambut oleh aliran air dan angin selama proses akumulasi gambut, atau bahan yang dibentuk oleh dekomposisi sisa-sisa vegetasi. Yang pertama disebut abu sekunder; yang terakhir disebut abu asli, dan jumlahnya adalah total abu atau kandungan total bahan mineral dalam gambut.

Megetahui kandungan isi lahan gambut mutlak harus diketahui sebelum tindakan reklamasi dilakukan agar kita mendapatkan pemahaman dan informasi yang tepat tentang cara pembentukan endapan dan kondisi yang menyebabkan perkembangannya, sehingga potensi lahan gambut dapat dipahami untuk berbagai tujuan. Pembahasan pembentukan (genesis) lahan gambut dipermudah dengan membedakan antara pembentukan bahan organik yang sebenarnya, dan proses akumulasinya.

Pembentukan bahan organik disebabkan oleh proses biokimia (proses fotosintesis). Agar gambut dapat terbentuk,

maka syarat utamanya bahwa produksi biomassa (bahan organik) lebih besar daripada penguraian kimiawinya. Akan tetapi tidak semua bahan organik digolongkan sebagai gambut, misalnya sampah organik tidak masuk bahan organik gambut.

Bahan organik hanya terakumulasi dalam kondisi tertentu dan proses akumulasinya merupakan fungsi langsung dari kondisi lingkungan, iklim dan ekosistem (lahan gambut, rawa) dimana gambut terbentuk. Lahan gambut terdapat di rawa-rawa cekungan besar dan di lembah-lembah pedalaman kecil yang telah berkembang dalam waktu yang relatif lama. Hasil penelitian *dating* ^{14}C menunjukkan bahwa laut berada di tepi pedalaman lahan gambut sekitar 5.400 tahun yang lalu.

Pembentukan gambut dan perubahan vegetasi dimediasi oleh nutrisi tanah dengan topografi. Pada topografi kubah gambut, terdapat hubungan antara zonasi konsentris vegetasi permukaan dan peningkatan ketebalan gambut, keasaman dan penurunan ketersediaan nutrisi. Variasi tipe gambut didalam endapan mencerminkan suksesi dan migrasi lateral vegetasi permukaan dan lingkungan terkait bersamaan dengan degradasi pantai. Pembentukan awal gambut dataran rendah terjadi di dataran rendah, berdrainase buruk tetapi sebagian besar kondisi terestrial daripada situasi akuatik dengan badan air permanen. Gambut terakumulasi berurutan dalam bentuk piring terbalik, maka deposit tumbuh secara vertikal dan lateral. Ketika gambut di bagian tengah menjadi lebih tebal, laju pertumbuhan menurun sebagai akibat dari kesuburan tanah yang rendah karena pencucian.

Pembentukan gambut adalah proses biokimia yang relatif singkat yang dilakukan di bawah pengaruh mikroorganisme aerobik di lapisan permukaan endapan selama periode tertentu. Karena gambut yang terbentuk di lapisan permukaan penghasil

gambut, maka gambut menjadi tunduk pada kondisi anaerobik di lapisan endapan yang lebih dalam, gambut itu terawetkan dan menunjukkan sedikit perubahan secara komparatif terhadap waktu. Kondisi aerobik atau anaerobik menentukan apakah biomassa akan terakumulasi dan dalam bentuk apa.

Gambut hutan yang lebih aerasi dan karenanya lebih terurai, dan gambut yang terbentuk di bawah kondisi rawa, maka kondisi anaerobik yang dominan. Di hutan gambut, lignin dan karbohidrat terdekomposisi sempurna, sehingga umumnya memiliki kandungan senyawa organik yang rendah, sedangkan pada kondisi lahan gambut dicirikan oleh kandungan kutin yang tinggi dan adanya banyak lignin dan selulosa yang tidak berubah (Tabel 3).

Tabel 3. Komposisi gambut (dalam % bahan organik kering)

Fraksi Gambut	Gambut pasang surut (30% terlapuk)	Gambut lebak (40% terlapuk)	Hutan gambut (60% terlapuk)
Bitumen	3,31	1,04	8,81
Asam humik	32,25	33,60	52,25
Hemiselulosa	15,03	8,63	1,05
Selulosa	3,57	3,72	0,00
Lignin	12,92	18,66	0,00
Kutin	11,90	5,23	16,01
Lainnya	21,22	29,23	22,05

Sumber: Dimodifikasi dari Fong (2000).

Pengembangan gambut di kawasan lebak Sumatera Selatan termasuk dalam tipe ini. Kondisi anaerobik, yang mencegah aktivitas mikro-biologis yang diperlukan untuk penguraian kimiawi bahan organik, umumnya dianggap bertanggung jawab atas akumulasi sebagian biomassa yang terdekomposisi dalam bentuk gambut. Kondisi anaerobik diciptakan oleh hidrotopografi tertentu apakah rawa atau lumpur. Sifat unit hidrotopografi tersebut tergantung pada faktor lingkungan (termasuk iklim, bentuk lahan, geologi lokal dan hidrologi), akan tetapi

semua faktor tersebut memiliki toksisitas parah yang dipicu oleh kandungan S dan Na yang tinggi yang menghambat oksidasi. Kandungan Na yang tinggi juga diindikasikan sebagai penyebab perkembangan gambut.

3.3. Gambut Iklim Sedang dan Gambut Tropis

Secara umum, perbedaan praktis antara lahan basah tropis dan lahan basah lainnya yang mempengaruhi pengelolaan. Sifat lahan gambut berbeda, karena tumbuhan yang membentuk gambut berbeda. Di daerah tropis, pohon sering terlibat sebagai lawan dari *sedges* dan *sphagnum moss* di daerah beriklim sedang. Kandungan kayu yang besar dari lahan gambut tropis memerlukan pengelolaan khusus, terutama selama reklamasi awal. Mungkin yang sangat penting adalah perbedaan iklim yang dicirikan oleh curah hujan yang tinggi, evapotranspirasi yang tinggi, dan suhu tahunan rata-rata yang sangat tinggi di daerah tropis. Curah hujan berlebih dan suhu tinggi mungkin merupakan ciri terpenting yang membedakan kawasan gambut tropis dengan kawasan beriklim sedang. Iklim memiliki pengaruh langsung pada karakteristik rawa gambut misalnya hidrologi. Ini juga memiliki efek tidak langsung pada gambut itu sendiri melalui spesies vegetasi. Di sisi lain, suhu memiliki pengaruh langsung pada laju oksidasi bahan gambut. Oleh karena itu, iklim memiliki pengaruh penting ketika memilih prosedur pengelolaan.

Soil taxonomy mendefinisikan lahan gambut tropis sebagai tanah dengan rezim suhu isomik atau lebih hangat. Ini meninggalkan lahan gambut di garis lintang tengah (subtropis) dengan rezim suhu *mesic*, *thermic* atau *hyperthermic*. Lahan gambut seperti itu dalam arti tertentu berada di tengah-tengah antara sabuk tropis dan daerah beriklim sedang. Mereka adalah pertanian yang penting dan pengalaman reklamasi yang

terakumulasi selama 50 tahun terakhir di berbagai daerah dapat dimanfaatkan dengan baik dan dipindahkan ke daerah tropis.

- 1) Mesik, yaitu suhu tanah rata-rata tahunan adalah antara 8-15°C, dan perbedaan antara suhu tanah rata-rata musim panas dan musim dingin lebih dari 5°C pada kedalaman 50 cm atau pada kontak litik atau paralitik, mana saja yang lebih dangkal.
- 2) Termis, yaitu suhu tanah rata-rata tahunan adalah antara 15-22°C, dan perbedaan antara suhu tanah rata-rata musim panas dan musim dingin lebih dari 5°C pada kedalaman 50 cm atau pada kontak litik atau paralitik, mana saja yang lebih dangkal.
- 3) Hipertermia, yaitu suhu tanah rata-rata tahunan adalah 22°C atau lebih tinggi, dan perbedaan antara suhu tanah rata-rata musim panas dan musim dingin lebih dari 5°C pada kedalaman 50 cm atau pada kontak litik atau paralitik, mana saja yang lebih dangkal. Jika nama rezim suhu tanah memiliki awalan iso, rata-rata suhu tanah musim panas dan musim dingin untuk bulan Juni, Juli dan Agustus dan untuk Desember, Januari dan Februari berbeda kurang dari 5 °C pada kedalaman 50 cm atau pada lapisan litik. atau kontak paralitik, mana yang lebih dangkal.
- 4) Isomesik, yaitu suhu tanah rata-rata tahunan adalah antara 8-15°C.
- 5) Isotermik, yaitu suhu tanah rata-rata tahunan adalah 15°C atau lebih tinggi tetapi lebih rendah dari 22°C.
- 6) Isohipertermik, yaitu suhu tanah tahunan rata-rata adalah 22°C atau lebih tinggi.

3.4. Hidro-Topografi

Hidrologi dalam sistem lahan gambut sangat dipengaruhi oleh pola presipitasi dan parameter hidrolika tanah. Pengaruh faktor-faktor tersebut membuat pengelolaan lahan gambut menjadi rumit terutama karena distribusi curah hujan yang tidak merata. Hidrologi di sekitar cekungan lahan gambut akan mempengaruhi genesis dan sifat tanahnya. Rawa cekungan biasanya memiliki dasar berbentuk piring, dimana titik terendah di daerah tersebut berada di tengah cekungan. Air dari daerah sekitarnya akan mengalir ke cekungan yang awalnya membawa mineral ke dalam cekungan. Disisi lain, kelebihan air dikeringkan secara gravitasi dari permukaan endapan berbentuk kubah, sehingga membentuk beberapa tangkapan kecil di sekitar kubah. Oleh karena itu, sifat-sifat lahan gambut dipengaruhi oleh masukan dan keluaran air ke dalam sistem. Sifat lahan gambut yang berdekatan sebagai satu kesatuan dalam kaitannya dengan daerah sekitarnya harus dipertimbangkan untuk pengelolaan yang berkelanjutan.

Karakteristik hidrologi dan topografi rawa gambut sangat penting bagi mereka yang tertarik dengan aspek pengelolaan air. Hidro-topografi harus diketahui secara memadai sebelum upaya reklamasi. Sifat-sifat yang dibahas dapat dibagi menjadi dua kelompok yang berhubungan dengan aspek geomorfologi dan hidrologi masing-masing. Deskripsi dan definisi pengaturan geomorfologi memberikan latar belakang yang berguna dan memberikan beberapa indikasi sifat bahan organik yang mungkin ditemukan.

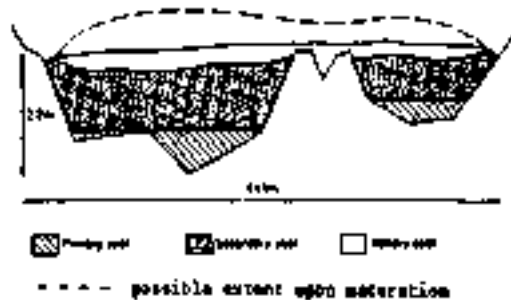
Proses pembentukan gambut akibat kondisi tergenang air disebut paludifikasi. Faktor utama yang berperan dalam proses ini dijelaskan berikut ini. Pertumbuhan gambut dimulai jika keseimbangan air di suatu lokasi dicirikan oleh persamaan berikut ini:

$$\text{Arus Masuk} = \text{Arus Keluar} + \text{Retensi}$$

Memodifikasinya untuk faktor iklim, persamaannya berbunyi:

$$\text{Aliran Masuk} + \text{Curah Hujan} = \text{Aliran Keluar} + \text{Evapotranspirasi} + \text{Retensi}$$

Pertumbuhan gambut dimulai dalam volume retensi, gambut bertindak sebagai badan lembam yang menggantikan volume airnya sendiri. Gambut yang terakumulasi pada kawasan depresi awal disebut gambut primer. Gambut terakumulasi melebihi tingkat dimana air dikeringkan dari cekungan, maka gambut tidak lagi bertindak sebagai “*inert mass*”, tetapi sebagai waduk aktif yang menahan volume air terhadap drainase. Pengembangan gambut primer mengurangi retensi permukaan waduk. Gambut sekunder adalah gambut yang berkembang di luar batas cekungan atau depresi. Gambut tersier adalah gambut yang berkembang di atas batas fisik air tanah, gambut itu sendiri bertindak sebagai waduk yang menahan volume air dengan gaya kapiler di atas muka air tanah regional utama. Waduk ini membentuk meja air yang hanya diberi makan oleh presipitasi (Gambar 3).



Gambar 3. Profil punggung bukit mengangkat lumpur
(Moore dan Bellamy, 1974)

Sistem pembentukan gambut sekunder dan tersier hanya ditemukan di iklim dimana nilai retensinya tinggi. Di iklim basah khatulistiwa dan monsun, evapotranspirasi biasanya terlalu besar untuk menyebabkan perkembangan gambut sekunder dan tersier kecuali jika ada curah hujan yang berlebihan, terdistribusi dengan baik sepanjang tahun, dikombinasikan dengan topografi yang menguntungkan dengan kurangnya drainase yang memberikan kondisi basah terus menerus. Kondisi tersebut misalnya ditemukan di dataran rendah pesisir di sekitar pantai Timur Sumatera.

Di pulau Sumatera, banyak cekungan diisi dengan gambut yang terbentuk pada akhir glasiasi terakhir yang membuat gambut ini berumur < 10.000 tahun. Anehnya, sebagian besar gambut di daerah tropis juga berumur < 10.000 tahun. *Dating* sampel gambut Sumatera dengan metode ^{14}C menunjukkan umur gambut maksimum 4.300 tahun. Kesesuaian umur yang kuat ini memiliki hubungan sebab akibat karena pencairan es pada awal Holosen mengakibatkan perubahan permukaan laut yang mencolok, yang mempengaruhi wilayah pesisir dataran rendah di seluruh dunia, mengubah perilaku pengendapan sungai terutama di muara dan delta.

Hidro-topografi rawa di dataran tinggi sebagian besar dipengaruhi oleh vulkanisme baru-baru ini yang telah memblokir banyak lembah dalam. Beberapa lembah terhalang oleh aliran lava yang berumur sangat muda. Karena lavanya keras, maka cekungannya sulit untuk dikeringkan. Umur simpanan gambut ini lebih terkait dengan periode aktivitas vulkanik daripada perubahan iklim pada akhir periode glasial. Area gambut di dataran tinggi umumnya berukuran kecil karena depresi aluvial besar jarang terjadi.

Kuantitas dan sifat gambut yang terakumulasi dalam depresi sangat terkait dengan perilaku pengendapan sungai yang mempengaruhi depresi. Apabila sungai mengubah muatan lumpurnya, katakanlah secara musiman, atau ada fluktuasi jangka panjang lainnya, maka bahan organik terkontaminasi dengan deposit mineral. Perubahan di dasar sungai juga dapat mempengaruhi lokasi sebenarnya dimana deposit mineral menumpuk. Kondisi gambut di Sumatera Selatan sebagian besar tertutup oleh deposit mineral karena deforestasi daerah tangkapan. Deforestasi menyebabkan erosi tanah lapisan atas mineral dan meningkatkan beban lumpur sungai. Hal ini juga meningkatkan risiko banjir di daerah hilir gambut. Pencampuran deposit mineral dengan gambut sangat penting untuk potensi penggunaan dan membutuhkan perhatian saat melakukan reklamasi.

Bentang lahan gambut umumnya ditemukan di cekungan rawa hingga lembah yang morfologinya mirip di seluruh wilayah. Permukaan cembung rawa gambut pesisir dan delta semakin terlihat dengan jarak jauh dari laut. Dalam keadaan alami, permukaan air selalu tinggi, seringkali dekat dengan permukaan. Pada kawasan yang didrainase, maka lahan gambut tampak seperti massa padat yang terdiri dari sisa-sisa vegetasi yang sebagian terdekomposisi dengan baik dengan potongan kayu besar dan batang pohon tertanam didalamnya.

Tanah sulfat masam sering ditemukan dibawah lahan gambut. Secara umum, profil tanah yang didrainase terdiri dari tiga lapisan yang berbeda, yaitu: lapisan atas (20-30 cm) terdiri dari bahan organik jenis saprik (terdekomposisi dengan baik), lapisan tengah (30-40 cm) yang terdiri dari bahan organik jenis hemik yang terdekomposisi sebagian, dan lapisan bawah

ditemukan bahan organik fibrik (sebagian besar berupa fragmen kayu besar, cabang dan batang pohon).

3.5. Sumber dan Kualitas Air

Mobilitas air rawa merupakan faktor terpenting yang mengendalikan kondisi edafik di dalam rawa. Jenis vegetasi dan karakteristik gambut yang berkembang sangat bergantung pada sifat air yang memberi makan ekosistem. Secara tradisional, kondisi eutrofik, mesotrofik dan oligotrofik dibedakan atas dasar sumber dan kualitas air. Kondisi eutrofik dicirikan oleh reaksi netral (pH 6-7) dan kandungan mineral yang tinggi terutama CaCO_3 . Di bawah kondisi oligotrofik ada beberapa mineral, antara lain Ca dan Mg sangat kurang dan pH rendah. Kondisi mesotrofik sedang, dicirikan dimana air dalam ekosistem gambut dapat berupa eutrofik, mesotrofik, atau oligotrofik tergantung pada sumbernya. Namun perubahan bertahap dari kondisi eutrofik awal ke kondisi oligotrofik pada tahap akhir pengembangan lahan gambut sangat umum terjadi.

Sumber air dan rawa-rawa yang terkait dengannya dapat dibagi lagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

- 1) Tipe reofil. Ini adalah rawa-rawa yang berkembang di air tanah bergerak. Dalam kasus seperti itu, air mengalir dari tanah sekitarnya dan karena diperkaya oleh kation yang tercuci dari tanah sekitarnya, ekosistemnya bersifat eutrofik dan lahan gambut yang sedang berkembang adalah jenis lahan gambut eutrofik.
- 2) Tipe transisi. Dalam situasi ini air tidak lagi memasuki sistem melalui aliran permukaan tetapi masih ada aliran bawah tanah yang masuk dari rembesan. Oleh karena itu, jumlah nutrisi yang masuk jumlahnya sedang dan vegetasinya lebih buruk dan kurang beragam daripada di

bawah kondisi eutrofik. Gambut yang dihasilkan bersifat lahan gambut mesotrofik.

- 3) Tipe ombrofil. Dalam kondisi ini air yang masuk ke sistem hanya berasal dari presipitasi dan oleh karena itu sangat rendah nutrisi. Airnya diasamkan dan kekurangan Ca, Mg dan K, dan akibatnya vegetasinya sangat buruk, sehingga menimbulkan lahan gambut oligotrofik yang sangat rendah nutrisi.

Jumlah mineral dalam air memiliki efek nyata pada spesies vegetasi dan asosiasi vegetasi yang dapat didukung oleh rawa. Jadi dimana vegetasi berakar di lapisan tanah mineral dan dengan demikian dapat mengambil nutrisi yang cukup (kondisi eutrofik) - kehidupan vegetasi kaya dan berlimpah. Tahap awal pengembangan gambut (gambut primer) adalah situasi seperti itu. Pada tahap berikutnya (gambut sekunder) aliran nutrisi berkurang karena permukaan gambut naik dan mineral di bawah tanah berangsur-angsur melampaui kedalaman perakaran. Defisiensi unsur hara membatasi spesies vegetasi mampu bertahan hidup. Kondisi defisiensi hara yang paling parah dicapai pada tahap ketiga pembentukan gambut tersier dimana permukaan gambut telah naik di atas tanah sekitarnya, sehingga mencegah rembesan air lateral ke lapisan atas gambut yang dialiri oleh curah hujan saja, sehingga masuknya nutrisi sangat kecil. Pada tahap ini vegetasi telah menjadi sangat miskin dalam spesies dan menunjukkan keterbelakangan dalam pertumbuhan. Tabel 3.2 menggambarkan lahan gambut yang mengalami pemiskinan lingkungan secara kimiawi.

Sifat dan kualitas air di rawa gambut relevan dengan potensi pemanfaatannya di bidang pertanian dan lainnya (misalnya peruntukan untuk air minum). Air dari rawa gambut mengandung deposit organik dalam jumlah besar biasanya

berwarna coklat sampai hitam (berwarna seperti kopi) dan sangat jernih. Air tersebut mengandung zat organik yang diduga memiliki aksi antibiotik yang membuat air menjadi steril, sedikit tanda-tanda aktivitas mikro-biologis dan tidak memiliki alga atau ikan. Air drainase dari gambut oligotrofik sangat rendah nutrisi dan ini menjadi alasan mengapa aktivitas biologis yang rendah. Air drainase dari gambut eutrofik memiliki > 50 ppm kation basa (Ca, Mg, K dan Na), tetapi air dari gambut oligotrofik umumnya mengandung < 5 ppm kation basa.

Tabel 4. Konsentrasi ion di perairan lahan gambut (10-20 cm)

Ketebalan gambut*/	pH H ₂ O	Konsentrasi Ion (milli-equivalents per liter)							
		HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na	K	H
Dangkal	4,83	0,14	0,32	0,56	0,33	0,13	0,37	0,07	0,03
Menengah	4,15	0	0,43	0,44	0,21	0,14	0,35	0,04	0,14
Dalam	3,80	0	0,30	0,30	0,10	0,12	0,22	0,03	0,16

Keterangan: Gambut dangkal (<1 m); menengah (4 m); dalam (> 10 m)

Perairan rawa gambut mengandung konduktivitas tinggi (< 1.000 mmhos cm⁻¹ atau 640 ppm garam) karena terkontaminasi dari sumber air payau, sehingga tidak disarankan digunakan untuk irigasi. Irigasi sprinkler adalah praktik umum di lahan gambut yang rawan kekeringan. Air asam dari lahan gambut membawa senyawa Fe dalam jumlah berlebihan yang mengendap sebagai lumpur ketika air dengan pH rendah. Air dari rawa gambut dapat menyebabkan penyakit vegetasi dan infeksi nematoda jika berasal dari sungai atau kolam yang tergenang. Genangan air menyebabkan akumulasi produk dekomposisi gambut yang bila terkonsentrasi cukup berbahaya bagi vegetasi, misalnya beberapa air gambut mengandung sulfat yang beracun bagi vegetasi karena hasil oksidasi pirit pada lahan gambut yang dikeringkan. Air lahan gambut (terutama gambut oligotrofik) umumnya berkualitas

rendah sebagai air minum karena air ini kekurangan sebagian besar unsur utama untuk kehidupan manusia (terutama yodium).

3.6 Genesis dan Perkembangan Lahan Gambut

Terminologi lahan gambut yang digunakan pada level internasional, yaitu lahan basah (*wetlands*), gambut (*peats*), deposit gambut (*mire*), dan *suo*.

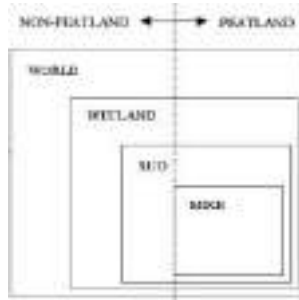
Lahan basah (*wetlands*) adalah area yang tergenang atau jenuh air pada frekuensi dan durasi yang cukup untuk mendukung vegetasi muncul yang beradaptasi untuk hidup dalam kondisi tanah jenuh. Menurut Konvensi Ramsar, lahan basah adalah semua perairan air tawar terbuka (dengan kedalaman tak terbatas) dan perairan laut (sampai kedalaman 6 m saat air surut).

Gambut (*peats*) adalah bahan organik mati yang terbentuk di tempat dan tidak terangkut setelah pembentukannya, yang terdiri dari setidaknya 30% (massa kering) bahan organik mati. Lahan gambut (*peatlands*) adalah area atau kawasan dengan atau tanpa vegetasi dengan lapisan gambut yang terakumulasi secara alami di permukaan tanah.

Deposit gambut (*mire*) adalah lahan gambut di mana gambut saat ini sedang terbentuk. Sebuah deposit gambut adalah selalu merupakan lahan gambut. *Suo* adalah lahan basah dengan atau tanpa lapisan gambut yang didominasi oleh vegetasi yang dapat menghasilkan gambut. Ilustrasi definisi dan konsep tersebut diberikan pada Gambar 4.

Suo adalah lahan gambut yang terjadi baik dengan atau tanpa kehadiran gambut, oleh karena itu, *suo* mungkin atau mungkin bukan lahan gambut. Oleh karena itu, mungkin atau mungkin bukan lahan gambut. Lahan gambut dimana akumulasi gambut telah berhenti, misalnya akibat drainase,

tidak lagi menjadi rawa. Ketika drainase menjadi sangat parah, mereka tidak lagi menjadi lahan basah.



Gambar 4. Lahan gambut, lahan basah dan deposit gambut (Joosten and Clarke, 2002)

Proses Pembentukan Gambut

Alasan terpenting terjadinya akumulasi gambut adalah proses pelapukan yang lambat karena banyaknya air, sehingga terjadi ketidakseimbangan dalam produksi dan pelapukan bahan organik (vegetasi mati). Ketidakseimbangan tersebut dikarenakan laju produksi tinggi yang dirangsang oleh ketersediaan unsur hara tanah (CO_2 , N, P, K), air dan temperatur udara. Konsentrasi CO_2 atmosfer yang tinggi bertanggung jawab atas akumulasi gambut yang sangat besar pada periode Karbon dan Tersier, selanjutnya terbentuk batubara dan intan. Pemupukan NPK dan suhu tinggi menyebabkan produksi yang lebih tinggi, dan tingkat perontokan (peluruhan) umumnya lebih tinggi, sehingga memicu akumulasi gambut. Terdapat perbedaan komposisi kimia dan struktur vegetasi berarti bahwa beberapa spesies vegetasi dan bagian vegetasi dapat menghasilkan gambut, sedangkan yang lainnya tidak.

Air adalah satu-satunya faktor terpenting yang memungkinkan akumulasi gambut. Genangan air merupakan prasyarat utama untuk pelestarian gambut. Kapasitas panas air yang besar dan kebutuhan energi yang besar untuk penguapan

menyebabkan suhu lebih rendah dari suhu lingkungan, sedangkan laju difusi gas yang terbatas dalam air menyebabkan ketersediaan oksigen yang rendah. Kondisi yang dihasilkan relatif dingin dan anaerobik menghambat aktivitas organisme pengurai, sehingga terjadi akumulasi gambut.

Akumulasi gambut hanya terjadi ketika permukaan air berada di bawah dan atau di atas permukaan tanah dalam jangka panjang. Ketika muka air tanah terlalu rendah, maka sisa-sisa vegetasi melapuk terlalu cepat dan memungkinkan akumulasi. Ketinggian air yang terlalu tinggi (tergenang) menghambat produksi vegetasi karena bagian vegetasi yang terendam, akan mati lemas karena kekurangan oksigen dan CO₂. Oleh karena itu, akumulasi gambut hanya terjadi pada kisaran ketersediaan air (baik dalam ruang, ketinggian air, dan waktu, sehubungan dengan musim), dimana pelapukan bahan organik lebih banyak dihambat daripada produksinya. Di daerah dengan tingkat air yang lebih dalam dan berfluktuasi, sebagian besar bahan organik meluruh (terkompres). Hal ini menyebabkan akumulasi gambut yang lebih sedikit dan gambut yang terhumidasi lebih kuat. Kegiatan yang secara substansial menurunkan atau menaikkan permukaan air di lahan gambut berdampak negatif terhadap kapasitas akumulasi gambut dan fungsinya yang terkait.

Kelompok tumbuhan dan bagian tumbuhan yang berbeda merupakan pembentuk gambut utama. Lumut (*Bryophyta*) menentukan pertumbuhan gambut ditempat yang dingin (misalnya *boreal* dan *subarctic*) dan basah serta sejuk, misalnya samudra (Tabel 5). Kurangnya organ penghantar air memungkinkan pembentukan gambut oleh lumut hanya dimana kehilangan air melalui evapotranspirasi dibatasi. Di daerah-daerah ini, dimana sebagian besar lahan gambut

terkonsentrasi, maka lahan gambut terbentuk. Oleh karena itu pertumbuhan lumut adalah model sentral dari pengembangan lahan gambut.

Tabel 5. Vegetasi mati dominan pembentuk lahan gambut

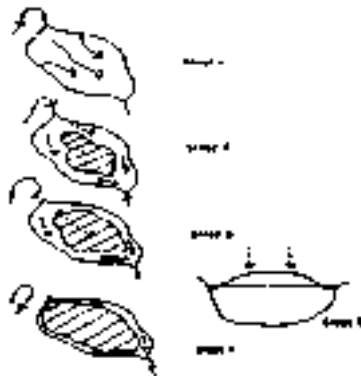
Zona iklim	Pembentuk gambut yang dominan		
	<i>Physiognomy</i>	<i>Taxonomy</i>	Bagian Vegetasi
<i>Boreal/Ocean</i>	<i>Mosses</i>	<i>Sphagnaceae, Hypnales</i>	Batang, cabang, daun
<i>Temperate/ Subtropik</i>	Alang-alang (reeds)	<i>Poaceae, Cyperaceae, Equisetaceae</i>	Akar rimpang, akar kecil
<i>Tropis</i>	Pohon	<i>Angiospermae/Dicotyledoneae</i>	Akar

Sumber: Kompilasi dari berbagai pustaka (2022).

Gambut beriklim sedang dan kontinental, gambut terbentuk dari akar rimpang yang tumbuh ke bawah dan akar rumput (*Poaceae*) dan *sedges* (*Cyperaceae*). Gambut terakumulasi dangkal (pada kedalaman 10-20 cm dibawah permukaan tanah). Di kawasan tropis, gambut terbentuk lebih jauh di bawah permukaan oleh akar-akar pohon hutan yang tinggi. Tabel 3.3 menjelaskan karakteristik tumbuhan pembentuk gambut. Di lahan gambut alami, gambut biasanya terakumulasi dengan laju jangka panjang 0,5 -1 mm dan 10 - 40 ton C per km² per tahun. Laju akumulasi ini mungkin lebih lambat di bawah kondisi iklim atau hidrologi yang kurang menguntungkan, seperti di kawasan tundra Artik, atau lebih cepat, terutama di daerah tropis. Lahan gambut yang ada saat ini sebagian besar berasal dari zaman Glasial Akhir dan awal Holosen.

Proses Perkembangan Gambut

Gambar 5. menjelaskan hubungan erat antara cara pembentukan dan karakteristik endapan organik, sehingga dapat dibedakan lima tahapan perkembangan lahan gambut yang diuraikan pada Tabel 6.



Gambar 5. Model suksesi jenis lumpur (Moore dan Bellamy, 1974)

Aliran air sangat penting untuk jenis gambut yang berkembang, dan karena perubahan aliran air menandakan perubahan dari satu tahap ke tahap lainnya, kami membahas berbagai tahap secara rinci. Pada tahapan (1-3) dimana sistem diberi makan sampai tingkat tertentu oleh air dari daerah sekitarnya, sehingga mampu membentuk jenis gambut topogen, sedangkan tahap akhir (4-5) dimana hampir semua mineral yang tersedia didaur ulang didalam ekosistem, sehingga membentuk jenis gambut ombrogenous.

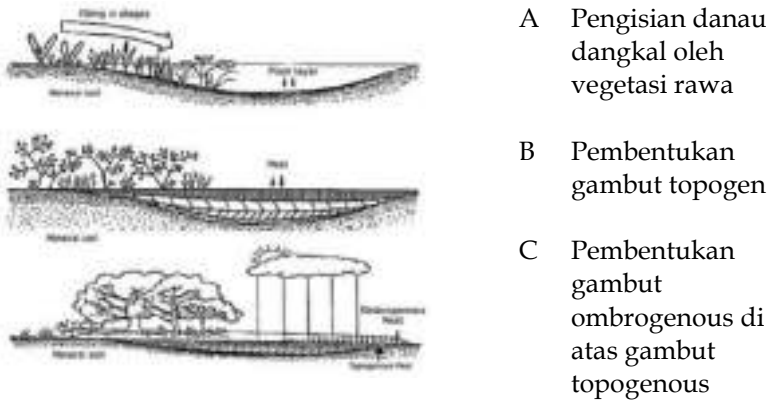
Model ini dapat diterapkan di daerah tropis seperti yang ditunjukkan dalam bentuk skema dengan contoh tahapan pembangunan lahan gambut dalam di daerah pesisir. Disini perkembangan gambut primer, sekunder dan tersier dapat dikenali, dan pembagian dapat dibuat menjadi tahap topogen dan ombrogen. Adanya pulau-pulau yang dulunya berelevasi rendah yang sekarang seluruhnya tertutup oleh endapan gambut tersier adalah bukti perkembangan gambut.

Tabel 6. Tahap-tahapan perkembangan lahan gambut

Fase	Penjelasan proses yang terjadi pada tiap fase
1	Selama pengendapan awal material gambut di air mengalir ada dua kondisi alternatif. Yang pertama, ada aliran air yang besar membawa sejumlah sedimen dari luar. Hal ini, dikombinasikan dengan lambatnya pembentukan gambut karena oksigenasi yang kuat dari sistem melalui masuknya air yang besar, menghasilkan produksi gambut yang tenggelam, dan aliran air terkonsentrasi di dekat permukaan. Yang kedua, ada aliran air yang kecil dan lebih sedikit material yang ditambahkan dari luar, sehingga laju pertumbuhan gambut lebih cepat, gambut yang ringan dan terapung dihasilkan dan air mengalir di bawah lapisan gambut yang mengapung.
2	Akumulasi gambut cenderung mengkanalisasi aliran utama air di dalam cekungan, meninggalkan beberapa area yang terkena efek pergerakan air tanah selama periode aliran berlebih saja. Sekali lagi dua alternatif diakui: pertama, dimana seluruh massa gambut tergenang, dan kedua dimana massa gambut tidak tergenang dan mengapung.
3	Pertumbuhan gambut secara vertikal dan horizontal yang terus berlanjut menyebabkan sebagian besar cekungan berada di luar pengaruh aliran masuk. Pasokan air terutama terbatas pada hujan yang jatuh langsung di permukaan rawa gambut dengan beberapa rembesan dari daerah sekitarnya. Hanya daerah-daerah yang langsung terletak di sepanjang saluran drainase utama di dalam rawa yang dapat menunjukkan aliran kontinu yang lambat.
4	Pertumbuhan gambut yang terus berlanjut membuat sebagian besar rawa tidak terpengaruh oleh pergerakan air tetapi genangan akan terjadi ketika permukaan air di cekungan naik sebagai akibat dari curah hujan yang tinggi.
5	Permukaan gambut telah meningkat, sehingga tidak lagi terpengaruh oleh fluktuasi musiman air tanah. Permukaan gambut berbentuk kubah (<i>dome</i>) dan memiliki muka air tanah tersendiri yang hanya dialiri oleh air hujan.

Sumber: Kompilasi dari berbagai pustaka (2022).

Dalam kondisi pengendapan yang kuat (pada iklim monsun atau semi-kering), maka akumulasi endapan mineral yang tersebar merata perlahan-lahan akan menaikkan dasar cekungan dan mencegah penyumbatan total drainase. Dalam kasus seperti ini, perkembangan gambut tidak ada atau hanya ditemukan di cekungan kecil ketika kondisi hidro-topografi yang menguntungkan terjadi pembentukan gambut (Gambar 6).



Gambar 6. Pembentukan gambut di cekungan lahan basah
(Fahmuddin dan Subiksa, 2008)

Penampang vertikal deposit gambut menggambarkan berbagai tahap perkembangan gambut. Lapisan bawah kaya akan spesies vegetasi dan secara umum lebih kaya nutrisi vegetasi daripada lapisan atasnya. Pada umumnya terjadi pemiskinan secara bertahap terhadap kandungan mineral gambut, terutama pada unsur-unsur utama (antara lain Ca, Mg, K dan P). Oleh karena itu, kedalaman gambut merupakan indikator penting untuk kesuburan lahan gambut. Jenis gambut, apakah topogenous atau ombrogenous, memberikan petunjuk yang jelas tentang kesuburan alamiahnya.

Syarat utama pembentukan lahan gambut adalah akumulasi sisa-sisa vegetasi berkayu dalam jangka waktu lama yang terletak pada kawasan drainase buruk (cekungan dan lembah) dengan curah hujan dan suhu tinggi. Berdasarkan lingkungan pembentukannya, maka lahan gambut dapat dibedakan menjadi, yaitu lahan gambut ombrogen, dan gambut topogen.

Gambut ombrogenous (lahan gambut oligotrofik dan mesotrofik) adalah lahan gambut (pada umumnya gambut tebal)

yang membentuk kubah (*dome*) dan ditemukan pada kawasan yang tidak terpengaruh oleh pasang surut, serta keberadaan air berasal dari curah hujan. Rawa cekungan besar berbentuk kubah dan endapan lahan gambut yang menempati bagian tengah kubah, umumnya dikenal sebagai gambut ombrogenous, terutama terdiri dari pohon, batang, cabang, daun, akar dan buah.

Gambut ombrogenous dapat juga terbentuk di kawasan pedalaman di daerah datar atau cembung diantara sungai dengan curah hujan tinggi sepanjang tahun. Beberapa kubah dapat berkembang lanjut dan mempunyai ketebalam lahan gambut lebih dari 20 m. Ombrogenous lahan gambut mengalami kekurangan nutrisi tanah (oligotrofik) karena suplai mineral tanah memang minimal; terjadi proses pencucian senyawa organik yang memicu peningkatan kemasaman air tanah (pH tanah kurang dari 3.5).

Gambut topogen (lahan gambut eutropik) adalah lahan gambut yang terbentuk pada bagian pedalaman dari dataran pantai atau sungai yang dipengaruhi oleh limpasan air pasang atau banjir yang banyak mengandung mineral, sehingga relatif lebih subur, dan tidak terlalu tebal. Basis sekitarnya dan di sepanjang pinggiran kubah gambut dan tepian hilir sungai yang mengalirkan lahan gambut di sisi lain didominasi oleh gambut topogen yang sebagian besar terdiri dari bahan vegetasi yang sedikit hingga sedang yang terdekomposisi dan sedimen klastik halus.

Gambut topogen juga terbentuk di kawasan yang memiliki muka air tanah tinggi dan cukup tersedia unsur hara yang dibawa oleh banjir musiman atau berasal dari tanah mineral di lapisan bawahnya (Gambar 6). Hasil kajian fosil modern, ternyata lahan gambut swamps terbentuk di kawasan cekungan

sekitar dalam kurun waktu 6000 tahun terakhir, setelah proses stabilisasi permukaan laut global terjadi.

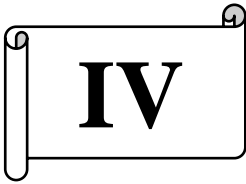
3.7. Parameter Spesifik Lahan Gambut

Lahan gambut memiliki sifat dan ciri fisik kimia dan biologis dan cara pemahamannya berbeda, tergantung pada tujuan penggambarannya, contoh untuk evaluasi lahan gambut untuk pertanian memerlukan penekanan pada karakteristik yang berbeda jika dibandingkan evaluasi lahan gambut untuk energi. Restorasi lahan gambut membutuhkan pengetahuan tentang sifat-sifat yang berbeda, termasuk sifat-sifat yang lebih menekankan pada rawa gambut daripada bahan gambut itu sendiri. Karakteristik umum yang paling relevan tercantum dalam Tabel 7.

Salah satu penyebab umum kegagalan reklamasi adalah kurangnya pengenalan perbedaan antara sifat mineral dan lahan gambut. Ini meluas ke penggunaan prosedur analitis. Untuk alasan ini banyak perhatian diberikan pada bagian berikut untuk metode analisis yang digunakan untuk mengukur karakteristik dan perbedaan antara parameter. Ini sering membingungkan dalam literatur dan di tempat lain yang mengarah ke salah tafsir dan salah urus. Tampaknya juga perlu untuk memberikan perhatian pada pengelolaan di awal teks, sehingga masalah mendasar dalam mengkarakterisasi gambut dalam kaitannya dengan pengelolaan dapat dikenali dengan baik.

Tabel 7. Sifat dan ciri utama lahan gambut

Karakteritik	Variabel atau parameter yang dikaji
Sifat dan ciri fisik lahan gambut	Kematangan gambut (<i>peat maturity</i>) Warna gambut (<i>peat colors</i>) Ketebalan gambut (<i>peat thickness</i>) Ketersediaan air (<i>water availability</i>) Kapasitas menahan air (<i>water holding capacity</i>) Konduktivitas hidrolis (<i>hydraulic conductivity; permeability</i>) Berat isi (<i>bulk density</i>) Porositas (<i>porosity</i>)
Sifat dan ciri fisik lahan gambut	Komposisi senyawa organik Kemasaman tanah dan kandungan asam organik Kandungan asam humik Kapasitas tukar kation (KTK) tanah Pertukaran kation dan kejenuhan basa (KB) Kandungan C-organik dan C/N <i>ratio</i> Kandungan N tanah Kandungan P dan K tanah Kandungan S tanah Ketersediaan hara mikro Kandungan abu Nilai Al-dd (dapat dipertukarkan)
Tantangan Internal Lahan Gambut	Awal pembukaan dan penyiapan lahan Parameter spesifik untuk sifat dan ciri lahan gambut Pembengkakan dan penyusutan (<i>swelling and shrinking</i>) Kering tidak balik (<i>irreversible drying</i>) Subsistensi lahan gambut (<i>peat subsidence</i>) Daya menahan beban (<i>bearing capacity</i>) Oksidasi dan pencegahan proses oksidasi Aktivitas biologis (<i>biological activity</i>)
Geomorfologi	Topografi Konfigurasi permukaan Elevasi permukaan Elevasi lapisan tanah mineral dibawahnya
Hidrologi	Sumber air Kualitas dan kuantitas air Posisi saluran drainase alam



IV

KLASIFIKASI LAHAN GAMBUS

Klasifikasi lahan gambut adalah kategorisasi sistematis lahan gambut berdasarkan karakteristik pembeda serta kriteria yang menentukan pilihan yang digunakan. Klasifikasi lahan gambut merupakan subjek yang dinamis, mulai dari struktur sistem, definisi kelas, hingga aplikasi di lapangan. Klasifikasi lahan gambut dapat didekati dari perspektif gambut sebagai bahan mentah industri dan gambut sebagai suatu sumberdaya alam.

Klasifikasi lahan gambut menghadapi sangat banyak tantangan karena banyak sudut pandang yang dapat dijadikan dasar pemikiran untuk melakukan klasifikasi lahan gambut. Oleh karena itu, buku ini lebih diarahkan pada aspek pengelolaan lahan gambut yang berkaitan dengan penggunaan dan produktivitas pertanian. Namun demikian, pengelolaan gambut tidak hanya bergantung pada karakter lahan gambut sebagai media tumbuh tanaman, tetapi juga pada lingkungan, khususnya keadaan topografi dan iklim dan pengelolaan hidrologi. Klasifikasi lahan gambut harus mencakup aspek pedologi dan topografi atau geomorfologi.

Penelitian lahan gambut sebagai suatu bentuk khusus lahan basah selalu menjadi kajian ahli tanah, para naturalis, ahli botani, dan ahli biologi. Ilmu gambut merupakan sektor yang berkembang pesat dari ilmu biologi dan ilmu tanah, seperti yang ditunjukkan oleh kegiatan masyarakat gambut internasional. Banyak data dan informasi tentang kegiatan lembaga penelitian

gambut nasional dan internasional, organisasi lain dan pekerja penelitian individu di seluruh dunia telah dilaksanakan. Akan tetapi, sebagian besar cakupan penelitian kurang membahas aspek alamiah gambut, yaitu lahan gambut sebagai suatu tubuh alam (*natural body*) lahan basah. Sebagian besar tulisan tentang penggunaan gambut untuk pertanian ditemukan dalam jurnal ilmu tanah dan agronomi.

4.1. Sistem Klasifikasi

Paling sedikit terdapat enam sistem klasifikasi yang ada berdasarkan pada kategori sebagai berikut:

- 1) Topografi dan geomorfologi
- 2) Vegetasi permukaan
- 3) Sifat kimia gambut
- 4) Asal-usul botani dari gambut
- 5) Karakteristik fisik gambut
- 6) Proses genetik di dalam rawa gambut.

4.1.1. Klasifikasi Topografi dan Geomorfologi

Sistem klasifikasi topografi terutama berurusan dengan aspek bentang lahan. Kondisi hidrologis, asal rawa gambut, sifat material yang terakumulasi semuanya berhubungan dengan topografi, sehingga klasifikasi topografi berguna untuk menunjukkan kemungkinan pembatasan reklamasi dan prosedur pengelolaan yang diperlukan, contohnya, seperti rawa gambut pantai; rawa gambut lembah; dan rawa gambut dataran tinggi. Rawa gambut pantai dan rawa gambut lembah menempati dataran rendah. Kedua rawa gambut ini berkembang dengan adanya air tanah dan sedimen aluvial yang kaya nutrisi membentuk gambut primer.

Rawa gambut dataran tinggi terdapat pada elevasi yang lebih tinggi, dimana level muka air tanah saat ini dipertahankan

oleh gambut itu sendiri. Pada rawa gambut dataran tinggi, satu-satunya sumber nutrisi adalah curah hujan, permukaan berada di luar pengaruh banjir dan gambut sekunder dan tersier terbentuk. Dengan demikian ada hubungan yang kuat dengan asal genetik rawa gambut dan topografi.

4.1.2. Klasifikasi berdasarkan Vegetasi Permukaan

Lahan gambut dapat diklasifikasikan menurut tutupan vegetasi saat ini. Sistem seperti itu hanya menarik jika ada kaitannya dengan persyaratan manajemen dan khususnya, masalah reklamasi. Biaya pembukaan dan aksesibilitas lahan dipengaruhi oleh vegetasi. Tutupan vegetasi seringkali merupakan indikator kunci dari karakteristik penting lainnya, yang tidak langsung terlihat jelas, ketika menilai potensi penggunaan pertanian. Dengan cara ini vegetasi dapat melayani tujuan yang berguna sebagai parameter dalam klasifikasi.

4.1.3. Klasifikasi berdasarkan Sifat Kimia

Sistem klasifikasi ini didasarkan pada sifat kimia, bukan pada sifat bahan gambut itu sendiri tetapi pada sifat lingkungan. Perbedaan lahan gambut eutrofik (kaya nutrisi), mesotrofik (cukup kaya) dan oligotrofik (miskin nutrisi) berlaku untuk bahan gambut dan kondisi hidrologis. Ada hubungan yang kuat antara sistem klasifikasi kimia dan mode asal dan situasi topografi. Lingkungan gambut eutrofik dicirikan oleh banjir dengan air yang kaya nutrisi, sedangkan gambut oligotrofik diberi makan oleh air yang miskin nutrisi, terutama curah hujan, sehingga gambut tersebut harus telah tumbuh di atas tingkat banjir sungai terdekat.

Klasifikasi tersebut terutama didasarkan pada fraksinasi senyawa kimia organik. Gambut diklasifikasikan dengan cara ini menggunakan jumlah zat yang larut dalam air; zat larut eter dan

alkohol; kadar selulosa dan hemiselulosa; lignin dan turunan lignin dan konstituen nitrogen. Meskipun sifat-sifat ini digunakan terutama untuk menilai potensi bahan gambut untuk keperluan industri, sifat-sifat ini juga dapat digunakan untuk memprediksi laju dekomposisi yang pada gilirannya sering mencerminkan kesuburan untuk tujuan pertanian. Mereka mempengaruhi karakteristik pertukaran, pencucian dan fiksasi pupuk dan khususnya ketersediaan elemen jejak.

4.1.4. Klasifikasi berdasarkan Asal Botani

Lahan gambut dapat dibagi menjadi tipe vegetasi utama, yaitu gambut berlumut, gambut *sedge*, *heath*, gambut *saw-grass*, gambut *Cyperacea* dan gambut hutan atau gambut berkayu. Salah satu masalah klasifikasi jenis ini adalah bahwa endapan gambut sering dicirikan oleh urutan vertikal atau lapisan gambut yang berasal dari vegetatif yang berbeda, setiap lapisan menunjukkan tahap tertentu dalam perkembangan endapan.

Pemahaman tentang komposisi botani gambut sangat penting karena banyak karakteristik gambut terkait dengan komposisi botani vegetasi. Sebagai contoh, gambut yang berasal dari herba, *sedges* dan berbagai jenis pohon pada umumnya memiliki dua sampai empat kali lebih kaya nitrogen dibandingkan dengan lumut *Sphagnum* dan *sedges Eriophorum*. Kadar lignin sering dikaitkan dengan asal botani. Gambut berkayu umumnya mengandung kadar selulosa dan hemiselulosa yang rendah dan kandungan lignin dalam jumlah besar karena selulosa dan hemiselulosa mudah terdekomposisi dan lignin merupakan fraksi yang resisten. Proporsi *lignin* ini meningkat seiring dengan dekomposisi gambut, terutama pada gambut berkayu. Jadi, penting untuk mengetahui asal usul vegetatif gambut untuk tujuan pengelolaan.

4.1.5. Klasifikasi berdasarkan Ciri Fisik

Von Post mengembangkan metode lapangan untuk menunjukkan tahapan dekomposisi lahan gambut yang dikenali dengan 10 langkah (Tabel 8); yaitu: gambut sedikit berserat, berwarna terang yang terdekomposisi didefinisikan sebagai H1, sedangkan bahan yang terdekomposisi dengan baik, koloid, berwarna gelap di ujung lain skala ditunjukkan sebagai H10. Dua kelemahan skema ini, yaitu pertama, subjektif dalam penerapannya, dan kedua terlalu banyak kategori.

Soil Taxonomy telah mengadopsi prinsip ini menggunakan tahap dekomposisi untuk mengkarakterisasi bahan gambut dan telah dipersempit menjadi tiga tahap, yaitu jenis fibrik, hemik dan saprik yang secara kuantitatif ditentukan dengan analisis kadar serat dan ukuran untuk menghilangkan bias subjektif. Kriteria morfologi lainnya, termasuk warna, jumlah bahan mineral, struktur dan ketebalan endapan digunakan dalam sistem modern untuk mengkarakterisasi tanah gambut. Skema berdasarkan kriteria ini sangat berharga dalam melakukan penilaian gambut untuk pertanian.

4.1.6. Klasifikasi Berdasarkan Proses Genetik

Klasifikasi yang berasumsi proses genetik terutama didasarkan pada iklim dimana gambut terbentuk dan perubahan gambut, termasuk sebagai akibat dari proses pembentukan tanah, setelah reklamasi. Asal genetik digunakan pada tingkat kategoris yang tinggi. Perubahan yang disebabkan oleh proses reklamasi dan pembentukan tanah dapat berlangsung sangat cepat dan berumur pendek, sehingga tidak berguna sebagai parameter klasifikasi.

Tabel 8. Skala humifikasi von post

Simbol	Deskripsi
H1	Gambut yang benar-benar tidak terurai, jika diperas, mengeluarkan air yang hampir jernih. Tanaman tetap mudah diidentifikasi. Tidak ada bahan amorf
H2	Hampir seluruh gambut belum terdekomposisi yang bila diperas mengeluarkan air jernih atau kekuningan. Sisa-sisa tanaman masih mudah dikenali. Tidak ada bahan amorf
H3	Gambut yang sangat sedikit terurai dan ketika diperas, mengeluarkan air coklat berlumpur, tetapi tidak ada gambut yang lewat di antara jari-jari. Tumbuhan tetap dapat diidentifikasi dan tidak ada bahan amorf
H4	Gambut sedikit terdekomposisi dan bila diperas mengeluarkan air gelap yang sangat berlumpur. Tidak ada gambut yang lewat di antara jari-jari tetapi sisa-sisa tanaman sedikit pucat dan telah kehilangan beberapa fitur yang dapat diidentifikasi
H5	Gambut yang terdekomposisi sedang dan ketika diperas, mengeluarkan air yang sangat berlumpur dengan sejumlah kecil gambut berbutir amorf yang keluar di antara jari-jari. Struktur sisa-sisa tumbuhan cukup tidak jelas meskipun masih memungkinkan untuk mengenali ciri-ciri tertentu. Residunya sangat pucat
H6	Gambut dengan dekomposisi sedang dengan struktur tumbuhan yang sangat tidak jelas. Saat diperas, sekitar sepertiga gambut terlepas dari sela-sela jari. Residunya sangat pucat tetapi menunjukkan struktur tanaman lebih jelas daripada sebelum diperas
H7	Gambut yang sangat terdekomposisi. Berisi banyak bahan amorf dengan struktur tanaman yang sangat samar-samar dikenali. Saat diperas, sekitar setengah dari gambut terlepas di antara jari-jari. Airnya, jika ada yang keluar, sangat gelap dan hampir pucat
H8	Gambut yang sangat terdekomposisi dengan bahan amorf dalam jumlah besar dan struktur tanaman yang sangat tidak jelas. Saat diperas, sekitar dua pertiga gambut terlepas dari sela-sela jari. Sejumlah kecil air pucat dapat dilepaskan. Bahan tanaman yang tersisa di tangan terdiri dari residu seperti akar dan serat yang menahan dekomposisi
H9	Gambut yang hampir sepenuhnya terurai di mana hampir tidak ada struktur tanaman yang dapat dikenali. Saat diperas itu adalah pasta yang cukup seragam
H10	Gambut yang benar-benar terdekomposisi tanpa struktur tanaman yang terlihat. Saat diperas, semua gambut basah keluar di antara jari-jari
B1	Gambut kering
B2	Kadar air rendah
B3	Kadar air sedang
B4	Kadar air tinggi
B5	Kadar air sangat tinggi

Catatan : Rezim kelembaban setiap sampel gambut menggunakan skala 1-5 dan simbol "B" (berasal dari bahasa Swedia blöthet = basah).

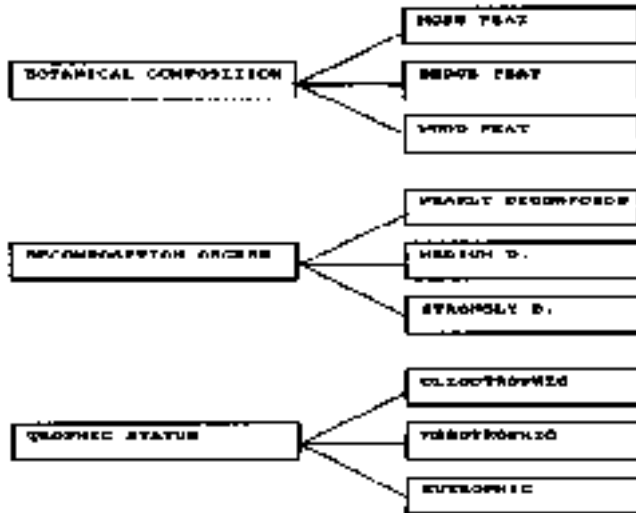
Sumber : Ekono (1981)

Ada banyak sistem klasifikasi, masing-masing diarahkan untuk tujuan disiplin ilmu yang bertanggung jawab untuk pengembangannya. Kebanyakan dari sistem ini didirikan secara terpisah, seringkali secara nasional, sehingga memberikan mereka bias lokal dan penekanan pada kondisi yang diketahui. Beberapa kebingungan disebabkan karena terminologi umum digunakan oleh klasifikasi ini, tetapi dengan konotasi yang berbeda.

Kesalahan paling nyata dari banyak skema klasifikasi adalah kegagalan untuk menyediakan taksa, terutama dalam kategori yang lebih rendah yang cocok untuk pemetaan. Banyak skema klasifikasi teoretis yang mencoba menjelaskan asal usul gambut, tetapi skema tersebut tidak sesuai dengan penyajian unit klasifikasi yang diakui di peta. Ini terutama karena mereka kekurangan informasi yang diperlukan untuk mengenali taksa di lapangan dengan karakteristik yang terdefinisi dengan baik. Pendekatan pragmatis disarankan dan sejak itu mengarah pada pengembangan klasifikasi lahan gambut, yang esensinya telah digunakan oleh *Soil Taxonomy*. *Soil Taxonomy*, hanya berkaitan dengan klasifikasi bahan organik dalam arti pedologis, sehingga tidak memecahkan masalah klasifikasi pengaturan lingkungan yang penting untuk tujuan pengelolaan.

International Peat Society (IPS) membentuk kelompok kerja untuk mengklasifikasikan gambut dan lahan gambut (tahun 1973) dengan tujuan untuk mengembangkan kerangka kerja untuk klasifikasi universal gambut alami (perawan). Penggunaan kata alami menunjukkan bahwa tujuannya bukanlah klasifikasi yang akan berguna bagi ahli agronomi. Mereka terutama prihatin dengan pengelolaan dan karakteristik gambut yang telah direklamasi dan tidak alami lagi. Inisiatif IPS mengarah pada usulan skema pada Gambar 7. dimana tiga sifat

digunakan: komposisi botani, tingkat dekomposisi dan status trofik (kekayaan nutrisi) gambut. Gambar 7. dapat diterapkan pada sebagian besar jenis gambut perawan.



Sumber: Kivinen (1980)

Gambar 7. Skema klasifikasi umum yang diusulkan untuk gambut

Kerangka kerja tersebut, hanyalah permulaan dan membutuhkan penyempurnaan lebih lanjut dan subdivisi sesuai dengan kondisi lokal dan persyaratan penelitian. Proposal IPS lebih banyak membahas materi gambut daripada lahan gambut. Kekurangan ini dan menyarankan sistem yang akan menggabungkan klasifikasi lahan gambut atau rawa di satu sisi, dan klasifikasi lahan gambut di sisi lain. Sistem gabungan seperti itu akan memenuhi kebutuhan kita, tetapi, karena kerumitannya, sistem terpadu semacam ini sulit dikembangkan dalam skala global.

Sistem klasifikasi lahan gambut didasarkan pada enam karakteristik dasar lahan gambut (Andriess, 1988), yaitu:

- 1) Topografi dan geomorfologi, yaitu berhubungan dengan aspek *landscape*, sehingga dikenal adanya gambut *low moor*

(dataran rendah), *transitional moor* (daerah transisi), dan *high moor* (dataran tinggi);

- 2) Vegetasi permukaan, sering dikaitkan untuk keperluan manajemen, terutama pada saat reklamasi lahan yang menyangkut biaya pembukaan lahan gambut;
- 3) Vegetasi asli yang membentuk gambut, yaitu dihubungkan dengan bahan gambut yang berasal dari Jenis vegetasi tertentu yang membentuknya, sehingga dikenal adanya gambut yang berasal dari lumut (*moss peat*), rumput-rumputan (*saw-grass peat*), tanaman dari famili *Cyperaceae* (*Cyperaceae peat*), dan tanaman hutan (*forest* atau *woody peat*);
- 4) Sifat kimia gambut, yaitu dihubungkan dengan pengaruhnya pada karakteristik kimia lingkungannya, terutama menyangkut tingkat kesuburan gambut, sehingga dikenal istilah *eutrophic* (kesuburan tinggi), *mesotrophic* (kesuburan sedang), dan *oligotrophic* (kesuburan rendah);
- 5) Sifat fisik gambut, yaitu dikaitkan dengan tingkat dekomposisi bahan gambut, seperti tingkat fibrik (apabila kandungan bahan organik $> 2/3$), hemik (jika kandungan bahan organik $1/3 - 2/3$), dan saprik (jika kandungan bahan organik $< 1/3$);
- 6) Proses genesis gambut: dihubungkan dengan iklim yang mempengaruhi pembentukan dan perkembangan gambut dan dikenal gambut tropis (*tropical peat*), dan gambut iklim sedang (*temperate peat*).

Di Indonesia, identifikasi gambut di lapang dapat dibedakan atas dasar ketebalan gambut, yaitu: tanah bergambut (apabila ketebalan gambut < 50 cm); gambut dangkal (ketebalan gambut 51-100 cm); gambut sedang (ketebalan gambut 10-200

cm); gambut sedikit dalam (ketebalan gambut 200-300 cm); dan gambut dalam (ketebalan gambut > 300 cm).

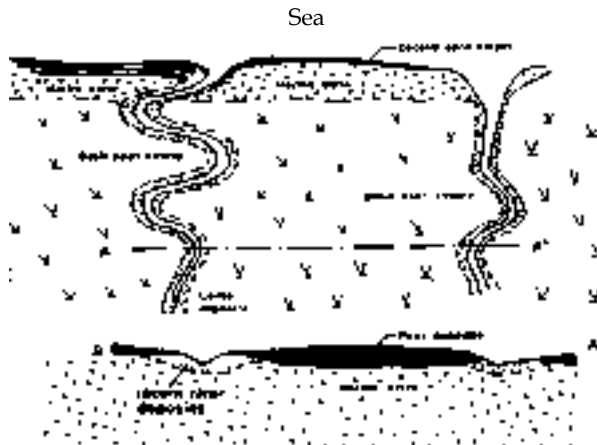
4.2. Klasifikasi Lingkungan Fisik

Belum ada sistem klasifikasi yang dapat mencirikan lingkungan fisik lahan gambut sebagai bantuan untuk pengembangan prosedur pengelolaan yang tepat dan metode pengendalian air. Salah satu metode umum untuk menggambarkan dan mengkarakterisasi lahan gambut dengan menggunakan pengaturan iklim dan geomorfologi. Meskipun metodologi tersebut tampaknya sesuai dengan tujuan kita, tetapi metodologi ini perlu disesuaikan dengan kondisi dimana rawa gambut ditemukan. Berdasarkan topografi dan geomorfologi, maka posisi rawa gambut dalam kaitannya dengan unit bentang lahan sekitarnya dapat dikelompokkan menjadi, yaitu rawa:

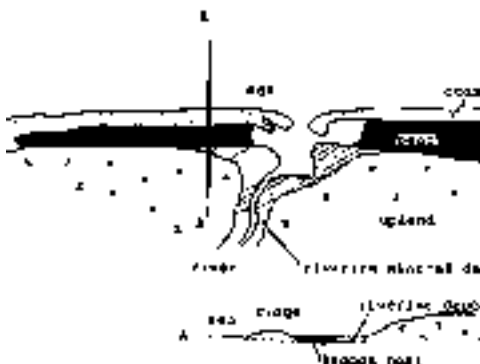
- 1) Gambut Delta (*Deltaic Peat Swamps*)
- 2) Gambut Cekungan Pesisir (*Coastal Basin Peat Swamps*, Gambar 8)
- 3) Gambut Laguna (*Lagoona Peat Swamps*, Gambar 9)
- 4) Gambut Lembah Pedalaman Kecil (*Small Inland Valley Peat Swamps*, Gambar 10)
- 5) Gambut Lembah Besar (*Major Valley Peat Swamps*)
- 6) Gambut Berkelok-Kelok (*Meander Bend Peat Swamps*)
- 7) Gambut Dataran Rendah Terisolasi (*Isolated Small Bottomland Peat Swamps*, Gambar 11)
- 8) Gambut Atol (*Atoll Peat Swamps*, Gambar 12).

Sketsa-sketsa berikut mengilustrasikan bagaimana pendekatan fisiografis bagaimana ekosistem rawa gambut berkembang. Wawasan rinci tentang kebutuhan drainase karena kondisi hidrologi seringkali dapat disimpulkan dari pengaturan fisiografis ini. Sketsa ini mampu untuk mengklasifikasikan

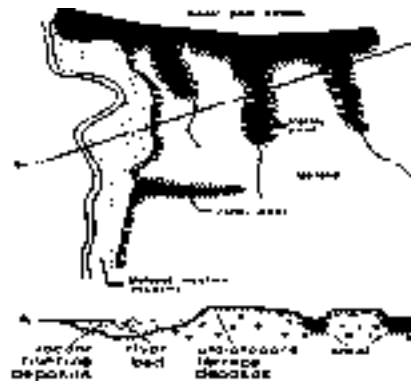
ekosistem rawa gambut secara terperinci (Gambar 8 sampai Gambar 12).



Gambar 8. Cekungan rawa gambut berbentuk kubah pesisir



Gambar 9. Rawa gambut laguna



Gambar 10. Rawa gambut lembah pedalaman kecil

Pada musim hujan, sebagian besar rawa gambut tergenang, seringkali sulit untuk menemukan saluran drainase alamiah (bukan buatan manusia). Oleh karena itu, survei topografi harus mencoba untuk menemukan jalur drainase alamiah ini, karena jalur tersebut dapat digunakan sebagai saluran keluar dalam rancangan drainase. Garis drainase alami yang ada biasanya menunjukkan keberadaan gambut dangkal setempat karena

4.3. Pendekatan Yang Direkomendasikan

Klasifikasi ideal yang dapat digunakan sebagai alat untuk manajemen harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- 1) Mendeskripsikan dan mengkarakterisasi bahan organik dan bentang lahan yang direklamasi secara memadai.
- 2) Menyediakan informasi yang cukup untuk menghasilkan rencana pengelolaan sumberdaya dan memungkinkan pro dan kontra teknis reklamasi ditimbang satu sama lain, sehingga mengarah pada keputusan yang seimbang.
- 3) Berikan wawasan tentang keterbatasan reklamasi, sehingga setiap kesulitan dalam pengelolaan tanah dan air dapat diramalkan dan dicegah secara memadai.

Kondisi klasifikasi lahan gambut masih belum ideal. Informasi dasar yang penting untuk mengembangkan sistem seperti itu masih kurang, dimana peneliti harus berusaha keras untuk menyusun dan memproses semua data yang relevan tentang lahan gambut dan lingkungannya. Sementara itu, seiring dengan perkembangan yang berlangsung, penting untuk menemukan cara untuk melayani kebutuhan saat ini.

Soil Taxonomy adalah salah satu dari beberapa skema klasifikasi lahan gambut. Ini adalah yang paling komprehensif dan prinsip-prinsip klasifikasi yang diterapkan tampaknya paling sesuai dengan tujuan kita. Legenda Peta Tanah dunia (FAO/Unesco, 1974) hanya membedakan satu kelompok tanah besar, yaitu Histosols, yang dibagi menjadi tiga subkelompok - Eutric Histosols (memiliki kesuburan tinggi), Dystric Histosols (memiliki kesuburan rendah) dan Gelic Histosols (memiliki lapisan es). Sistem ini, meskipun berguna untuk menunjukkan terjadinya dan distribusi lahan gambut yang luas pada basis regional, tidak cukup untuk menyediakan informasi penting

untuk pengelolaan. Oleh karena itu tidak dibahas lebih lanjut dan kami berkonsentrasi di sini pada sistem *Soil Taxonomy*.

4.4. *Soil Taxonomy* untuk Lahan Gambut

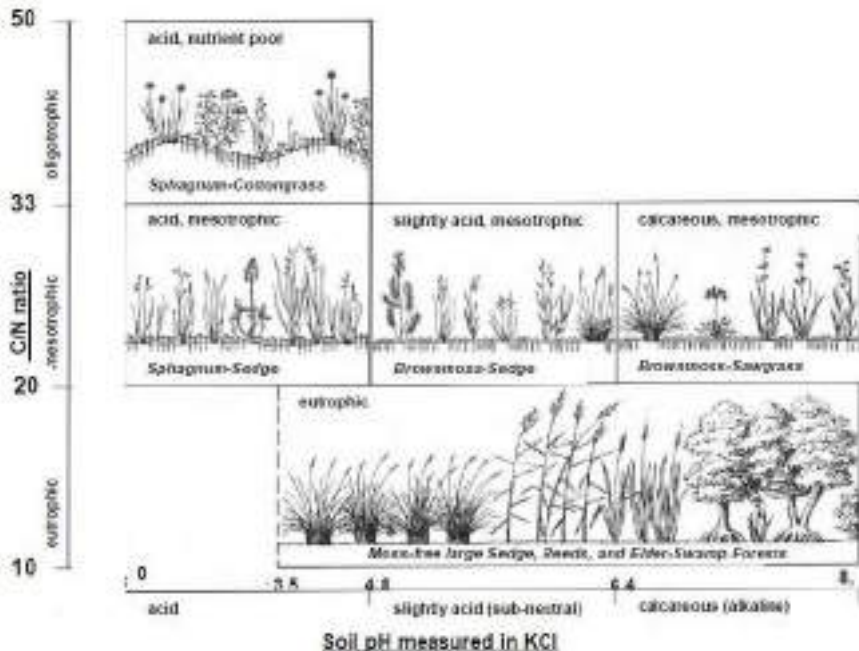
Soil Taxonomy bertujuan terutama untuk klasifikasi aspek agronomi dan keadaan kondisi saat ini. Oleh karena itu, *Soil Taxonomy* memisahkan lahan gambut menjadi dua Subkelompok berdasarkan vegetasi permukaan, yaitu lahan gambut dataran tinggi (hutan pegunungan) dan lahan gambut dataran rendah (hutan rawa gambut). Subkelompok ini selanjutnya dibedakan menjadi Famili dan Seri menurut jenis bahan organik, ketebalan bahan organik, kadar abu, muka air tanah, dan sifat substrat mineral.

Ordo Histosols (Greek, histos; jaringan) merupakan ordo lahan gambut yang selalu jenuh air dan anaerobik, kondisi ini menyebabkan produksi bahan organik melampaui mineralisasinya, terjadilah akumulasi bahan organik dengan kandungan C organik > 20 %) dengan ketebalan ≥ 50 cm.

Menurut *Soil Taxonomy* (2020) yang dimaksud dengan Histosols adalah tanah yang mengandung bahan organik dengan ketebalan minimum 40-60 cm, tergantung dari tingkat pelapukan (dekomposisi) bahan organiknya, atau jika bahan lahan gambut dengan ketebalan berapa pun bertumpu pada batuan atau bahan fragmen yang memiliki celah yang diisi dengan bahan organik. Kriteria kedua telah ditetapkan untuk memungkinkan masuk dalam Histosol dangkal di dataran tinggi yang tidak memiliki muka air. Definisi umum Histosol membutuhkan kualifikasi yang memadai dari istilah bahan organik.

4.4.1. Bahan Organik

Tiga macam bahan dasar lahan gambut dibedakan atas dasar derajat komposisi bahan asli vegetasi (pelapukan), yaitu bahan Fibrik, Hemik dan Saprik. Definisi ketiga jenis bahan tersebut terkait dengan kadar seratnya yang merupakan kriteria utama (Gambar 13).



Gambar 13. Deposit bahan organik dengan pH-KCl dan C/N ratio (Succow & Joosten, 2001)

Serat

Serat adalah fragmen jaringan tumbuhan, tidak termasuk akar hidup, cukup besar untuk tertahan pada saringan 100 mesh (bukaan berdiameter 0,15 mm). Jaringan harus mempertahankan struktur seluler yang dapat dikenali dari tumbuhan asli. Pengayakan dilakukan setelah dispersi dengan natrium heksametafosfat. Fragmen yang penampangnya lebih besar dari 2 cm, atau dalam dimensi terkecilnya, disebut serat hanya jika cukup terurai untuk dihancurkan dan dicabik dengan jari. Ini

tidak termasuk potongan kayu yang lebih besar dari 2 cm, yang dianggap sebagai fragmen kasar yang sebanding dengan kerikil dan batu di tanah mineral.

Derajat dekomposisi bahan organik ditunjukkan dengan kadar seratnya. Dalam bahan yang sangat terdekomposisi, serat hampir tidak ada. Bahan yang sedikit terurai memiliki lebih dari 50% volume serat, sisanya mungkin kayu. Bahan yang terdekomposisi sedang memiliki kadar serat yang tinggi tetapi mudah rusak dengan remasan tangan. Oleh karena itu, kadar serat yang tidak rusak saat diremas mampu memberikan perkiraan paling realistis terhadap tingkat dekomposisi.

Tabel 9. Karakteristik bahan organik menurut dekomposisinya

Parameter	Fibrik	Hemik	Saprik
Berat isi basah (gr cm ⁻³)	<0.1	0.07-0.18	>0.2
Kandungan serat	2/3 vol. sebelum diperas, 3/4% vol. setelah diperas	1/3-2/3% vol. sebelum diperas	< 1/3 vol. sebelum diperas
Kadar air jenuh (%, bahan kering oven)	850 - >3 000	450 - > 850	< 450
Warna	coklat kekuningan muda atau coklat kemerahan	coklat keabu-abuan tua sampai coklat kemerahan tua	abu-abu sangat gelap hingga hitam

Keterangan : Fibrik (L. fibra; fiber)

Sumber : Soil Taxonomy (2020)

Secara kuantitatif tiga bentuk karakteristik pelapukan (dekomposisi) bahan organik dirangkum dalam Tabel 9. Fibrik merupakan derajat pelapukan bahan organik permulaan, yang dicirikan oleh ¾ bagian volume bahan organik setelah diperas, masih berbentuk serat kasar. Hemik dicirikan oleh pelapukan menengah dimana 1/3 sampai 2/3 bagian volume sebelum diperas merupakan serat kasar. Saprik memiliki bagian volume

sebelum diperas hanya $< 1/3$. Pemerasan gambut di lapangan dengan meletakkan gambut basah di telapan tangan dan peras sekitar sepuluh kali dengan tekanan kuat.

Bahan-bahan tanah ini umumnya memiliki berat isi $< 0,1 \text{ gr cm}^{-3}$, kadar serat yang tidak diperas $> 2/3$ volume, dan kadar air, ketika jenuh, berkisar antara sekitar 850-3.000 % berat bahan kering oven. Warna gambut umumnya coklat kekuningan muda, coklat tua atau coklat kemerahan. Warna ekstrak natrium pirofosfat pada kertas kromatografi putih memiliki nilai kroma Munsell 7/2; 7/1; 8/3; 8/2; dan 8/1.

Hemik (Greek. hemi; setengah)

Bahan-bahan tanah ini memiliki tingkat dekomposisi sedang. Berat isi antara $0,07-0,18 \text{ gr cm}^{-3}$ dan kadar serat biasanya antara sepertiga dan dua pertiga volume sebelum diperas. Kadar air maksimum saat jenuh berkisar antara 450-850 %.

Saprik (Gk. sapos; busuk)

Bahan-bahan tanah ini adalah yang paling terdekomposisi. Berat isi $0,2 \text{ gr cm}^{-3} \geq$, dan kadar serat rata-rata kurang dari sepertiga volume sebelum diperas. Kadar air maksimum bila jenuh biasanya $< 450 \%$ atas dasar kering oven. Warna ekstrak natrium pirofosfat pada kertas kromatografi berada di bawah atau di sebelah kanan garis yang ditarik untuk mengecualikan blok 5/1, 6/2 dan 7/3 pada Bagan Warna Munsell.

Soil Taxonomy juga membedakan horizon tanah lainnya termasuk bahan limnik, yang meliputi bahan organik dan anorganik. Ini disimpan dalam air baik oleh curah hujan, melalui aksi organisme air seperti ganggang dan diatom, atau mereka berasal dari tumbuhan air bawah air dan mengambang. Mereka termasuk tanah koprogen (gambut sedimen), dan tanah diatom anorganik, dan napal. Keberadaan mereka tidak memainkan

peran penting dalam klasifikasi lahan gambut pada tingkat kategoris tinggi dan karena itu tidak dibahas lebih lanjut. Sebagian besar terjadi pada antar muka antara endapan organik sejati dan endapan mineral.

Karakteristik fisik penting gambut seperti retensi air, koefisien hasil air, dan konduktivitas hidrolis terkait dengan derajat dekomposisi yang diukur dengan kadar serat dan kerapatan curah. Perbedaan menjadi bahan Fibrik, Hemik dan Saprik telah diadopsi sebagai kriteria yang sangat penting untuk membagi Histosol ke dalam subordo Fibrists, Hemists dan Saprist (Tabel 10).

Tabel 10. *Great Group dan Sub Group yang sering dijumpai*

Order	Sub Order	Great Group	Sub Group
Histosols	Fibrists	Haplofibrists	Teric Haplofibrists
	Hemists	Haplohemists	Teric Haplohemists
	Saprist	Haplosaprist	Teric Haplosaprist

Sumber: Hasil pengamatan lapangan (2022).

4.4.2. Fibrists

Bahan-bahan ini terutama terdiri dari sisa-sisa tumbuhan yang sedikit terdekomposisi yang tidak hancur dengan perasan. Asal botani tumbuhan ini dapat dengan mudah dikenali dan terdiri dari kayu yang sebagian membusuk atau sisa-sisa lumut, rumput, sedges dan papirus, atau campuran keduanya. Fibrists cenderung memiliki berat isi terendah ($< 0,1 \text{ gr cm}^{-3}$) dan kadar abu terendah dari semua Histosol, meskipun ada beberapa pengecualian, misalnya yang ditemukan di dekat gunung berapi yang telah menerima jatuhnya abu.

Tidak semua Fibrist terjadi di daerah tropis. Fibrists adalah Histosol yang telah jenuh dengan air selama > 6 bulan dalam setahun atau dikeringkan secara artifisial (didrainase). Bahan gambut fibrik adalah (i) dominan di bagian organik bagian

kontrol jika ada lapisan mineral (atau lapisan) setebal ≥ 40 cm yang batas atasnya berada dibawah permukaan atau (ii) dominan di lapisan bawah permukaan jika ada tidak ada lapisan mineral setebal ≥ 40 cm yang batas atasnya berada pada lapisan tersebut. Fibrists tidak mengandung senyawa belerang yang batas atasnya berada dalam jarak 50 cm dari permukaan dan tidak memiliki bahan sulfida dalam jarak 1 m dari permukaan. Hanya kelompok besar Tropofibrists, Medifibrists dan Haplofibrists ditemukan di daerah tropis.

Dominan; dalam konteks ini, berarti yang paling melimpah. Jika hanya ada dua jenis bahan organik, bahan fibrik menempati setengah \geq dari volume. Jika ada bahan hemik dan saprik serta fibrik, bahan fibrik dapat menempati kurang dari setengah volume tetapi menempati volume yang lebih besar daripada bahan hemik atau saprik.

Tropofibrists

Ini adalah Fibrist dengan rezim suhu isomik atau lebih hangat. Tropofibrists memiliki suhu tanah tahunan rata-rata $\geq 8^{\circ}$ C dan memiliki perbedaan $> 5^{\circ}$ C antara suhu tanah rata-rata musim panas dan musim dingin pada kedalaman 30 cm. Tropofibrists terjadi di rawa bakau pesisir dan rawa pesisir lainnya dan di depresi tertutup daerah intertropis. Jika dikeringkan dan dibudidayakan, penurunan tanah akibat dekomposisi berlangsung cepat. Jika horizon sulfur muncul dalam jarak 50 cm dari permukaan atau bahan sulfida ditemukan dalam kedalaman 1 m, tanah dikeluarkan dari Tropofibrists, meskipun bahan organik mungkin dominan fibrik. Tropofibrists dikecualikan karena keasaman aktual atau potensial (kondisi asam sulfat) dianggap sebagai sifat yang paling penting dan Histosol dengan bahan tersebut pada kedalaman tersebut dikelompokkan dalam subordo Hemist.

Konsep sentral dari subkelompok Tipik Tropofibrists adalah tanah dengan bahan organik berserat yang tebal, kontinu. Lapisan tipis bahan mineral dapat membatasi pergerakan air secara drastis dan di mana lapisan tersebut terjadi, tanah dianggap sebagai intergrades ke Fluvaquents. Tanah dengan lapisan mineral tebal (tebal antara 5-30 cm) di dalam bahan organik atau dengan lebih dari satu lapisan tipis bahan mineral di bagian kontrol di bawah lapisan permukaan juga dikeluarkan dari Tropofibrists Tipik dan ditempatkan di subkelompok Fluvaquentic. Jika lapisan mineral setebal lebih dari 30 cm terjadi dengan batas atasnya di bagian kontrol di bawah lapisan permukaan, tanah tersebut ditempatkan dalam subkelompok Terric. Subkelompok lain dari Tropofibrists diakui adalah subkelompok Hemik, Hemik Terric, Hydric, Limnic, Lithic, Saprik dan Saprik Terric. Pengenalan mereka didasarkan pada adanya hemik, dan bahan limnik dan air di dalam bagian kontrol.

Medifibrists

Ini adalah Fibrist dari garis lintang tengah. Rezim suhu mereka adalah mesic, thermic atau hyperthermic. Mereka memiliki suhu tanah tahunan rata-rata, yaitu $\geq 8^{\circ}\text{C}$ dan suhu rata-rata musim panas dan musim dingin pada kedalaman 30 cm yang berbeda $\geq 5^{\circ}\text{C}$. Rezim kelembaban mereka adalah akuik 1 kecuali tanah telah dikeringkan. Jika tanah ini dikeringkan dan diolah dengan teknologi saat ini, bahan organik akan terurai dan menghilang baik secara perlahan atau cepat, tergantung pada pengelolaan dan suhu. Akhirnya, dalam beberapa dekade Medifibrists, jika dikeringkan dan dibudidayakan akan digantikan oleh tanah mineral. Rezim kelembaban air. Rezim kelembaban akuik (L. aqua; air) adalah rezim pereduksi yang

hampir bebas dari oksigen terlarut karena tanah jenuh air atau oleh air pinggiran kapiler.

Konsep sentral dari Typic Medifibrists adalah tanah yang memiliki bahan fibrik yang tebal dan kontinu dan sedikit atau tidak ada hambatan terhadap pergerakan air. Subkelompok lain dari Medifibrists dikenali menggunakan kriteria yang sama seperti yang digunakan untuk Tropofibrists.

Great group Haplofibrists ditemukan pada daerah lebak lebung, dengan kadar serat > 66 %, sehingga lahan gambut ini masih menampakkan bahan-bahan kasar, seperti kayu, cabang dan ranting kayu serta akar yang masih nyata dilihat. Ketebalan gambut bervariasi, tetapi pada umumnya < 6 m, sehingga dapat dikelompokkan menjadi sub group terric.

4.4.3. Hemists

Ini terutama Histosol di mana bahan organik telah cukup terurai sehingga asal botani sebanyak dua pertiga dari mereka tidak dapat dengan mudah ditentukan atau seratnya sebagian besar dapat dihancurkan dengan menggosok di antara jari-jari. Berat isi biasanya antara 0,1-0,2 gr cm⁻³. Hemists memiliki rezim kelembaban aquic atau peraquic 1, yaitu, air tanah berada pada atau sangat dekat dengan permukaan hampir sepanjang waktu kecuali jika drainase buatan telah disediakan. Tingkat air tanah dapat berfluktuasi tetapi jarang turun lebih dari beberapa sentimeter di bawah lapisan permukaan. Histosol yang memiliki horizon sulfur atau bahan sulfida dimasukkan ke dalam Hemist tanpa memperhatikan tahap dekomposisi bahan organik. Hemist disebut tanah rawa dalam sistem klasifikasi Amerika yang lebih tua.

Sangat umum, tingkat air tanah berfluktuasi dengan musim, tingkat tertinggi di musim hujan. Akan tetapi, ada air tanah yang selalu berada dekat dengan permukaan, misalnya

rawa pasang surut dan cekungan tertutup yang terkurung daratan yang dialiri oleh aliran sungai abadi. Rezim kelembaban di tanah ini disebut *peraquic*. Meskipun istilah tersebut tidak digunakan sebagai elemen formatif untuk nama taksa, namun digunakan dalam deskripsi mereka sebagai bantuan untuk memahami asal-usulnya. Subordo *hemists* memiliki lima kelompok, yaitu *Tropohemists*, *Medihemists*, *Sulfohemists*, *Sulfihemists*, dan *Haplohemists*.

Tropohemists

Hemists dari daerah intertropis. Mereka mungkin terjadi di rawa-rawa pantai atau di depresi tertutup. Mereka memiliki rezim suhu *isomesic* atau lebih hangat. Rata-rata suhu tanah tahunan, yaitu $\geq 8^{\circ}\text{C}$ dan jika ada perbedaan $< 5^{\circ}\text{C}$ antara suhu tanah rata-rata musim panas dan musim dingin pada kedalaman 30 cm. Tanah dengan bahan sulfida atau cakrawala belerang dikecualikan dan ditempatkan dalam kelompok besar lainnya (*Sulfo-* dan *Sulfihemists*). Pembagian *Tropohemists* menjadi subkelompok didasarkan pada kriteria yang sama dengan yang ditunjukkan untuk *Tropofibrists*. Subkelompok *hemik* dari *Tropofibrists*, bagaimanapun, digantikan oleh subkelompok *fibrik*.

Medihemists

Hemists dari pertengahan garis lintang dengan rezim suhu ditandai dengan suhu tanah tahunan rata-rata $\geq 8^{\circ}\text{C}$ dan rata-rata musim panas dan suhu tanah musim dingin rata-rata pada kedalaman 30 cm yang berbeda dengan $\geq 5^{\circ}\text{C}$. Rezim kelembaban mereka adalah *akuik* kecuali tanah telah dikeringkan secara artifisial. Bahan organiknya berasal dari tumbuhan berkayu atau herba atau campuran keduanya. Jika dikeringkan dan dibudidayakan, bahan organik terurai dan

menghilang untuk digantikan oleh tanah mineral di bawahnya setelah beberapa dekade. Tanah dengan horizon sulfur atau horizon sulfida dikeluarkan dari kelompok besar ini yang dibagi lagi dengan cara yang mirip dengan Medifibrists.

Sulfihemists

Ini dikenal sebagai tanah sulfat masam yang dominan organik karena memiliki bahan sulfida dalam kedalaman 1 m dan belum dikeringkan. Sulfihemists dapat memiliki kadar serat apa pun, tahap dekomposisi dikalahkan oleh kondisi asam sulfat potensial. Sulfihemists ditemukan di kawasan dekat pantai, delta dan muara sungai yang mampu membawa endapan dengan kadar karbonat rendah. Sampai saat ini satu-satunya subkelompok yang dikenali adalah Typic Sulfihemists yang merupakan tanah sulfat masam yang dominan organik.

Sulfihemists memiliki cakrawala belerang yang berkembang sebagai konsekuensi dari pengeringan bahan sulfida yang awalnya ada dalam endapan organik. Mereka sangat asam dan beracun bagi sebagian besar tumbuhan, warna sebagian besar hampir hitam dan memiliki bintik-bintik berwarna jerami dari besi sulfat (jarosit) dalam kedalaman 50 cm. Mereka terjadi dalam situasi topografi yang mirip dengan para Sulfihemists, tetapi dikeringkan, baik secara buatan atau alami jika mereka menempati dataran pantai tua. Mereka memiliki berbagai kadar serat dan kebanyakan dari mereka memiliki jumlah bahan mineral yang cukup besar di dalam bagian kontrol. Kehadiran cakrawala belerang adalah fitur utama mereka. Sulfohemists jarang dan sejauh ini diidentifikasi telah digolongkan sebagai Typic Sulfohemists, tidak ada subkelompok lain yang belum dikenali.

4.4.4. Sapristis

Subordo ini dicirikan oleh sisa-sisa tumbuhan yang hampir sepenuhnya membusuk, yang asal botaninya tidak dapat diamati secara langsung. Tanah biasanya berwarna hitam dan cenderung memiliki berat isi $> 0,2 \text{ gr cm}^{-3}$. Muka air tanah cenderung berfluktuasi di dalam tanah. Dekomposisi aerobik bahan asli maju. Saprist diklasifikasikan sebagai tanah rawa dalam klasifikasi Amerika sebelumnya.

Saprist adalah Histosol yang jenuh dengan air selama ≥ 6 bulan dalam setahun, atau memiliki drainase buatan dan memenuhi hal-hal berikut:

- 1) Bahan saprik dominan pada bagian organik bagian kontrol jika lapisan mineral setebal $\geq 40 \text{ cm}$, memiliki batas atas pada lapisan bawah permukaan.
- 2) Atau memiliki bahan saprik yang dominan pada lapisan bawah permukaan jika tidak ada lapisan mineral menerus setebal $\geq 40 \text{ cm}$ yang memiliki batas atasnya pada lapisan tersebut.
- 3) Tidak memiliki horizon belerang dengan batas atasnya dalam 50 cm atas atau bahan sulfida dalam kedalaman 1 m .

Kelompok besar yang relevan dengan penelitian kami adalah Troposapristis, Medisapristis, dan Haplosapristis. Perbedaan mendasar antara ini terutama rezim suhu seperti yang telah diuraikan untuk Fibrists dan Hemists. Cara kemunculannya sangat mirip dan pembagiannya ke dalam subkelompok didasarkan pada kriteria yang sama dengan yang digunakan untuk Tropofibrists, Medifibrists, dan Hemist yang dirujuk oleh pembaca.

Soil Taxonomy berulang kali menunjukkan bahwa Hemists dan Saprist akhirnya menghilang ketika dikeringkan. Hal ini juga terjadi pada Fibrist, melalui proses oksidasi dan penurunan yang

sama, tetapi dekomposisi tidak secanggih pada Hemists dan Saprist. Karena perbedaan suhu antara kelompok besar Medi dan Tropo, yang terakhir cenderung menghilang paling cepat.

Great group Haplosaprists adalah tanah gambut dengan kadar sera 33-66 %. Apabila tanah ini didrainase, maka gambut cepat terdekomposisi melalui proses oksidasi, sehingga lapisan gambut menjadi menipis dan menyusut. Apabila mengalami kekeringan akan terjadi subsidensi gambut, terbentuk pasir semu (*pseudo sand*) yang sangat peka terhadap erosi angin dan mudah terbakar. Oleh karena sifatnya yang tidak balik, maka pasir semu tersebut akan mengapung jika diairi dan sulit berfungsi sebagai media tanaman.

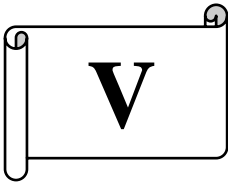
4.4.5. Folist

Subordo Folist adalah Histosol yang kurang lebih bebas dikeringkan yang terdiri dari cakrawala organik yang umumnya ditunjukkan sebagai serasah, di atas batu atau puing-puing batu.

4.4.6. Pengembangan *Soil Taxonomy* untuk Klasifikasi Gambut

Garis besar klasifikasi Histosol di atas bertujuan untuk merangsang penggunaan sistem di negara berkembang. Ini tidak berarti lengkap, jadi ada kebutuhan untuk memperluasnya. Kategori yang lebih rendah membutuhkan perhatian khusus untuk dikembangkan. Informasi rinci tentang karakteristik kimia, tentang sifat bagian mineral dari bahan organik, misalnya tekstur, harus digunakan untuk subdivisi lebih lanjut. Penggunaan parameter seperti tekstur mineral lapisan tanah, keberadaan besi, jenis bahan limnik, kedalaman gambut, reaksi tanah (pH) dan kelas suhu tanah untuk pemisahan di tingkat keluarga. Sifat-sifat seperti pH, kelas suhu, kedalaman dan tekstur tanah mineral di dalam dan/atau di bawah lapisan lahan

gambut pada tingkat seri. Harus ditekankan bahwa, menurut definisi, Histosol diizinkan untuk mengandung sejumlah besar bahan mineral dan untuk tujuan pengelolaan praktis, penting untuk menyadari perbedaan antara tanah tanpa bahan mineral dan tanah dengan, katakanlah 40% bahan mineral. Pada klasifikasi tingkat tinggi, perbedaan seperti itu tidak langsung terlihat. Pengetahuan tentang kedalaman dan sifat gambut di luar bagian kontrol 1,6 m dan bahan dasarnya sangat penting untuk memungkinkan prediksi perilaku tanah gambut pada drainase dan untuk memperkirakan umur sumber daya yang terbuang ini. Sistem lokal harus disesuaikan dengan persyaratan pengelolaan, termasuk pengendalian air, sehingga sistem tersebut harus memodifikasi dan melengkapi *Soil Taxonomy*.



SIFAT DAN CIRI BIOLOGI LAHAN GAMBUT

Dalam ekosistem gambut alami, hubungan antara tanah, vegetasi, tumbuhan, unsur hara, dan air merupakan dinamika alami. Vegetasi dan tumbuhan menyerap nutrisi dan air dari tanah untuk proses metabolisme dan memberikan input biomassa melalui serasah yang tertimbun di tanah berupa daun-daun tumbang, ranting dan dahan serta kayu yang membusuk. Akar vegetasi memberikan masukan bahan organik melalui sistem perakaran yang mati dan dari eksudat akar. Bahan organik di permukaan tanah dan di dalam tanah akan mengalami dekomposisi dan mineralisasi serta melepaskan unsur hara yang tersedia ke dalam tanah. Proses siklus hara ini diartikan sebagai suplai hara secara terus menerus (*continuous*). Pasokan hara secara terus menerus ini juga melibatkan masukan dari hasil pelapukan mineral tanah, aktivitas biota, dan transformasi lain di biosfer, litosfer, dan hidrosfer.

Ekosistem hutan gambut alami mempunyai siklus hara tertutup karena jumlah kehilangan hara dalam sistem ini lebih rendah dibandingkan dengan jumlah masukan hara yang diperoleh dari dekomposisi serasah atau dari penyerapan kembali hara di lapisan tanah (efisiensi tinggi dalam penggunaan nutrisi). Sementara itu, sistem pertanian memiliki siklus hara 'terbuka' yang tinggi karena memiliki kehilangan hara dalam jumlah besar.

Penyediaan unsur hara yang disebabkan oleh vegetasi yang berbeda dapat dilakukan dengan menganalisis tanaman

atau vegetasi yang dibudidayakan, profil tanah yang komprehensif dan analisis laboratorium. Analisis ini dapat menjadi pendekatan untuk gambaran umum potensi pasukan, kehilangan biomassa tanah dan nutrisi oleh vegetasi yang berbeda di lahan gambut. Dengan demikian dapat dijelaskan mengapa untuk jenis lahan gambut dan bahan induk yang sama, tetapi produktivitas tanaman budidaya khususnya di Sumatera Selatan berbeda.

5.1 Biodiversitas Lahan Gambut

Munculnya pemahaman data dan informasi yang minimal tentang lahan gambut dikarenakan oleh adanya pandangan awal (*mindset*) yang keliru dan menyesatkan tentang lahan gambut. Pada mulanya, penelitian mengenai lahan gambut dianggap sebagai suatu tindakan sia-sia dan membuang waktu saja, karena kelimpahan sumberdaya biodiversitas lahan gambut dianggap kurang bermanfaat. Pandangan seperti ini diperburuk oleh kondisi akses yang kurang memadai dan menyebabkan kesulitan dalam melakukan penelitian di kawasan lahan gambut. Selain itu, para pelaku industri dan investor lebih menyoroti lahan gambut sebagai konsesi penghasil kayu dan hasil hutan non-kayu, terutama sejak awal pertengahan abad 20.

Hasil penelitian berbagai ilmuwan telah berhasil mengungkapkan bahwa lahan gambut mempunyai biodiversitas yang unik dan spesifik, akan tetapi hal ini belum diteliti secara komprehensif dan menyeluruh. Berbagai spesies untuk angiosperma dan vertebrata atau berasosiasi kuat dengan lainnya pada ekosistem lahan gambut disajikan pada Tabel 11. Data ini belum lengkap disebabkan karena data yang tersedia hanya bersifat *sampling* dan masih banyak kawasan yang masih belum disurvei serta masih banyak spesies belum dikenal dan

belum dipahami. Semuanya ini menuntut peneliti dan ahli lingkungan semakin tertarik melakukan penelitian agar jangan terjadi penyesalan dikemudian hari apabila lahan gambut telah punah sebelum diketahui manfaatnya.

Tabel 11. Spesies terekam di lahan gambut Sumatera Selatan

Komponen	Terekam di lahan gambut	Terbatas di lahan
Tumbuhan	1.501	169
Mamalia	125	0
Burung	256	0
Reptilia	72	0
Amphibi	25	0
Ikan air tawar	210	75

Sumber: Data dikompilasi dari berbagai pustaka (2022).

1. Flora

Faktor-faktor pembatas utama perkembangan biodiversitas di lahan gambut adalah kemasaman tanah yang tinggi, kesuburan tanah yang rendah dan fluktuasi muka air tanah yang tidak teratur. Akan tetapi vegetasi pohon endemik lokal mampu beradaptasi dengan kondisi terbatas tersebut. Pada luasan 1 ha terdapat sekitar 30-50 spesies pohon endemik lokal dengan diameter lebih besar dari 10 cm. Jumlah tersebut masih lebih rendah dibandingkan hutan lahan kering di wilayah yang sama (70-230 spesies). Kemampuan biodiversitas untuk beradaptasi terhadap kondisi kemasaman tanah yang tinggi dan minimal nutrisi serta fluktuasi muka air tanah yang tidak teratur adalah sangat diperlukan bagi spesies endemik lokal untuk tumbuh di lahan gambut. Lahan gambut memiliki keunikan khusus, sehingga setiap flora yang tergolong endemik lokal atau endemik lahan kering perlu beradaptasi terhadap ketiga komponen faktor-faktor pembatas utama tersebut pada waktu yang bersamaan. Terdapat sekitar 10% tanaman yang terekam yang merupakan tanaman endemik lokal dari lahan gambut dan

sebagian besar (70%) dari spesies terbatas ini adalah berupa pohon, kemudian diikuti oleh semak belukar (20%) dan rumput-rumputan (10%).

Famili pohon yang telah beradaptasi terhadap kondisi lahan gambut adalah *genera dipterokarpa* dataran rendah yang selalu hijau ditemukan di lahan gambut. Tidak ada vegetasi lahan gambut yang tunggal, dan adanya heterogenitas ekologi dan floristik ini berarti bahwa setiap lahan gambut memiliki tingkat keragaman yang tinggi. Sebagian besar lahan gambut didominasi oleh *dipterokarpa* endemik *Shorea albida*, dan *Shorea balangeran*.

2. Fauna

Kandungan unsur hara lahan gambut ombrogenous yang rendah nutrisi berdampak pada produktivitas primer juga rendah dibandingkan dengan formasi hutan lainnya. Sebagai konsekuensi ini semua, maka lahan gambut akan menghasilkan biodiversitas dan kelimpahan fauna yang juga lebih rendah. Sampai saat sekarang belum ada studi sistematis tentang distribusi hewan yang dipengaruhi oleh komunitas fisik hutan, tetapi bukti lapangan menampilkan bahwa kelimpahan satwa liar yang lebih besar di hutan rawa campuran di pinggiran kubah lahan gambut.

Survei lapangan mengindikasikan bahwa ditemukan sekitar 20-30% dari semua spesies mamalia dan burung terekam dari ekosistem lahan gambut, demikian juga ditemukan bahwa 20% spesies ikan air tawar terwakili di lahan gambut. Selanjutnya proporsinya agak lebih rendah untuk ular (8-15%) dan amfibi (15-24%). Secara menyeluruh dapat dikatakan bahwa lahan gambut mampu menyediakan habitat bagi sebagian besar fauna endemik lokal.

Lahan gambut mampu mendukung spesies langka, spesifik, dan terancam punah, dengan telah ditemukan sekitar 41% mamalia dan 30% spesies burung yang memiliki status *Red list* yang hampir terancam, rentan, atau hampir punah. Lahan gambut juga penting untuk konservasi sejumlah spesies yang terancam punah dan telah dilindungi oleh undang-undang, misalnya spesies orangutan Sumatra (*Pongo abelii*), bekantan (*Nasalis larvatus*), lutung (*Presbytis chrysomelas*), kucing pipit (*Prionailurus planiceps*), macan dahan sunda (*Neofelis diardi*), kucing pualam (*Pardofelis marmorata*), buaya sinyulong (*Tomistoma schlegelii*) dan buaya muara (*Crocodylus porosus*); buaya siam (*Crocodylus siamensis*).

Spesies ikan adalah spesies yang memiliki tingkat endemisitas yang tertinggi di lahan gambut. Kawasan perairan lahan gambut memiliki jenis spesies dan biomassa yang tinggi, sekitar 31% spesies ikan air tawar mampu berasosiasi dengan lahan gambut. Dari sekitar lebih dari 210 spesies ikan yang telah teridentifikasi pada lahan gambut, sekitar 70 spesies ikan ditemukan pada ekosistem lahan gambut, dan 31 spesies ikan diantaranya adalah merupakan spesies endemik lokal yang hanya ditemukan di lahan gambut. Kajian spesies ikan lahan gambut secara komprehensif sedang diintensifkan dalam satu dua dekade terakhir, akan tetapi tindakan perusakan lahan gambut yang sedang berlangsung terus menerus telah membuat penelitian semacam itu tidak dapat dilakukan lagi. Saat ini, terdapat 15 spesies ikan lahan gambut yang masuk dalam *Red list* yang tergolong rentan, terancam punah, atau sangat terancam punah, 11 spesies ikan diantaranya tergolong endemik lokal.

Penelitian tentang invertebrata di lahan gambut kurang dikenal karena survei yang dilakukan biasanya singkat, tidak

komprehensif, dan tidak mengidentifikasi organisme hingga tingkat spesies. Tidak tampak serangga khusus pada lahan gambut, dan faunanya digambarkan miskin. Namun, invertebrata air, misalnya spesies krustasea rotifer dan dekapoda ditemukan terbatas. Distribusi udang *Macrobrachium* air tawar yang ditemukan di habitat lahan gambut masam ternyata sangat luas untuk spesies yang beradaptasi dengan habitat khusus seperti itu dan perlu dikaji lebih dalam.

5.2. Tanaman dan Vegetasi Alamiah

Berdasarkan hasil survei lapangan, sebagian besar tanaman yang ditanam tersebut dapat tumbuh di lahan gambut dan menuntut pemeliharaan yang lebih baik. Akan tetapi tidak semua tanaman yang ditanam itu tergolong tanaman endemik lahan gambut (hanya sekitar 54%), sebagian lainnya (46%) termasuk tanaman endemik lahan kering. Tanaman endemik lahan kering inilah yang memerlukan perawatan lebih intensif karena tanaman ini pada mulanya kurang sesuai untuk lahan gambut.

5.3. Tanaman dan Vegetasi Semak Belukar

Hasil survei lapangan dan interpretasi citra landsat, vegetasi alamiah yang menutupi sebagian besar didominasi oleh belidang (*Fimbristylis annua*), paku hurang (*Stenochlaena palustris*), perumpung (*Phragmites karka*), pulai (*Alstonia scholaris*), senduduk (*Melastoma malabathricum*), paku gambut (*Blechnum orientale*), dan paku laut (*Acrostichum aureum*). Kerusakan vegetasi yang terjadi pada hutan gambut menyebabkan terbentuknya hutan semak belukar, semak belukar rumput, dan gambut tanpa vegetasi karena terbakar. Tabel 12 menampilkan jenis tumbuhan pada vegetasi semak

belukar utan gambut dan tipe herba yang dominan adalah alang-alang (*Imperata cylindrica*).

Tabel 12. Komposisi jenis vegetasi semak belukar

No.	Nama Lokal dan Ilmiah	Bentuk Tumbuhan
1.	Belidang (<i>Fimbristylis annua</i>)	Herba
2.	Paku hurang (<i>Stenochlaena palustris</i>)	Semak
3.	Perumpung (<i>Phragmites karka</i>)	Semak
4.	Pulai (<i>Alstonia scholaris</i>)	Pohon
5.	Teki rambat (<i>Chloris barbata</i>)	Semak
6.	Belulang (<i>Eleusine indica</i>)	Herba
7.	Teki 1 (<i>Cyperus eragrostis</i>)	Semak
8.	Teki 2 (<i>Cyperus compressus</i>)	Semak
9.	Alang-alang (<i>Imperata cylindrica</i>)	Herba
10.	Senduduk (<i>Melastoma malabathricum</i>)	Semak
11.	Paku gambut (<i>Blechnum orientale</i>)	Semak
12.	Paku tali (<i>Lygodium circinatum</i>)	Semak
13.	Paku laut <i>Acrostichum aureum</i>	Semak
14.	Keladi liar (<i>Colocasia esculenta</i>)	Semak
15.	Serdang (<i>Pholidocarpus sumatrana</i>)	Pohon
16.	Sembung rambat (<i>Mikania micrantha</i>)	Semak
17.	Rumput pait (<i>Axonopus compressus</i>)	Herba
18.	Kucingan (<i>Mimosa invisa</i>)	Herba
19.	Sikejut semak (<i>Mimosa pigra</i>)	Herba
20.	Nipah (<i>Nipa fruticans</i>)	Pohon
21.	Pedado (<i>Sonneratia acida</i>)	Pohon

Sumber: Data Primer (2022).

5.4. Tanaman Budidaya di Lahan Gambut

Tanaman budidaya yang ditanam petani di lahan gambut, antara lain tanaman perkebunan, kehutanan, pohon buah-buahan, hortikultura, dan tanaman pangan. Sekitar 70% tanaman yang dibudidayakan di lahan gambut tidak mendukung keberlanjutan karena petani menanam spesies tanaman endemik lahan kering yang menuntut kondisi air tanah dalam (> 40 cm). Tanaman budidaya yang ditanam petani disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Tanaman endemik lahan gambut dan lahan kering

Nama tanaman	Tanaman endemik		Bentuk tanaman
	Gambut	Mineral	
Tanaman Perkebunan			
Akasia (<i>Acacia mangium</i> L.)		√	Pohon
Kelapa dalam (<i>Cocos nucifera</i> L.)		√	Pohon
Kelapa sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.)		√	Pohon
Karet (<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Agr.)		√	Pohon
Hutan/Pohon Hutan Bukan Kayu			
Jelutung (<i>Dyera costulata</i> (Miq.) Hook.f.)	√		Pohon
Meranti merah (<i>Shorea balangeran</i> Burck.)	√		Pohon
Ramin (<i>Gonystylus bancanus</i> (Miq.) Kurz.)	√		Pohon
Geronggang (<i>Cratoxylon arborescens</i> Blume)	√		Pohon
Pulai (<i>Alstonia scholaris</i> L.)	√		Pohon
Medang (<i>Litsea</i> spp. L.)	√		Pohon
Pelawan (<i>Tristaniopsis merguensis</i> Griff.)	√		Pohon
Tengkawang (<i>Shorea</i> spp. Burck)	√		Pohon
Gemor (<i>Nothaphoebe coriacea</i> Kosterm.)	√		Pohon
Petai (<i>Parkia speciosa</i> L.)		√	Pohon
Mahoni (<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.)		√	Pohon
Sengon (<i>Albizia chinensis</i> Merr)		√	Pohon
Pohon Buah-Buahan			
Alpukat (<i>Persea americana</i> Mill.)		√	Pohon
Pisang (<i>Musa paradisiaca</i> L.)		√	Semak
Jeruk (<i>Citrus sphaerocarpa</i> L.)		√	Semak
Durian (<i>Durio zibethinus</i> L.)		√	Pohon
Mangga (<i>Mangifera indica</i> L.)		√	Pohon
Nenas (<i>Ananas comosus</i> L.)		√	Semak
Rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i> L.)		√	Pohon
Tanaman Sayuran			
Cabai (<i>Capsicum annuum</i> L.)		√	Semak
Terong (<i>Solanum melogena</i> L.)		√	Semak
Jagung (<i>Zea mays</i> L.)		√	Semak
Bayam (<i>Amaranthus hybridus</i> L.)		√	Semak

Sumber: Hasil survei dan pengamatan lapangan (2022).

Lambat laun petani melakukan penyesuaian kondisi lahan gambut untuk sesuai dengan tanaman asli lahan kering ini. Tindakan seperti ini dikatakan suatu tindakan pemaksaan terhadap lahan gambut, pada akhirnya kawasan lahan gambut

menjadi kering karena kedalaman air tanah >40 cm. Kondisi lahan gambut yang kering akan memudahkan lahan gambut terbakar dan laju dekomposisi gambut dipercepat. Sekitar 30%, petani menanam tanaman endemik lahan gambut, misalnya Jelutung, Tengawang, Sagu, Balangeran, Geronggang, Medang, Pelawan, dan Gemor (Tabel 14).

Tabel 14. Komposisi tanaman budidaya pada lahan penduduk

No.	Nama Lokal dan Ilmiah	Bentuk Tumbuhan
1.	Padi (<i>Oryza sativa</i>)	Herba
2.	Jagung (<i>Zea mays</i>)	Herba
3.	Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)	Pohon
4.	Nipah gambut (<i>Melaleuca leucadendra</i>)	Pohon
5.	Pisang (<i>Musa paradisiaca</i>)	Pohon
6.	Kelapa (<i>Cocos nucifera</i>)	Pohon
7.	Kopi (<i>Coffea canephora</i>)	Pohon
8.	Nangka (<i>Artocarpus integra</i>)	Pohon
9.	Keluweh (<i>Artocarpus communis</i>)	Pohon
10.	Tangkil (<i>Gnetum gnemon</i>)	Pohon
11.	Petai (<i>Parkia speciosa</i>)	Pohon
12.	Jengkol (<i>Pithecelobium jiringa</i>)	Pohon
13.	Jambu mete (<i>Anacardium occidentale</i>)	Pohon
14.	Rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i>)	Pohon
15.	Sirsat (<i>Annona muricata</i>)	Pohon
16.	Pepaya (<i>Carica papaya</i>)	Pohon
17.	Pinus (<i>Pinus mercurii</i>)	Pohon
18.	Cemara laut (<i>Casuarina equisetifolia</i>)	Pohon
19.	Dadap (<i>Erythrina lithosperma</i>)	Pohon
20.	Kapuk (<i>Ceiba pentandra</i>)	Pohon
21.	Mahoni (<i>Swietenia mahagoni</i>)	Pohon
22.	Jambu biji (<i>Psidium guajava</i>)	Pohon
23.	Jambu air (<i>Syzygium aqueum</i>)	Pohon
24.	Duku (<i>Lansium domesticum</i>)	Pohon
25.	Rengas (<i>Gluta renghas</i>)	Pohon
26.	Albasia (<i>Albizia falcata</i>)	Pohon
27.	Ubi jalar (<i>Ipomoea batatas</i>)	Herba
28.	Ubi kayu (<i>Manihot utilissima</i>)	Semak
29.	Ubi karet (<i>Manihot glaziovii</i>)	Pohon
30.	Mengkudu (<i>Morinda citrifolia</i>)	Pohon
31.	Turi (<i>Sesbania grandifolia</i>)	Pohon
32.	Kenari (<i>Canarium commune</i>)	Pohon
33.	Kembang kertas (<i>Bougainvillea spectabilis</i>)	Semak
34.	Mangga (<i>Mangifera indica</i>)	Pohon
35.	Kemang (<i>Mangifera caesia</i>)	Pohon

36.	Jati (<i>Tectona grandis</i>)	Pohon
37.	Soka hias (<i>Ixora chinensis</i>)	Semak
38.	Akasia daun kriting (<i>Acacia auriculiformis</i>)	Pohon
39.	Akasia daun besar (<i>Acacia mangium</i>)	Pohon
40.	Kembang tali ayam (<i>Lantana camara</i>)	Semak
41.	Kenikir (<i>Tagetes erecta</i>)	Herba
42.	Kembang melati (<i>Jasminum sambac</i>)	Semak
43.	Sinyo nakal (<i>Duranta repens</i>)	Semak
44.	Petai cina (<i>Leucaena glauca</i>)	Pohon
45.	Belimbing manis (<i>Averrhoa carambola</i>)	Pohon
46.	Cermai (<i>Phyllanthus acidus</i>)	Pohon
47.	Katu (<i>Sauropus androgynus</i>)	Semak
48.	Kunyit (<i>Curcuma domestica</i>)	Herba
49.	Laos (<i>Alpinia galanga</i>)	Herba
50.	Beluntas (<i>Pluchea indica</i>)	Semak
51.	Cabai keriting (<i>Capsicum annum</i>)	Herba
52.	Cabai rawit (<i>Capsicum frutescens</i>)	Herba
53.	Timun (<i>Cucumis sativus</i>)	Herba
54.	Talas (<i>Colocasia esculenta</i>)	Herba
55.	Beringin (<i>Ficus benjamina</i>)	Pohon
56.	Bayam (<i>Amaranthus hybridus</i>)	Herba
57.	Karet (<i>Hevea brasiliensis</i>)	Pohon
58.	Bambu (<i>Bambusa vulgaris</i>)	Pohon
59.	Sungkai (<i>Peronema canescens</i>)	Pohon
60.	Ketapang (<i>Terminalia catappa</i>)	Pohon
61.	Ketepeng (<i>Cassia alata</i>)	Pohon
62.	Kiara payung (<i>Filicium decipiens</i>)	Pohon
63.	Kedondong (<i>Spondias pinnata</i>)	Pohon
64.	Durian (<i>Durio zibethinus</i>)	Pohon
65.	Pinang (<i>Areca catechu</i>)	Pohon
66.	Buah nona (<i>Annona reticulata</i>)	Pohon
67.	Sawo (<i>Manilkara kauki</i>)	Pohon
68.	Kacang panjang (<i>Vigna unguiculata</i>)	Herba
69.	Kangkung (<i>Ipomoea crassicaulis</i>)	Semak
70.	Kangkung (<i>Ipomoea aquatica</i>)	Herba
71.	Tebu (<i>Saccharum officinarum</i>)	Herba
72.	Waru (<i>Hibiscus tiliaceus</i>)	Pohon

Sumber: Data Primer (2022).

Keberadaan tanaman lebih digunakan sebagai tanda kepemilikan lahan. Semakin banyak tanaman yang ditanam, maka ganti rugi pembelian oleh investor semakin banyak karena perhitungan harga tanya juga mempertimbangkan tanam tumbuh yang ada di atas lahan tersebut.

Masyarakat luar desa berspekulasi dan menunggu apakah suatu saat lahan mereka dibeli oleh investor untuk perkebunan kelapa sawit atau HTI (Hutan Tanaman Industri), walaupun tanpa disadari, kegiatan spekulasi lahan gambut ini membahayakan dan mengancam kehidupan masyarakat desa dan lingkungan pada umumnya. Hal ini terbukti sampai saat sekarang konflik lahan gambut ditemukan dimana saja dan konflik kepemilikan lahan itu sifatnya berlapis-lapis, artinya sebidang lahan gambut dapat dimiliki oleh lebih dari dua orang.

5.5. Aktivitas Biologis (*Biological Activity*)

Aktivitas biologis lahan gambut berkaitan dengan jenis dan jumlah mikroorganisme yang ada. Mikroorganisme memainkan peran sangat penting dalam dekomposisi dan mineralisasi lahan gambut dan karena proses-proses ini tampaknya berkontribusi paling besar terhadap dekomposisi gambut setelah reklamasi dan drainase. Mikroorganisme di lahan gambut membagi tiga kelompok:

- 1) Organisme hadir selama proses dekomposisi deposit organik segar. Sebagian besar actinomycetes, jamur dan bakteri telah bertanggung jawab atas dekomposisi cepat bahan yang baru terakumulasi di permukaan tanah. Organisme ini berperan dalam degradasi selulosa, hemiselulosa dan beberapa protein. Tahap aerobik awal dalam pengembangan gambut diikuti oleh tahap anaerobik yang ditandai dengan adanya berbagai mikro-organisme.
- 2) Organisme yang berkembang dan tetap ada di gambut yang lebih dalam untuk sebagian besar waktu di mana gambut berada di bawah permukaan air tanah. Organisme ini menyukai kondisi anaerobik dan memperoleh oksigen yang mereka butuhkan dari bahan organik yang mereka oksidasi

dan dekomposisi. Mereka menghasilkan gas yang kaya akan H₂ (seperti metana) dan sulfida. Sebagian besar produk limbah berasal dari dekomposisi selulosa, protein dan senyawa organik kompleks lainnya.

- 3) Organisme yang menjadi aktif ketika gambut dikeringkan dan diangin-anginkan. Mereka dominan jamur, bakteri aerobik dan *actinomycetes* mirip dengan yang ada pada tahap awal yang menguraikan bahan organik yang tersisa, lignin, paling tahan terhadap degradasi.
- 4) Sekitar 50-75% dari penurunan gambut adalah hasil dari aktivitas mikroba. Suhu yang tinggi di daerah tropis, aktivitas mikroba meningkat secara substansial. Dimungkinkan untuk menilai secara kuantitatif jumlah bakteri yang ada di lahan gambut. Penghitungan untuk gambut berkapur tinggi, yang diambil sampelnya pada kedalaman 30-120 cm terdapat sekitar 350.000 dan 100.000 organisme per gram dan 32 juta hingga 1,6 juta pada kedalaman yang sesuai di gambut iklim sedang. Kedua angka ini menunjukkan penurunan dengan kedalaman. Hal ini tidak selalu seperti yang ditunjukkan oleh penghitungan di gambut berkapur rendah yang sebagian besar mengandung bakteri anaerob tahan asam. Tanah tersebut memiliki 100.000 organisme per gram di dekat permukaan dibandingkan dengan 2 juta pada kedalaman 240 cm. Kuantitas organisme, bagaimanapun, cenderung menurun dengan meningkatnya pH. *Azotobacter* (bakteri pengikat N) dan bakteri nitrifikasi dan pengurai selulosa tidak ada di gambut oligotrofik yang miskin kapur ini. Namun, *Azotobacter* dapat hadir pada nilai pH yang lebih tinggi yang biasanya ditemukan di gambut eutrofik.

5) Kedalaman gambut memiliki efek besar pada aktivitas mikroba. Secara umum ada perubahan yang cukup besar dengan oksidasi substrat, tetapi perubahan kontribusi masing-masing substrat untuk respirasi aerobik total lebih moderat. Sangat menarik bahwa, meskipun penurunan terukur dalam oksidasi aerobik diamati pada kedalaman yang dipelajari, respirasi aerobik yang cukup besar masih terjadi antara kedalaman 60-70 cm. Ini mendukung hipotesis bahwa aktivitas mikroba aerobik terjadi jauh lebih dalam di lahan gambut daripada di tanah mineral, mungkin sebagai akibat dari difusi oksigen yang lebih besar di lahan gambut. Ekstrapolasi yang menarik dapat dibuat dari data ini dengan membandingkan aktivitas mikroba pada berbagai kedalaman tanah dan pengaruh kedalaman muka air pada laju penurunan. Tingkat penurunan tanah tampaknya bervariasi secara linier dengan kedalaman muka air tanah, tetapi aktivitas mikroba menurun antara permukaan tanah dan kedalaman 60-70 cm. Namun laju penurunan tanah hampir sama pada setiap kedalaman tanah, meskipun aktivitas mikroba pada 60-70 cm hanya 40% dari aktivitas di permukaan. Perbandingan perubahan kepadatan massal dengan variasi aktivitas mikroba menyelesaikan perbedaan ini. Penanaman lahan gambut mempengaruhi tingkat oksidasi C secara keseluruhan. Hal ini terutama terjadi di bawah padang rumput yang menyumbangkan bahan organik segar ke tanah. Tanaman yang ditebang seperti tebu tidak menunjukkan efek seperti itu. Secara umum, pengendalian muka air tampaknya menjadi metode optimum untuk mengendalikan dekomposisi, dan penurunan lahan gambut.

VI

SIFAT DAN CIRI FISIK LAHAN GAMBUT

Kriteria baku kerusakan fisik lahan gambut secara terperinci disajikan pada Tabel 15. Kriteria ini harus disesuaikan dengan kondisi tempat dan waktu dan Tabel 16. menampilkan sifat dan ciri fisik lahan gambut Sumatera Selatan. Gambar 14. menampilkan pengeboran gambut pada berbagai tutupan lahan untuk menentukan berbagai sifat dan ciri fisik lahan gambut.



A: Pengeboran gambut



B: Penentuan ketebalan gambut



C: *Sampling* gambut



D: Gambut terbakar



E: Gambut dikelola



F: Gambut semak belukar

Sumber: Hasil analisis data lapangan dan laboratorium (2022).

Gambar 14. Pengeboran gambut pada berbagai tutupan lahan

Sifat dan ciri fisik lahan gambut tergantung pada komponen utama yang membentuk sistem lahan gambut, yaitu

bahan organik, bahan mineral, air dan udara. Susunan proporsi keempat komponen ini bersifat dinamis (tergantung waktu dan tempat) disebabkan reklamasi pemanfaatan lahan gambut. Secara komprehensif, maka harus dipertegas dalam penyajian hasil analisis sifat dan ciri fisik lahan gambut apakah dalam basis volume atau berat. Ada kecenderungan untuk menggunakan rasio volume untuk tujuan kepraktisan.

Tabel 15. Kriteria baku kerusakan fisik gambut

Parameter	Kerusakan yang terjadi	Metode
Berat isi (g cm ⁻³)	Pemadatan tanah; akar tidak berkembang; ketersediaan udara dan air berkurang	Ring sample gravimetri
Kadar air tersedia (%)	Kandungan air turun; kapasitas tanah menahan air berkurang; tanaman kekurangan air	Pressure plate gravimetri
Mengembang menyusut (%)	Kehilangan sifat mengembang dan menyusut; dan laju erosi meningkat	COLE
Permeabilitas (cm jam ⁻¹)	Kemampuan meloloskan air berkurang; dan ketersediaan air menurun	Permeameter
Porositas (%)	Porositas dan infiltrasi menurun; dan aliran permukaan meningkat	Metode perhitungan

Sumber: PP Nomor 4 Tahun 2001

Tabel 16. Beberapa sifat dan ciri fisik lahan gambut

Parameter fisik	Hutan	Semak belukar	Kelapa sawit
Muka air tanah (cm)	-31,05±2,53	-38,14±3,64	-52,26±4,13
Kandungan air (%)	850±55	470±65	360±65
Bahan organik (%)	96,90±3,65	87,64±4,74	85,74±4,99
Ketebalan gambut (m)	250±25	150±45	100±67
Kematangan gambut*/	Fabrik	Hemik	Saprik
Berat isi (g cm ⁻³)	0,06±0,02	0,10±0,03	0,12±0,04
Porositas total (%)	89,23±1,21	87,56±1,20	84,21±1,34
Daya menahan beban (N cm ⁻²)	31,40±1,83	34,54±1,67	36,53±1,97
Konduktivitas hidrolik (cm jam ⁻¹)	37,32±2,36	28,52±2,32	12,91±2,87

Keterangan:*/ Fabrik (mentah), hemik (setengah matang), saprik (matang)

Sumber : Hasil analisis data lapangan dan laboratorium (2022).

Sifat dan ciri fisik lahan gambut yang umum dibahas apabila lahan gambut dijadikan lahan pertanian adalah sebagai berikut:

- 1) Kematangan dan Warna Gambut (*Peat Maturity and Colors*)
- 2) Ketebalan Gambut (*Peat Thickness*)
- 3) Ketersediaan Air (*Water Availability*)
- 4) Kapasitas Menahan Air (*Water Holding Capacity*)
- 5) Konduktivitas Hidrolik (*Hydraulic Conductivity; Permeability*)
- 6) Berat Isi (*Bulk Density*)
- 7) Porositas (*Porosity*)

Lahan gambut yang telah diolah (misalnya ditanami kelapa sawit) mengalami penurunan parameter muka air tanah; kandungan air; bahan organik; ketebalan gambut; porositas total; dan konduktivitas hidrolik. Parameter lahan gambut yang mengalami kenaikan setelah diolah, antara lain: kematangan gambut; berat isi; dan daya menahan beban.

6.1. Kematangan dan Warna Gambut (*Peat Maturity and Colors*)

Kematangan lahan gambut diartikan sebagai tingkat pelapukan bahan organik yang menjadi komponen utama dari lahan gambut. Informasi tentang tingkat kematangan berkaitan dengan tingkat dekomposisi lahan gambut. Semakin terdekomposisi lahan gambut, maka lahan gambut akan semakin matang. Terdapat hubungan yang erat antara efek kronologis pengeringan lahan gambut terhadap laju oksidasi biokimia. Hubungan ini dapat digunakan untuk memprediksi dampak akibat perubahan penggunaan lahan dan gangguan lahan gambut. Kelalaian dalam memahami kematangan lahan gambut ini dapat menghalangi upaya akurat untuk

memprediksi dampak potensial dari modifikasi fisik apa pun terhadap ekosistem lahan gambut.

Kematangan lahan gambut akan menentukan tingkat produktivitasnya karena sangat berpengaruh terhadap tingkat kesuburan dan ketersediaan hara. Ketersediaan hara dan struktur pada lahan gambut yang matang lebih tinggi dan lebih baik dibandingkan lahan gambut mentah, sehingga lebih menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman (Tabel 17).

Tabel 17. Warna dan kematangan gambut

A (Gambut terbakar)				
Jarak dari kanal (m)	Kedalaman (cm)	Warna gambut	Keterangan	Tingkat Kematangan
2	0-20	10 YR 2/1	Hitam	Saprik
	20-100	10 YR 3/4	Coklat kehitaman	Fibrik
15	0-35	10 YR 2/1	Hitam	Saprik
	35-100	10 YR 3/4	Coklat kehitaman	Hemik
25	0-45	10 YR 2/1	Hitam	Saprik
	45-100	10 YR 2/2	Coklat kehitaman	hemik
B (Gambut dikelola)				
2	0-60	10 YR 2/2	Coklat kehitaman	Saprik
	60-100	10 YR 3/4	Coklat kehitaman	Hemik
15	0-50	10 YR 2/1	Hitam	Saprik
	50-100	10 YR 2/2	Coklat kehitaman	Hemik
25	0-30	10 YR 2/1	Hitam	Saprik
	30-100	10 YR 2/2	Coklat kehitaman	Hemik
C (Gambut semak belukar)				
2	0-50	10 YR 2/1	Hitam	Saprik
	50-100	10 YR 2/2	Coklat kehitaman	Hemik
15	0-20	10 YR 2/2	Coklat kehitaman	Saprik
	20-40	10 YR 3/4	Coklat kekuningan	Saprik
	40-85	10 YR 2/2	Coklat kehitaman	Hemik
	85-100	10 YR 3/4	Coklat kekuningan	Hemik
25	0-35	10 YR 3/1	Abu abu sangat gelap	Saprik
	35-100	10 YR 2/2	Coklat kehitaman	Hemik

Sumber: Hasil analisis data lapangan dan laboratorium (2022).

Hemik adalah gambut setengah lapuk dan sebagian bahan induknya masih bisa dikenali dan berwarna cokelat serta bisa diremas (genggaman tangan) dan bahan seratnya berkisar 15-75%. Berdasarkan pengambilan sampel profil gambut sedalam 100 cm, yaitu mendapatkan hasil sebagai berikut: pada kedalaman 0-20 cm didapatkan tingkat kematangan saprik (matang), lalu pada kedalaman 20-50 cm ditemukan kematangan hemik dan pada kedalaman 50-100 cm didapatkan kematangan fibrik (belum matang). Tingkat kematangan rata-rata pada kedalaman 0-45 cm adalah saprik, sedangkan pada kedalaman 45-100 cm adalah kematangan hemik. Timbulnya perbedaan kematangan ini dikarenakan gambut permukaan cepat melapuk.

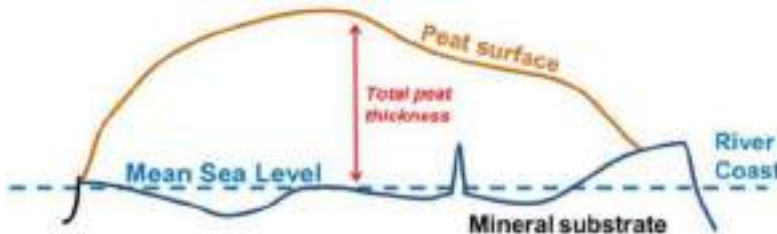
Pada umumnya lahan gambut memiliki nilai value 2-3 pada *Munsell color charts*, semakin ke permukaan, maka nilai *value* nya semakin rendah. Oleh karena itu, gambut permukaan berwarna lebih gelap karena bahan organik yang terlapuk intensif (terbakar) terjadi pada lapisan < 50 cm, sehingga warna yang terlihat lebih pekat adalah pada gambut lapisan atas, pada kedalaman > 50 cm ke bawah warna gambut sama seperti aslinya yang tidak dipengaruhi oleh kebakaran gambut dan nilai *value* nya ≥ 3 . Nilai *chroma* bervariasi antara 1-4, semakin tinggi pengaruh air, maka nilai *chroma* nya semakin rendah. Lahan gambut permukaan (lapisan atas) memiliki nilai *chroma* ≥ 4 . Tingginya nilai *chroma* ini dipengaruhi oleh oksidasi yang tinggi di lapisan gambut permukaan (Tabel 17).

6.2. Ketebalan Gambut (*Peat Thickness*)

Ketebalan gambut sangat bervariasi, maka lebih banyak pengukuran ketebalan gambut akan menjadi lebih baik, sehingga ketebalan sampai kriteria akurasi tertentu terpenuhi.

Akan tetapi dimana dasar gambut dalam (gambut tebal $\geq 3,5$ m), maka perlu dipertimbangkan apakah akurasi tinggi dalam pemetaan ketebalan gambut diperlukan karena gambut ini diperkirakan akan berada secara permanen di bawah permukaan air karena kenaikan permukaan laut. Oleh karena itu, lahan gambut dataran rendah ini tidak menghasilkan emisi karbon yang substansial di masa depan, meskipun ada potensi emisi karbon ke atmosfer dari lahan gambut pesisir yang tergenang.

Lahan gambut di pantai Timur Sumatera ternyata memerlukan pengukuran dengan akurasi lebih tinggi, peta ketebalan gambut terus dapat diperbaiki dengan mengumpulkan data tambahan. Pemetaan ketebalan gambut dangkal membutuhkan banyak data tanah atau mungkin metode geofisika, misalnya radar penembus tanah (*Ground-Penetrating Radar*, GPR) dan pencitraan resistivitas listrik, tetapi perlu diingat bahwa intrusi air laut (air garam) dapat melemahkan sinyal GPR. Ilustrasi bagaimana ketebalan gambut ditentukan sebagai perbedaan antara permukaan gambut dan kedalaman dasar gambut (permukaan dengan substrat mineral) disajikan pada Gambar 15.



Gambar 15. Ilustrasi bagaimana mengukur ketebalan gambut

Hubungan produksi padi dengan ketebalan gambut disajikan pada Tabel 18, ternyata semakin tebal gambut, maka produksi padi semakin menurun. Ketebalan gambut yang masih

ideal untuk produksi padi adalah 20-40 cm, semakin tebal gambut, maka produksi padi semakin menurun. Pada ketebalan gambut 1,00-2,50 m tergolong sesuai marginal (*marginally suitable*, S3) untuk tanaman kelapa sawit dan karet, sedangkan ketebalan gambut $\leq 1,00$ m termasuk klas S2 sesuai sedang (*moderately suitable*). Ketebalan gambut $\geq 3,00$ m hanya diperuntukkan untuk konservasi (Keputusan Presiden No 32, 1990).

Kedalaman gambut berkisar antara 1,00-7,50 m yang didominasi oleh tumbuhan Dikotil dan Monokotil serta *Unidentified Organic matter* (UOM). UOM yang rendah hingga sedang pada lapisan permukaan gambut dan semakin meningkat pada lapisan gambut yang lebih dalam. Nilai UOM umumnya tinggi pada kedalaman $> 2,50$ m. Pola perubahan komposisi vegetasi dan tingkat dekomposisi gambut, dicerminkan oleh hasil pengeboran lahan gambut di Sumatera Selatan.

Tabel 18. Produksi padi dan ketebalan gambut

Ketebalam gambut (cm)	Produksi padi (GKG ton ha ⁻¹)	Ketebalam gambut (cm)	Produksi padi (GKG ton ha ⁻¹)
0-20	1,50-2,50	0-30	3,80-4,80
20-40	2,55-3,30	30-60	4,10-5,50
40-60	3,30-4,50	60-90	3,10-4,10
60-100	1,00-1,45	90-100	2,20-3,00
>100	< 1,00	> 100	< 2,00

Keterangan: GKG (Gabah Kering Giling)

Sumber: Hasil pengamatan lapangan dan wawancara dengan petani (2022).

6.3. Ketersediaan Air (*Water Availability*)

Cekaman kurang air bagi tanaman pada lahan gambut terjadi karena daya kenaikan kapiler lahan gambut sangat rendah, oleh karena itu dalam usaha drainase perlu diperhatikan kedalaman perakaran tanaman yang diusahakan. Apabila muka

air tanah turun sampai jauh di bawah zona daerah perakaran, maka akar tanaman tidak dapat menyerap air dan tanaman mengalami cekaman (*stress*) kurang air.

Jumlah air yang mampu di retensi oleh tanah sangat penting bagi pengelolaan usaha pertanian. Secara umum, air yang dapat digunakan untuk tanaman (air tersedia bagi tanaman) adalah antara kapasitas lapang (*field capacity*) pada pF 2,2 (0,33 bar) dengan titik layu permanen (*permanent wilting point*) pada pF 4,2 (15 bar). Nilai pF adalah logaritma dari ketinggian air dalam sentimeter. Meskipun secara teoritis perbedaan antara 0.33 bar (pF 2,2) dan 15 bar (pF 4,2) seharusnya memberikan indikasi jumlah air yang tersedia untuk tanaman, akan tetapi dalam prakteknya di bawah kondisi lapangan, kuantitas air di lahan gambut yang tersedia untuk tanaman menjadi jauh lebih sedikit.

Untuk tujuan pengelolaan air yang tersedia untuk tanaman, ada dua sifat yang membedakan tanah mineral dan lahan gambut. Pertama, volume partikel padat di lahan gambut jauh lebih sedikit daripada di tanah mineral dan kedua jumlah air yang ditahan pada tegangan sangat rendah jauh lebih besar untuk lahan gambut daripada untuk tanah mineral. Produktivitas menurun tajam karena simpanan air yang tersedia turun di bawah 30% dari air maksimum yang tersedia. Tegangan pada kadar air ini sekitar 5 bar.

Irigasi sprinkler diperlukan untuk menanam sayuran untuk menjaga lapisan permukaan tetap lembab di musim kemarau. Ini mencegah dimulainya pengeringan tidak balik dan sebagian memperbaiki kekurangan kelembaban, meskipun muka air tanah hanya pada kedalaman 30 cm. Namun, ini jelas menunjukkan bahwa ketersediaan air dan aksi kapiler di lahan gambut dan tanah mineral tidak dapat dibandingkan secara

langsung. Banyak pekerjaan lapangan yang masih perlu dilakukan mengenai ketersediaan air yang tertahan pada tegangan rendah dan sifat pinggiran kapiler di atas permukaan air.

Air tersedia dipengaruhi oleh ketinggian muka air tanah. Tinggi muka air tanah sangat dipengaruhi oleh adanya sentuhan tangan manusia pada lahan gambut, biasanya muka air tanah semakin sulit diatur dan semakin dalam dengan adanya sentuhan tangan manusia. Hal ini disebabkan pada umumnya tanaman tidak menyukai muka air tanah yang dangkal, oleh karena itu dilakukan tindakan drainase untuk menurunkan muka air tanah. Seringkali terjadi bahwa saluran drainase yang dibuat terlalu dalam, sehingga memicu drainase berlebihan (*overdrained*), akibatnya lahan gambut mengalami banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau.

6.4. Kapasitas Menahan Air (*Water Holding Capacity*)

Pengetahuan tentang hubungan kelembaban dan drainase di lahan gambut sangat penting terutama untuk pertimbangan ketersediaan air bagi tanaman. Kelembaban lahan gambut mencakup pembahasan tentang retensi air, ketersediaan air, kapasitas menahan air dan permeabilitas. Gambut fibrik mengandung sedikit air dibandingkan dengan gambut saprik (Tabel 19).

Kapasitas menahan air (kelembaban maksimum) adalah jumlah air yang ditahan tanah melawan gravitasi, berdasarkan berat kering oven pada 105°C. Ini dapat didefinisikan sebagai jumlah air yang ditahan oleh tanah sebagai fungsi dari ketinggian tanah di atas permukaan. Kesetaraan kelembaban ditentukan dengan menempatkan tanah di dalam kotak berlubang dan disentrifugasi dengan gaya 1.000 kali gravitasi

selama 40 menit. Kadar air dalam gambut fibrik selalu tampak lebih tinggi daripada gambut saprik.

Tabel 19. Kapasitas menyerap dan menahan air dari gambut

Kapasitas menyerap dan menahan air	Fibrik	Hemik	Saprik
Kapasitas menahan air maksimum (%)	1057	374	289
Equivalent air (%)	166	112	110
Air yang dibutuhkan untuk menjenuhkan 100 cm bahan kering (g)	101	91	99
Air yang dibutuhkan untuk equivalent air 100 cm ³ dari bahan kering (g)	16	27	38
Berat 100 cm ³ dari bahan kering (g)	11	27	39

Sumber: Dimodifikasi dari Farnham and Finney (1965)

Tabel 19. menunjukkan perbedaan yang jelas tergantung pada tingkat dekomposisi. Ada banyak kebingungan tentang nilai retensi kelembaban yang dinyatakan dalam beberapa cara: sebagai persen (%) berdasarkan volume; sebagai persen (%) dari berat kering berlebih; atau sebagai persen (%) dari berat basah. Tidak hanya perlu untuk menyatakan kadar air lahan gambut berdasarkan volume karena berat isinya yang bervariasi, tetapi karena pengurangan volume yang terjadi pada pengeringan, kadar air juga harus dinyatakan pada basis volume basah seperti yang diambil di lapangan. Sebagai contoh, kadar air pada horizon fibrik pada semua hisapan, bila dinyatakan dalam basis kering oven, lebih besar dari pada horizon mesik. Ini pada gilirannya lebih besar daripada bahan saprik. Bahan tanah mineral biasanya mengandung air yang jauh lebih sedikit daripada bahan organik sama sekali. Namun, dengan menggunakan kadar air yang sama, dinyatakan berdasarkan volume (jumlah air yang hilang dinyatakan sebagai volume air per satuan volume tanah dalam jumlah besar) horizon fibrik tampaknya mengandung paling sedikit dan bahan saprik sebagian besar dari semua bahan organik. Tanah mineral

mungkin akan mengandung volume air yang besarnya sama dengan gambut pada tegangan yang lebih tinggi (Tabel 20).

Tabel 20. Kadar air (% , berat kering) dan kematangan gambut

Parameter	<i>Sphagnum</i>	Fibrik	Hemik	Saprik
Berat gambut (g liter ⁻¹)	85	165	245	310
Kandungan air (g liter ⁻¹)	940	1.100	840	700
Total berat (g liter ⁻¹)	1020	1060	1080	1100
Kandungan air (% berat basah)	95	86	80	76
Kandungan air (% berat kering)	975	560	345	245

Sumber: Hasil analisis data lapangan dan laboratorium (2022).

Komponen gambut yang berbeda tentu berkontribusi pada kapasitas menahan air di berbagai tingkatan. Masing-masing jenis gambut memberikan karakteristik unik sehubungan dengan saturasi, kapasitas lapang, dan jumlah air yang ditahan. Misalnya, komponen dengan partikel dan pori yang lebih kecil dan lebih halus, seperti lumut *Sphagnum* mampu menahan lebih banyak air. Sebaliknya, yang memiliki partikel lebih besar dan lebih kasar, seperti kulit kayu dan kayu mampu menahan lebih sedikit air. Persentase masing-masing komponen yang membentuk campuran akan menentukan durasi kapasitas lapangan. Hasil penelitian atas dasar berat kering gambut, ternyata gambut fibrik (> 70% gambut fibrik), mampu mempertahankan karakteristik fisik, yaitu porositas total sekitar 90%, kapasitas lapang 78%, ruang udara 12%, dan berat isi 0.10 g cm⁻³. Pada gambut saprik (70% gambut saprik), mampu mempertahankan karakteristik fisik, yaitu porositas total 85%, kapasitas lapang 71%, ruang udara 16%, dan berat isi 0,13 g cm⁻³, sehingga dapat disimpulkan bahwa atas dasar berat kering gambut, maka berat air yang ditahan gambut fibrik sekitar dua kali lebih banyak daripada yang ditahan gambut saprik.

Gambut memiliki daya menahan air yang sangat besar, dalam kondisi jenuh, maka kandungan air gambut mencapai 5-30% berat kering gambut. Sifat retensi air gambut sesuai tingkat dekomposisinya serta pada tegangan yang berbeda seperti terlihat pada Tabel 21. Pada bentang lahan gambut dimana terdapat kubah gambut (*peat dome*), akan menjadi reservoir air yang sangat efisien. Atas dasar tingkat dekomposisi lahan gambut, maka gambut fibrik mempunyai kandungan air sebesar 1.000-3.000% setiap bahan kering oven, gambut hemik sebesar 750-850%, dan gambut saprik sebesar $\leq 750\%$.

Tabel 21. Retensi air atas dasar kematangan gambut

Tegangan (Bar)	Fibrik*/	Hemik	Saprik
1/10	600±40,40	195±21,67	170±22,45
1/3 (pF 2,2)	380±19,23	150±14,11	140±13,33
15 (pF 4,2)	65±10,42	83±11,38	100±12,78

Keterangan: Kandungan bahan organik didalam fibrik ($> 2/3$); hemik ($1/3 - 2/3$), dan saprik ($< 1/3$).

Sumber : Hasil analisis data lapangan dan laboratorium (2022).

Kandungan air sangat dipengaruhi oleh keberadaan bahan organik, semakin tinggi kandungan bahan organik, maka kandungan air juga semakin tinggi karena rongga antara partikel organik memiliki kapasitas tinggi untuk menjebak air, sehingga menghasilkan kandungan air lahan gambut yang tinggi. Air yang terkandung dalam lahan gambut bisa mencapai 360-850% dari bobot keringnya, jauh lebih tinggi dibanding dengan tanah mineral yang kemampuan menyerap airnya hanya berkisar 20-35% bobot keringnya. Ini artinya lahan gambut mampu menyerap air 3,6-8,5 kali dari bobotnya.

Jumlah air yang ditahan gambut merupakan fungsi dari tinggi air tanah (dinyatakan dalam berat air per satuan berat kering gambut). Kapasitas menahan air lahan gambut berbeda-

beda, tergantung pada tingkat dekomposisinya. Tiga tahapan yang diterapkan untuk menentukan kapasitas menahan air, yaitu saturasi, kapasitas lapang, dan titik layu permanen. Pada saturasi, sebagian besar pori-pori penuh dengan air selama irigasi. Air gravitasi mengalir dari pori-pori makro karena gravitasi, dan pori-pori ini terisi kembali dengan udara. Pada kapasitas lapang, maka air gravitasi telah terkuras, dan media berisi air yang tersedia untuk pertumbuhan tanaman. Aksi kapiler memungkinkan mikropori untuk menahan air. Pada titik layu permanen, tidak ada lagi air yang tersedia untuk tanaman dan sebagian besar tanaman layu dan gagal memulihkan turgor saat diairi. Semua air antara kapasitas lapang dan titik layu permanen adalah kisaran air tersedia dan bisa diserap oleh pertumbuhan tanaman.

6.5. Konduktivitas Hidrolik (*Hydraulic Conductivity; Permeability*)

Konduktivitas hidrolik lahan gambut dipengaruhi berbagai faktor, antara lain jenis lahan gambut, tingkat dekomposisi dan berat isi. Konduktivitas hidrolik sangat cepat pada arah horizontal, tetapi sangat lambat pada arah vertikal. Hal ini disebabkan karena adanya air bawah tanah yang menghambat gerakan air vertikal. Secara umum dapat disimpulkan bahwa gambut fibrik mempunyai konduktivitas hidrolik sangat cepat, sebaliknya pada gambut saprik (terdekomposisi sempurna), pergerakan airnya sangat lambat dengan menurunnya ruang pori lahan gambut dan besarnya retensi air pada bahan saprik.

Gambut saprik memiliki konduktivitas vertikal (permeabilitas) yang rendah ($0,36-0,036 \text{ cm jam}^{-1}$), yang lebih kecil daripada banyak tanah bertekstur halus, tetapi konduktivitas hidrolik horizontal yang cepat. Secara umum,

gambut berserat memiliki laju pergerakan air yang moderat sementara gambut saprik memiliki nilai yang rendah. Jika kecepatan $< 0,36 \text{ cm jam}^{-1}$ (terlalu lambat), maka kurang menguntungkan untuk keberhasilan produktivitas pertanian. Laju konduktivitas hidrolis horizontal lebih cepat dari pada laju vertikal jika profil memiliki lapisan tanah bawah yang terdekomposisi. Jika gerakan vertikal air lebih besar dari pada gerakan horizontal, hal ini disebabkan oleh keberadaan akar rumput umumnya vertikal.

Gambut fibrik memiliki konduktivitas hidrolis yang tinggi, dan berkurang seiring dengan dekomposisi gambut. Penurunan ruang pori dan retensi air yang tinggi dalam mengembangkan bahan saprik sangat mempengaruhi konduktivitas hidrolis. Perubahan bertahap dalam konduktivitas hidrolis diharapkan dalam penguraian gambut setelah reklamasi. Konduktivitas hidrolis gambut dikendalikan oleh beberapa faktor yang paling penting adalah porositas, derajat dekomposisi dan berat isi yang keduanya secara tidak langsung berhubungan dengan porositas. Bahan fibrik saja memiliki berat isi yang rendah serta pori-pori yang besar. Nilai konduktivitas hidrolis lahan gambut umumnya tinggi karena strukturnya yang terbuka (Tabel 22 dan Tabel 23).

Table 22. Perkiraan konduktivitas hidrolis

Derajat humifikasi	konduktivitas hidrolis (m day^{-1})	Metode analisis
Fibrik	35-35	Jacob/Theis
Hemik	12-24	Jacob/Theis
Saprik	9-11	Jacob/Theis

Sumber: Hasil analisis data lapangan dan laboratorium (2022).

Tabel 23. Uji BNJ permeabilitas pada berbagai tutupan lahan (m day⁻¹)

Jarak saluran (m)	Gambut Terbakar	Gambut dikelola	Gambut Semak Belukar	Rata-rata
2	25,20	24,00	28,76	25,98
15	21,95	32,36	34,36	29,55
25	22,30	30,37	32,94	28,53
Rata-rata	23,15 ^a	28,91 ^{ab}	32,02 ^b	-

BNJ 0,05 gambut terbakar = 6,03

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang tidak sama pada setiap baris menunjukkan berbeda nyata pada uji BNJ 5%

Pengukuran permeabilitas tanah berfungsi untuk mengetahui kecepatan air dalam menembus tanah pada periode tertentu (mengetahui laju pergerakan air vertikal). Tabel 24. menunjukkan hasil percobaan pada lubang pertama bahwa dalam 90 detik air bisa masuk ke dalam tanah setinggi 1 cm. Pada lubang kedua dalam 80 detik air bisa masuk kedalam tanah setinggi 1 cm. Jadi pada lahan gambut ini, laju aliran aliran untuk 1 cm membutuhkan waktu 80-90 detik.

Tabel 24. Pengukuran laju aliran pada pada lahan gambut

Waktu	h (cm)	t (waktu)	Permeabilitas	h (cm)	t (waktu)
t_0	15	0' (nol detik)	t_0	15	0' (nol detik)
t_1	16	1' (60 detik)	t_1	16	0,5' (30 detik)
t_2	17	2' 22" (142 detik)	t_2	17	1'43" (103 detik)
t_3	18	4' 31" (2271 detik)	t_3	18	2'56" (176 detik)
Δh	1	90 detik	Δh	1	80 (detik)

Sumber: Hasil analisis data lapangan dan laboratorium (2022).

Kondisi ini tergolong lambat untuk ukuran lahan gambut. Lambatnya laju aliran disebabkan pada lapisan atas gambut ada

penumpukan debu sisa pembakaran, sehingga pori-pori tanah tersumbat dan permeabilitas tanah bagian atas tergolong lambat $0,0125 \text{ cm detik}^{-1}$.

6.6. Berat Isi (*Bulk Density*)

Berat isi (bobot isi; kerapatan lindak tanah, *bulk density*) merupakan sifat penting gambut karena banyak sifat dan ciri fisik lainnya terkait dengan berat isi. Lahan gambut mempunyai berat isi yang sangat rendah, yaitu: $< 0,10 \text{ gr cm}^{-3}$ untuk gambut fibrik, dan $0,20 \text{ gr cm}^{-3}$ untuk gambut saprik masing-masing pada kedalaman 15-30 cm. Secara umum, berat isi gambut bervariasi antara $0,09-0,23 \text{ gr cm}^{-3}$. Berat isi gambut adalah berat tanah utuh (*undisturbed*) dalam keadaan kering dibagi dengan volume tanah, dinyatakan dalam gr cm^{-3} . Berat isi tanah bervariasi karena perbedaan kandungan bahan organik, tekstur, kedalaman tanah, jenis fauna tanah, dan kandungan air tanah.

Berat isi merupakan karakteristik internal gambut yang paling penting karena banyak sifat lain yang terkait erat berat isi. Oleh karena itu digunakan sebagai parameter untuk mengklasifikasikan gambut pada tingkat kategoris tinggi. Namun, berat isi tergantung pada jumlah pemadatan, komposisi botani bahan, tingkat dekomposisi, dan kandungan mineral dan kelembaban pada saat pengambilan sampel.

Pengukuran berat isi sangat penting secara praktis dalam menafsirkan data analitis tanah terutama yang menunjukkan tingkat kesuburan. Data kimia biasanya dinyatakan sebagai bagian per juta (ppm) atau persentase berdasarkan 100 g tanah kering. Membandingkan tingkat kesuburan tanah mineral (berat isi $1,45 \text{ g cm}^{-3}$) dengan tingkat kesuburan lahan gambut (berat isi $0,10 \text{ g cm}^{-3}$) adalah tidak realistis kecuali jika perbedaan besar dalam berat isi ikut diperhitungkan. Jika tidak, itu akan

menunjukkan tingkat 15 kali nilai sebenarnya untuk lahan gambut. Oleh karena itu, nilai analitik untuk lahan gambut harus dihitung ulang berdasarkan berat per volume, dengan menggunakan berat isi sebagai faktor koreksi.

Beberapa peneliti menentukan densitas spesifik (kepadatan partikel) yang menunjukkan densitas sebenarnya dari material padat gambut. Pengukurannya secara tradisional dilakukan dengan piknometer. Nilainya dipengaruhi oleh jumlah bahan mineral yang ada dalam bahan organik. Nilai densitas spesifik rata-rata berkisar 1,26-1,80 g cm⁻³ untuk gambut ombrogenous dan oligotrophic. Nilai densitas spesifik tidak memiliki aplikasi praktis langsung.

6.7. Porositas (*Porosity*)

Porositas lahan gambut adalah presentase total pori dalam lahan gambut yang ditempati oleh air dan udara, dibandingkan dengan volume total gambut. Pori lahan gambut pada umumnya ditempati udara untuk pori kasar, sementara pada pori kecil akan ditempati air. Adapun faktor yang mempengaruhi nilai porositas ini adalah berat isi dan kematangan gambut. Porositas lahan gambut sangat menentukan pergerakan air tanah. Gambut fibrik mempunyai laju pergerakan air tanah yang tinggi karena memiliki pori-pori yang besar. Tabel 25. memperlihatkan hasil perhitungan total porositas (% volume) untuk gambut.

Tabel 25. Total porositas atas dasar kematangan gambut

Berat isi (g cm ⁻³)	Fibrik	Hemik	Saprik
0.10	93.56	92.98	93.22
0.15	90.87	89.33	88.45
0.20	86.88	86.21	84.21
0.25	84.00	82.22	80.56

Sumber: Hasil analisis data lapangan dan laboratorium (2022).

Hasil analisis sifat dan ciri fisik yang diperoleh disajikan pada Tabel 25. Derajat dekomposisi terendah (30%) diamati untuk gambut hutan dan tidak tersentuh tangan manusia dan tertinggi (70%) untuk gambut yang dikelola untuk kelapa sawit. Umumnya kenaikan derajat dekomposisi (laju degradasi dan mineralisasi) menyebabkan peningkatan berat isi dan penurunan porositas dan kadar air jenuh. Kadar air jenuh dan nilai porositas yang dihitung (menggunakan berat isi dan kerapatan partikel). Nilai parameter ini harus sangat mirip (porositas sama dengan kadar air saturasi, tidak ada udara dalam sampel tanah jenuh).

Berat isi memiliki pengaruh yang besar terhadap nilai porositas dan kadar air. Nilai berat isi yang tinggi menyebabkan porositas (kadar air) menurun. Peningkatan nilai berat isi dari $0,1 \text{ g cm}^{-3}$ menjadi $0,4 \text{ g cm}^{-3}$ menyebabkan penurunan porositas dari sekitar 92 menjadi sekitar 77% (Tabel 26).

Tabel 26. Analisis sifat dan ciri fisik lahan gambut

Tutupan lahan	Sampel	Beras isi (g cm^{-3})	Porositas (%)	Kadar air (Vol. %)	Pelapukan (%)	Status
Hutan sekunder	50–60	0.19	87.95	87.84	30	Fribik
Hutan sekunder	50–60	0.14	90.83	90.92	35	Fibrik
Hutan sekunder	30–45	0.22	87.35	87.13	35	Fibrik
Hutan sekunder	45–55	0.13	91.62	90.80	35	Fibrik
Hutan sekunder	50–60	0.18	88.97	88.68	30	Fibrik
Semak belukar	45–55	0.12	91.74	92.31	40	Hemik
Semak belukar	45–55	0.17	89.49	88.05	50	Hemik
Semak belukar	30–40	0.30	83.73	82.77	50	Hemik
Kelapa sawit	35–45	0.25	81.91	81.91	65	Saprik
Kelapa sawit	60–70	0.20	87.74	86.87	70	Saprik
Kelapa sawit	45–55	0.22	86.47	84.05	70	Saprik

Sumber: Hasil analisis data lapangan dan laboratorium (2022).



VII

SIFAT DAN CIRI KIMIA LAHAN GAMBUT

Keragaman sifat dan ciri kimia lahan gambut dipengaruhi oleh komposisi bahan induk, laju dekomposisi, substratum, lingkungan sekitar, ketebalan dan kematangan gambut. Lahan gambut berbahan induk dari lumut (*sphagnum*) lebih subur dibandingkan dari gambut berkayu. Kesuburan gambut matang (saprik) lebih tinggi dibandingkan gambut mentah (fibrik). Gambut yang terbentuk pada lingkungan air payau lebih subur dibandingkan air tawar atau tadah hujan. Lahan gambut yang mempunyai substratum liat (*marine*) lebih subur dibandingkan substratum pasir dan lahan gambut tipis umumnya lebih subur dari gambut tebal. Sifat dan ciri kimia lahan gambut penting sehubungan dengan penggunaan lahan gambut untuk pertanian.

7.1. Komposisi Senyawa Organik

Komposisi kimia lahan gambut dipengaruhi oleh vegetasi induk, tingkat dekomposisi dan lingkungan alamiah. Secara sederhana kandungan utama lahan gambut dapat dibagi menjadi lima fraksi yang dapat ditentukan secara terpisah. Tabel 7.1 menampilkan kisaran umum presentase unsur di lahan gambut. Kisaran angka tersebut terutama untuk lapisan bawah permukaan yang belum sepenuhnya terurai.

- 1) Senyawa yang larut dalam air (terutama polisakarida, mono-gula, dan tanin) bervariasi 5-10% tergantung pada tahap dekomposisi. Zat-zat inilah yang pertama kali larut pada saat dekomposisi. Kandungan senyawa ini tertinggi

ditemukan dalam gambut yang paling sedikit terdekomposisi. Kandungan asli senyawa larut air ini mungkin tergantung pada jenis vegetasi.

- 2) Senyawa atau bahan larut dalam eter dan alkohol. Ekstrak eter dan alkohol, ditentukan secara terpisah, misalnya senyawa mengandung asam lemak, komponen seperti lilin, resin dan lemak N, tanin, pigmen, alkaloid dan karbohidrat. Jumlah senyawa larut dalam eter dan alkohol sangat terkait dengan vegetasi asli, misalnya gambut *Sphagnum* mengandung 15% karbohidrat larut, alang-alang dan gambut *sedge* kurang dari 5%. Fraksi ini biasanya meningkat dengan bertambahnya umur gambut.
- 3) Selulosa dan hemiselulosa. Jumlah hemiselulosa diperkirakan dengan mengalikan gula yang diekstraksi dengan 0,9. Fraksi selulosa dan hemiselulosa mudah terurai dan terkandung dalam vegetasi asli dan jumlahnya lebih besar daripada di gambut turunan. Komunitas tanaman induk mempengaruhi jumlah fraksi ini, dengan gambut berkayu umumnya memiliki kandungan rendah dan papirus memiliki sebanyak 40%. Kisaran umum adalah antara 5-40%.
- 4) *Lignin* dan zat turunan lignin. Fraksi ini dapat dihidrolisis dengan asam sulfat kuat dari residu setelah ketiga fraksi di atas dihilangkan. Dekomposisi lignin menghasilkan asam-asam organik di antaranya asam fenolat, sedangkan selulosa dan hemiselulosa terdekomposisi menjadi senyawa karboksilat. Lignin dan turunan lignin umumnya merupakan bagian terbesar dari gambut karena jumlahnya meningkat pada saat dekomposisi karena bahan-bahan lain dihilangkan. Lignin tahan terhadap serangan mikroba. Kandungan lignin vegetasi asli gambut berkisar 20-70%;

kandungan lignin gambut hutan dataran rendah sekitar 75%. Pengaruh zat humat pada metabolisme tanaman menunjukkan bahwa produk degradasi lignin memiliki karakter fenolik dapat menyebabkan gangguan pada proses esensial dan fotosintesis, bahkan ketika hadir dalam jumlah yang sangat kecil.

- 5) Bahan N atau protein kasar. Kandungan N total bervariasi 0,3-4,0 % berat kering dan sebagian besar protein di alam.

Fraksinasi senyawa organik yang diuraikan di atas tidak memisahkan zat humat, seperti asam humat, asam fulvat, dan humin. Asam humat dipisahkan dengan menggunakan 1% NaOH. Asam humat menjadi senyawa yang tidak larut dalam asam. Humin tidak diekstraksi dengan larutan NaOH tetapi dapat dengan mudah dicerna dengan 72% H₂SO₄ dingin. Substansi humat tersebut terutama terdiri dari kompleks aromatik dan senyawa N terutama terdiri dari residu asam amino. Kemungkinan asal kompleks aromatik adalah lignin, tanin dan polifenol dari sistem pernapasan nabati, sedangkan kompleks asam amino tampaknya terutama berasal dari sitoplasma mikroorganisme mati. Kandungan komponen di atas penting untuk proses metabolisme pada tumbuhan. Asam humat adalah auksin aktif, yang mendorong pertumbuhan tanaman, namun efektivitasnya lebih baik ditunjukkan oleh tanah mineral dengan jumlah asam humat yang sedikit, dibandingkan dengan lahan gambut yang banyak mengandung zat ini.

Tabel 27 mencerminkan bahwa terdapat variasi yang luas dalam komposisi kimia lahan gambut, tetapi unsur utama gambut adalah C, H, N, O₂, Si dan Ca. Unsur Si berasal dari mineral yang tertiuap angin atau sedimen yang terbawa arus dan karena itu jumlahnya kecil. Kandungan Ca lebih tinggi pada

gambut eutrofik dan bersama dengan Mg, kedua unsur ini dalam bentuk ionik teradsorpsi kuat oleh partikel organik koloid. Kandungan Fe, Al, Na dan S juga tinggi di beberapa gambut. Hal ini biasanya disebabkan oleh kondisi lingkungan tertentu yang beroperasi selama periode paludikultur.

Tabel 27. Kisaran umum presentase unsur di lahan gambut

Unsur	Presentase (%, berat kering)	Gambut eutropik	Gambut oligotropik
Aluminium (Al)	0,01 - 5,00	0,50	0,10
Barium (Ba)	0,0006 - 0,30	0,005	na
Boron (B)	0,00001 - 0,10	0,01	0,0001
Calcium (Ca)	0,01 - 6,00	2,00	0,30
Carbon (C)	12,0 - 60,00	48,00	52,00
Chlorine (Cl)	0,001 - 5,00	0,10	0,01
Cobalt (Co)	0,00 - 0,0003	0,0001	0,00003
Copper (Cu)	0,0003 - 0,01	0,001	0,0005
Hydrogen (H)	2,0 - 6,00	5,00	5,20
Iron (Fe)	0,02 - 3,00	0,50	0,10
Lead (Pb)	0,00 - 0,04	0,005	0,001
Magnesium (Mg)	0,01 - 1,50	0,30	0,06
Manganese (Mn)	0,0001 - 0,08	0,02	0,003
Molybdenum (Mo)	0,00001 - 0,005	0,001	0,0001
Nickel (Ni)	0,0001 - 0,03	0,001	0,0005
Nitrogen (N)	0,30 - 4,00	2,50	1,00
Oxygen (O ₂)	30,00 - 40,00	32,00	35,00
Phosphorus (P)	0,01 - 0,50	0,07	0,04
Potassium (K)	0,001 - 0,80	0,10	0,04
Silicon (Si)	0,10 - 30,00	5,00	0,50
Sodium (Na)	0,02 - 5,00	0,05	0,01
Sulphur (S)	0,004 - 4,00	0,50	0,10
Zinc ³ (Zn)	0,001 - 0,40	0,05	0,005

Keterangan : na (data tidak tersedia)

Sumber : Dimodifikasi dari Lucas (1982).

Akibat perubahan lingkungan, maka berbagai lapisan endapan gambut menunjukkan perbedaan komposisi unsur. Karena tanah tropis umumnya memiliki kandungan *sesquioxide*

yang tinggi, maka lingkungan pembentuk gambut secara umum memberikan kandungan Fe dan Al yang tinggi.

Ada kebutuhan untuk lebih memahami karakteristik komposisi kimia dan kisaran umum presentase unsur di lahan gambut. Pengetahuan ini mencakup pengetahuan tentang struktur kimia dan sifat-sifat zat humat yang berasal dari gambut. Temuan dari analisis yang lebih komprehensif tentang struktur kimia, sifat pengkelat dan koagulasi serta karakteristik fisik terkait lainnya harus melengkapi upaya untuk mengelola sumberdaya gambut dengan lebih baik (termasuk penggunaan sumberdaya air).

7.2. Kandungan Asam Organik

Fraksi asam humat diketahui hadir dalam jumlah dominan di perairan dan lahan gambut. Isolasi asam humat, asam fulvat dan humin dari lahan gambut topogen dan limpasan rawa gambut, diikuti dengan penentuan sifat dan ciri kimia utama dari asam humat tersebut menunjukkan bahwa kemasaman total asam humat hasil isolasi berkisar antara 5,80-8,30 meq g⁻¹, dengan indikasi jelas bahwa komponen asam fulvat H₂S lebih banyak mengandung gugus karboksilat. H₂S dari lahan gambut ditemukan memiliki kandungan karboksilat dan fenolik-OH yang lebih tinggi. Ini menunjukkan dominasi degradasi oksidatif bahan prekursor di lingkungan tropis.

Hasil analisis karbohidrat unsur dan total terhidrolisis menyimpulkan asam humat lokal memiliki karbohidrat dan oksigen yang tinggi (1-3%). Dengan mempertimbangkan karakteristik ketiga fraksi H₂S lokal, maka dapat disimpulkan bahwa ukuran molekul berkurang dan kandungan asamnya meningkat dengan urutan sebagai berikut: humin - asam humat - asam fulvat. Atribut struktural ini menunjukkan bahwa asam humat lokal memiliki kemampuan pengompleksan yang kuat

dan kerentanan lebih besar terhadap pembelahan elektrofilik oleh zat pembentuk trihalomethanes, seperti klorin (Tabel 28).

Tabel 28. Komposisi kimia asam humik gambut topogen

Parameter	Asam humik	Asam fulvik	Humin
<i>Apparent molecular weight</i> , Mw (DA)	5.000 - 5.400	4.230-4.900	na
<i>Acid base content</i>			
1) COOH (meq/g)	3,21 - 5,54	3,43 - 9,33	0,70
2) Phenolic OH (meq/g)	2,43 - 4,41	0,63 -6,05	1,90
<i>Elemental atomic ratio</i>			
1) H/C	1,14 - 1,20	1,17	na
2) O/C	0,60 - 0,75	0,75	na
3) N/C	0,04 - 0,06	0,02	na

Keterangan : na (data tidak tersedia)

Sumber : Dimodifikasi dari Fong (2000).

Kebanyakan mekanisme kimiawi lahan gambut disebabkan oleh asam-asam organik tersebut, terutama -COOH, -OH-fenol, dan -OH- alkohol. Gugus fungsional ini sangat tidak stabil tergantung pada keadaan reduksi-oksidasi (redoks) dan pH tanah. Dalam suasana oksidatif, gugus fungsional akan mengalami proses oksidasi dan dekarboksilasi membentuk C=O quinon yang kurang atau bahkan tidak reaktif. Akibatnya, reaksi pertukaran kation menjadi tidak berjalan, bahkan kation tidak dapat terperap, sehingga mudah hilang karena pencucian. Stabilitas lahan gambut yang dominan berasal dari ikatan CHO secara genetik umumnya rendah, karena mudah terdekomposisi membentuk CO₂, CH₄, dan H₂O.

7.3. Kemasaman Tanah

Nilai pH lahan gambut terkait dengan keberadaan senyawa organik, H dan Al-dapat ditukar, Fe sulfida dan senyawa S teroksidasi lainnya. Keberadaan asam organik sangat menentukan keasaman gambut, dan keberadaan Al bergerak

atau terhidrolisis kurang penting. Kisaran keasaman dalam bahan organik sangat luas. Di sisi lain, gambut dapat menjadi sangat asam karena mengandung bahan pirit yang telah teroksidasi setelah reklamasi. Nilai pH gambut tersebut dapat mencapai $< 3,00$.

Lahan gambut umumnya bersifat ombrogenous dan oligotrophic, yang meliputi sebagian besar gambut dataran rendah, umumnya bersifat asam atau sangat asam dengan kisaran pH dalam air 3,00-4,50. Variasi dalam kisaran ini disebabkan oleh campuran tanah mineral yang umumnya meningkatkan pH, atau oleh lokasi spesifik di rawa gambut. Lapisan permukaan endapan gambut berbentuk kubah di dataran rendah memiliki pH rata-rata 3,30 untuk gambut yang paling tebal, sedangkan gambut dangkal di dekat tepiannya memiliki pH rata-rata 4,30. Hal ini dikarenakan lingkungan gambut ombrogenous semakin kekurangan mineral, sehingga gambut termuda yang membentuk lapisan paling atas, paling miskin dalam kation yang menyebabkan keasaman ekstrim. Nilai pH endapan gambut seringkali dapat memberikan petunjuk tentang cara pembentukan, jenis gambut, dan kemungkinan potensi pertanian. Ini adalah parameter penting yang dapat dengan mudah ditentukan. Namun demikian, nilai pH alami harus diukur di lapangan karena risiko oksidasi senyawa S di lahan gambut yang dapat mengubah pH secara drastis.

Nilai pH lahan gambut sangat berkorelasi dengan laju dekomposisi, semakin tinggi pH, maka semakin besar tingkat dekomposisi. Nilai pH-KCl berkorelasi yang baik ($R^2 = 0,80$) dengan nilai pH yang diukur dalam air dimana yang pertama ditemukan 0,20-1,50 unit lebih rendah (Tabel 29).

Tabel 29. Sifat dan ciri kimia lahan gambut

Parameter kimia	Hutan	Semak belukar	Kelapa sawit
Kemasaman tanah (pH)	3,40±0,12	4,10±0,31	4,23 ±0,02
KTK (me 100 g ⁻¹)	276±2,44	248±2,59	235±2,61
Kejenuhan Basa (%)	3,21-8,50	4,44-9,45	5,01-10,65
C Organik (%)	48,45±2,22	43,82±3,62	42,87±3,88
N (%)	1,41±0,02	1,36±0,03	1,34±0,05
C/N ratio	34,36	32,22	31,99
P tersedia (%)	0,12±0,02	0,20±0,04	0,45±0,09
K tersedia (%)	2,20±0,35	2,78±0,45	4,67±0,89
Kandungan abu (%)	4,56±0,72	3,66±0,92	3,30±1,02
Jaringan (%)	35,09±1,61	26,11±2,02	23,24±2,94

Sumber: Hasil analisis data lapangan dan laboratorium (2022).

Bahan organik yang telah terdekomposisi mempunyai gugus reaktif, antara lain karboksilat (-COOH) dan fenolat (C₆H₄OH) yang mendominasi kompleks pertukaran dan bersifat sebagai asam lemah, sehingga dapat terdisosiasi dan menghasilkan ion H dalam jumlah banyak. Kemasaman tanah yang tinggi mempengaruhi ketersediaan unsur hara seperti P, K, Ca, dan unsur mikro.

7.4. Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Perombakan bahan organik menghasilkan berbagai senyawa organik yang memainkan peranan penting dalam pertukaran kation, khususnya dalam memanipulasi kesuburan kimia. Kapasitas tukar ion, kation dan bahan organik tanah tergantung pada jumlah situs pertukaran bermuatan negatif. Ini mengadsorpsi kation Ca, Mg, K dan Na yang menggantikan ion H di kompleks pertukaran. Dalam bahan organik, terdapat adsorpsi kation yang disebut senyawa organo-logam yang bertanggung jawab untuk fiksasi Cu dan Zn.

Adsorpsi dan pertukaran ion dikaitkan dengan koloid hidrofilik gambut, yaitu asam humat dan hemiselulosa, yang

utama adalah radikal karboksil. Rupanya situs yang terletak di dalam partikel lepas koloid hidrofilik mengambil bagian dalam pertukaran ion serta situs di permukaan utama. Hal ini tidak hanya menjelaskan kapasitas tukar yang tinggi yang biasanya ditemukan di gambut, tetapi juga lamanya waktu (satu hingga dua jam) yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan. KTK gambut sangat bergantung pada pH karena ion H tetap terikat erat atau terikat dengan gugus fungsi dalam bahan asam dan tidak menunjukkan sifat pertukaran. KTK dipengaruhi oleh pengeringan, dimana KTK turun 20-70% akibat pengeringan (Tabel 30).

Tabel 30. KTK berbasis berat dan KTK berbasis volume

Tipe tanah	KTK berdasarkan berat (me 100 g ⁻¹)	KTK berdasarkan volume (me 100 ml ⁻¹)
Tanah lempung	13	15
Gambut <i>Sphagnum</i>	103	9
Gambut berkayu	92	15
Pupuk kandang	210	67

Sumber: Hasil analisis laboratorium (2022).

Keasaman media pertukaran tampaknya penting. Efisiensi pertukaran dilaporkan menjadi $\text{Na} < \text{K} < \text{Ca} < \text{Ba}$. Unsur Ba pada pH 6,50-7,00 umumnya digunakan sebagai media pertukaran. Meskipun nilai KTK lahan gambut lebih tinggi dibandingkan dengan nilai KTK tanah mineral, akan tetapi hal ini harus dipertimbangkan bahwa berat jenis lahan gambut sangat rendah. Agar perbandingan menjadi tepat, maka nilai KTK harus dikurangi dengan faktor yang berhubungan dengan perbedaan berat isi. Oleh itu disarankan agar untuk mengekspresikan KTK berdasarkan volume daripada berdasarkan berat. Berdasarkan volume, maka jumlah kapur yang sama akan dibutuhkan untuk tanah lempung dan gambut

berkayu guna mencapai perubahan persentase saturasi Ca yang sama. Berdasarkan beratnya, gambut berkayu tampaknya membutuhkan sekitar 7 kali lebih banyak kapur dibandingkan dengan tanah lempung.

KTK yang diukur pada pH 7,00 sangat tinggi ($> 50 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$) tetapi jauh lebih rendah pada pH tanah di lapangan karena sebagian besar muatan permukaan bergantung pada pH. Adsorpsi dan pertukaran ion dikaitkan dengan koloid hidrofilik dari lahan gambut, yaitu asam humat dan hemiselulosa. Terjadinya adsorpsi ion baik pada permukaan partikel lepas maupun di dalam partikel lepas koloid hidrofilik menjelaskan tingginya nilai KTK yang biasanya terdapat pada lahan gambut. Lahan gambut cenderung sangat jenuh dengan ion H dan rata-rata kation tertukar di permukaan adalah $3,50 - 5,70 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$ tanah.

7.5. Pertukaran Kation dan Kejenuhan Basa (KB)

Status kation yang dapat ditukar dari lahan gambut sulit untuk ditunjukkan karena kation yang berbeda dikomplekskan ke derajat yang berbeda oleh senyawa organik. Kation trivalen lebih kuat teradsorpsi daripada kation monovalen atau divalen, tetapi selektivitas gambut untuk ion H jauh lebih besar daripada ion logam. Secara umum disepakati bahwa dua kation, H dan Ca, biasanya menempati sebagian besar tempat pertukaran, tetapi tidak selalu demikian. Gambut di Sumatera bersifat oligotrofik dan ombrogenous, tampaknya memiliki nilai yang jauh lebih besar untuk Mg yang dapat ditukar daripada untuk Ca. Oleh karena itu, tampaknya kondisi lokal dapat mengubah dominasi Ca secara umum.

Proporsi KTK total yang diambil oleh Ca, Mg, K dan Na umumnya dikenal sebagai nilai KB, sisa KTK adalah bagian asam (H dan Al). Telah disebutkan bahwa pH dan saturasi Ca

sangat terkait. Hal ini dapat dikatakan juga untuk kejenuhan basa secara umum. Perbedaan tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu bentuk dan jumlah senyawa organik yang bergantung pada pH, perbedaan konstanta disosiasi humat dan jumlah kation lainnya. Jumlah Al yang dapat ditukar sangat penting.

Nilai KB bervariasi tidak hanya sebagai akibat dari perbedaan pH tetapi juga menurut jenis gambut. Gambut eutrofik dataran rendah yang jenuh dengan air dengan kandungan mineral tinggi, seringkali menunjukkan nilai lebih besar dari 100% dengan dominan Ca. Gambut dataran tinggi oligotrofik, dengan pH rendah, tampaknya jenuh dengan H dan nilai saturasi basa kurang dari 10% umum terjadi.

7.6. Kandungan C-Organik dan C/N Ratio

Persentase C organik di gambut mungkin paling bernilai. Pengkajiannya diperlukan untuk keperluan pertanian, khususnya untuk menghitung rasio C/N bahan. Rasio C/N menunjukkan tingkat humifikasi gambut dan kemungkinan konsumsi N oleh mikroorganisme ketika gambut dibuahi pada reklamasi. Kandungan C organik gambut dapat bervariasi dari 12-60%. Kisaran besar ini mencerminkan jenis bahan organik, tahap dekomposisi dan mungkin juga metode analisis yang digunakan. Kajian tentang gambut sebagai sumber energi menunjukkan nilai C organik 48-50% pada gambut sedikit terdekomposisi (fibrik), 53-54% pada gambut terdekomposisi sedang (hemik), dan 58-60% pada gambut sangat gambut (saprik) yang membusuk. Meskipun gambut yang sangat terdekomposisi memiliki nilai C organik yang lebih tinggi daripada yang kurang terdekomposisi, perbedaan dekomposisi tidak pernah lebih dari 10%.

Lahan gambut di Pulau Rimau, Sumatera Selatan menemukan nilai berkisar antara 58% di tanah permukaan hingga 25% di tanah bawah. Mungkin ada beberapa campuran tanah mineral di lapisan bawah tetapi kandungan C yang lebih tinggi di sampel permukaan juga mencerminkan dekomposisi. Pola ini lebih baik dikaitkan dengan lahan gambut dalam karena kandungan besar bahan lignin di gambut oligotrofik. Lahan gambut yang lebih dangkal memiliki akumulasi lignin yang lebih sedikit.

Studi menunjukkan kisaran 20-38% sedangkan nilai sekitar 50%. Namun, kedua studi menunjukkan kandungan C organik yang lebih tinggi di cakrawala permukaan lahan gambut dalam daripada di lahan gambut dangkal. Hal ini mungkin konsisten dengan fakta bahwa lapisan paling atas gambut dalam biasanya bersifat ombrogenous dan oligotrofik dengan komponen besar bahan berkayu ligne sedangkan gambut dangkal bersifat lebih mesotrofik yang mengandung lebih sedikit bahan tersebut.

Dalam hubungan ini menarik untuk dicatat bahwa Taksonomi Tanah menggunakan kandungan C organik untuk membedakan lahan gambut dari tanah mineral. Dalam Taksonomi Tanah, 12% C organik dianggap setara dengan 20% bahan organik. Jadi rasio sekitar 1,65 digunakan. Bukti dari gambut tropis oligotrofik menunjukkan bahwa penggunaan rasio 2 atau lebih mungkin mencerminkan keadaan sebenarnya dengan lebih baik. Penentuan kandungan C organik dalam lahan gambut penting, terutama untuk menghitung rasio C/N bahan (yang relevan untuk tujuan pembangunan pertanian). Rasio C/N juga merupakan indikasi derajat humifikasi bahan organik. Nilainya bisa berkisar antara 12-60%.

Nilai C organik pada gambut yang dibudidayakan (41,95-43,51%) lebih rendah dan berbeda nyata dibandingkan dengan

gambut yang tidak diolah (45,95-49,10%). Perbedaan ini disebabkan dekomposisi intensif pada gambut budidaya, nilai N tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Gambut terdegradasi dicerminkan dengan penurunan rasio C/N. Peningkatan rasio C/N dengan kedalaman juga dilaporkan dalam beberapa penelitian gambut ombrotrofik. Kebakaran berulang menyebabkan penurunan biomassa tanah, selain itu penguapan N terjadi selama pembakaran gambut, sehingga konsentrasi N tanah menurunkan total N dan rasio C/N terdeteksi lebih tinggi pada gambut yang tidak diolah. Konsentrasi N berkurang di gambut budidaya selama pembukaan lahan; artinya pembukaan lahan menjadi penyebab utamanya. Memulihkan sisa-sisa panen akan mampu menjaga rasio C/N yang tersisa tetap tinggi.

Pada gambut yang tidak diolah (terutama rumput rawa), perbedaan sifat gambut yang dipilih sangat menonjol jika dibandingkan dengan gambut yang dibudidayakan dan gambut yang tidak diolah. Hampir semua parameter yang diukur menunjukkan perbedaan yang signifikan, hal ini disebabkan karena gambut terbungkalai paling sering mengalami kebakaran, sehingga banyak parameter yang diukur telah dimodifikasi dengan beberapa kali kebakaran setiap tahunnya baik secara sengaja (*sonor system*) maupun tidak disengaja karena penyebaran api yang berasal dari lingkungan sekitar situs.

7.7. Kandungan N Total

Kandungan N total tergolong rendah yang berkisar antara 0,34-4,00 %. Sebagian besar N dalam bentuk organik tetapi sejumlah kecil nitrat biasanya ada di tanah dengan drainase yang lebih baik di mana bahan organik teroksidasi dengan cepat. Gambut yang terbentuk dari alang-alang, sedges dan pohon umumnya dua sampai empat kali lebih tinggi N daripada yang

terbentuk dari lumut *Sphagnum* dan sedges *Eriophorum* yang mengandung kurang dari 1% meskipun bahan tanaman asli mengandung 1-5% N total.

Ditemukan nilai N total 1,88 % di permukaan tanah hingga kurang dari 1,50 % di bawah kedalaman 60 cm. Akan tetapi, perlu dicatat bahwa angka-angka ini dinyatakan berdasarkan berat kering. Mempertimbangkan bahwa berat isi lapisan permukaan umumnya lebih besar daripada berat isi lapisan bawah permukaan karena efek dekomposisi, sehingga masuk akal untuk mengasumsikan bahwa ketika kandungan N total dinyatakan berdasarkan volume, maka kesimpulannya mungkin harus dibalik. Perlu digaris bawahi bahwa "Lahan gambut normal dengan berat isi 0,1 g cm⁻³ dan kandungan N 2% hanya mengandung 2.000 kg N ha⁻¹ di 10 cm atasnya (diasumsikan bebas kayu), sedangkan cakrawala permukaan mineral dengan hanya 0,50 % N total, tetapi berat isi 1 g cm⁻³ mengandung 5.000 kg ha⁻¹. Dapat disimpulkan bahwa nilai kandungan N total lebih dari 2% yang umumnya dianggap tinggi, seharusnya dianggap rendah.

Ditemukan nilai antara 0,50-2,05 % pada tanah lapisan atas gambut dangkal tetapi nilai 1,10-1,67% pada gambut dalam. Lapisan permukaan (tebal 30 cm) gambut dalam tampaknya memiliki kandungan N total yang lebih tinggi daripada gambut dangkal (1,98% berbanding 1,13%). Jadi dengan bertambahnya usia, atau perkembangan, kandungan N total gambut tampaknya meningkat terlepas dari tingkat dekomposisi. Hal ini tampaknya tidak logis karena secara umum diasumsikan bahwa lapisan gambut terbaru adalah yang paling miskin nutrisi (lapisan permukaan oligotrofik dibandingkan dengan sublapisan eutrofik). Perbedaannya tidak dapat dijelaskan dengan menghubungkannya dengan perbedaan berat jenis. Hal

ini juga tidak konsisten dengan pengamatan bahwa lapisan permukaan umumnya memiliki proporsi bahan lignin yang lebih tinggi yang dicirikan oleh rasio C/N yang tinggi dan bertanggung jawab atas tingkat C organik yang lebih tinggi yang disebutkan di atas (Tabel 31 dan Tabel 32)

Tabel 31. Sifat dan ciri kimia lahan gambut

Parameter	Gambut terbakar	Gambut dikelola	Gambut semak belukar	Rerata
Kandungan Abu (%)	0,02 ^a	0,29 ^c	0,18 ^b	0,16
C-Organik (%)	27,97 ^{tn}	28,70 ^{tn}	29,09 ^{tn}	28,59
pH	3,19 ^b	3,18 ^b	3,00 ^a	3,12
KTK (cmol kg ⁻¹)	71,11 ^{tn}	73,61 ^{tn}	71,39 ^{tn}	72,04

Keterangan : BNJ Abu = 0,05; BNJ pH= 0,16; BNJ Al-dd = 4,86; tn: tidak nyata
Angka-angka pada baris tertentu yang diikuti huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata berdasarkan uji BNJ taraf 5%.

Sumber : Hasil analisis data lapangan dan laboratorium (2022).

Tabel 32. Kematangan gambut, kadar abu, dan bahan organik

Kematangan	Kandungan Abu (%)	Kandungan Bahan Organik (%)
Fibrik	3,07	46,89
Hemik	8,02	51,69
Saprik	12,03	78,29
Regresi	$Y = 0,59 + 1,18 X$	$Y = 31,11 + 4,62 X$
Korelasi	$r = 0,90$	$r = 0,97$

Sumber: Hasil analisis data lapangan dan laboratorium (2022).

Ini mungkin menawarkan beberapa penjelasan, yaitu gambut oligotrofik ombrogenous tropis sudah mengandung kandungan lignin awal yang tinggi, tetapi kandungan selulosa yang rendah. Aktivitas mikrobiologis yang ditandai dengan nitrifikasi dan penghancuran selulosa menghilangkan sebagian besar N asli, N yang tersisa sebagian besar terdapat dalam lignin, yang proporsinya meningkat saat gambut terurai. Sebagian

besar N yang ditemukan di lahan gambut adalah dalam bentuk organik.

7.8. Kandungan P dan K Tanah

Lahan gambut dalam kondisi asli biasanya memiliki kandungan P total yang sangat rendah, yaitu berkisar antara 400-1000 ppm (0,004-0,01 %). Sebagian besar P hadir dalam bentuk organik dan harus dimineralisasi terlebih dahulu sebelum tersedia bagi tanaman. Masalah dalam studi perbandingan adalah bahwa P organik tidak termasuk dalam analisis standar. Nilai P yang tersedia sangat bergantung pada metode ekstraksi yang digunakan. Masalah umum dalam menyatakan nilai analitik pada berat kering dan bukan sebagai volume juga sekali lagi menyulitkan untuk membuat pengamatan umum yang valid. Kandungan P menurun baik dengan kedalaman maupun dengan ketebalan deposit gambut. Kondisi P tersedia berada pada kisaran 0.12-0.45 %. Ketersediaan K adalah bervariasi tergantung tingkat dekomposisi dan kematangan lahan gambut.

7.9. Kandungan S Tanah

Lahan gambut memiliki kandungan S yang tinggi, misalnya delta saleh, sering kali mengandung sejumlah besar S dalam bentuk pirit (FeS_2). Mineral ini terbentuk dalam kondisi anaerobik selama tahap awal pengembangan rawa gambut dengan adanya air payau atau air laut dan tersangkut di saluran akar vegetasi yang ada. Kandungan belerang yang tinggi di gambut umumnya diasosiasikan dengan tanah mineral, yang disebut tanah potensial asam sulfat, baik di bawah gambut atau terbentuk di lapisan mineral di dalam gambut. Selain wilayah tersebut di atas, semua wilayah pesisir dengan lahan gambut patut dicurigai.

Kehadiran senyawa S dalam bahan organik dapat menyebabkan pengasaman gambut yang kuat setelah drainase dan reklamasi. Pengasaman ini disebabkan oleh oksidasi bahan setelah terpapar udara. Jika Ca bebas cukup tersedia, Ca sulfat (gypsum) terbentuk dan ini menetralkan asam. Dalam kebanyakan situasi, Ca tidak ada dan pH tanah turun, dalam beberapa keadaan menjadi $\leq 3,00\%$ menghambat pertumbuhan sebagian besar vegetasi. Ada atau tidak adanya bahan S dalam lahan gambut digunakan untuk mengklasifikasikan gambut menurut Taksonomi Tanah. Hal ini berguna dalam praktik karena kandungan S yang tinggi (umumnya di atas 1%) menunjukkan potensi kesulitan ketika gambut direklamasi.

7.10. Ketersediaan Hara Mikro

Lahan gambut mengandung 1 ppm Cu, sedangkan Zn, Fe dan Mn masing-masing adalah 14, 49 dan 43 ppm (0,10 N dapat diekstraksi), tetapi masing-masing 5, 35 dan 50 ppm dalam ekstrak Morgan. Kurangnya metode analisis standar membuat sulit untuk membandingkan tingkat yang dilaporkan.

Bahan organik umumnya kekurangan unsur hara mikro yang sering menyebabkan gagal panen setelah reklamasi. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya senyawa organo-logam. Gugus karboksil dan fenolik yang ditemukan dalam dekomposisi gambut adalah gugus fungsi penting untuk mengikat logam. Orde tarik-menarik telah ditemukan menjadi Cu>Pb>Zn>Ni>Co>Mn>Ca>Ba. Inilah sebabnya mengapa defisiensi Cu di sebagian besar tanaman di gambut yang baru direklamasi. Kandungan Cu dalam lahan gambut asli berkisar antara 2-20 ppm. Nilai ini terlalu rendah untuk pertumbuhan yang memuaskan sebagian besar tanaman.

Analisis Cu di gambut dataran rendah dengan teknik aktivasi neutron memberikan nilai masing-masing 20, 11, 8 dan

3,3 ppm pada lapisan pada kedalaman 5-10, 10-20, 80-90 dan 120-140 cm. Gambut hutan yang dikeringkan dan dipotong memiliki nilai yang jauh lebih rendah masing-masing 2,50, 1,30, 2,30 dan 1,20 ppm untuk lapisan dengan kedalaman yang sebanding. Adalah penting bahwa tembaga paling tinggi di lapisan atas. Ini mungkin karena tembaga terus-menerus didaur ulang oleh generasi vegetasi yang berurutan dan diselamatkan dari pencucian.



VIII

IKLIM DAN DINAMIKA MUKA AIR TANAH

Iklim adalah kondisi rata-rata cuaca berdasarkan waktu yang panjang untuk suatu lokasi di bumi. Iklim suatu wilayah dipengaruhi oleh letak geografis serta topografi wilayah tersebut. Pengaruh posisi relatif matahari terhadap suatu wilayah di bumi menimbulkan musim yang menjadi ciri pembeda dari iklim satu dengan yang lainnya. Iklim pada suatu wilayah dapat berubah-ubah dimana hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti suhu dan tekanan udara, angin, kelembaban dan curah hujan. Perubahan iklim adalah perubahan kondisi fisik dari atmosfer bumi dan berdampak luas terhadap berbagai sektor kehidupan manusia. Terjadinya perubahan iklim ini umumnya terjadi hanya sesaat namun dalam kurun waktu yang panjang.

Vegetasi rawa gambut, mikrotopografi, sifat gambut (tingkat kematangan dan ketebalan gambut serta konduktivitas hidrolis) dan hidrologi permukaan rawa adalah komponen penting dari sistem kompleks yang dicirikan oleh banyak umpan balik. Ekosistem lahan gambut dapat menunjukkan keteraturan dan oleh karena itu mengalami pergeseran rezim, yang dapat membantu menjelaskan karakter pergeseran iklim yang tiba-tiba.

Bab ini bertujuan untuk memberikan pemahaman tentang hubungan dan pengaruh iklim terhadap muka air tanah, dekomposisi gambut dan kondisi tanaman lahan gambut, khususnya dinamika muka air tanah yang ditandai dengan perubahan besar dalam komposisi komunitas tanaman,

sehingga diharapkan pertanyaan-pertanyaan berikut ini dapat diuraikan:

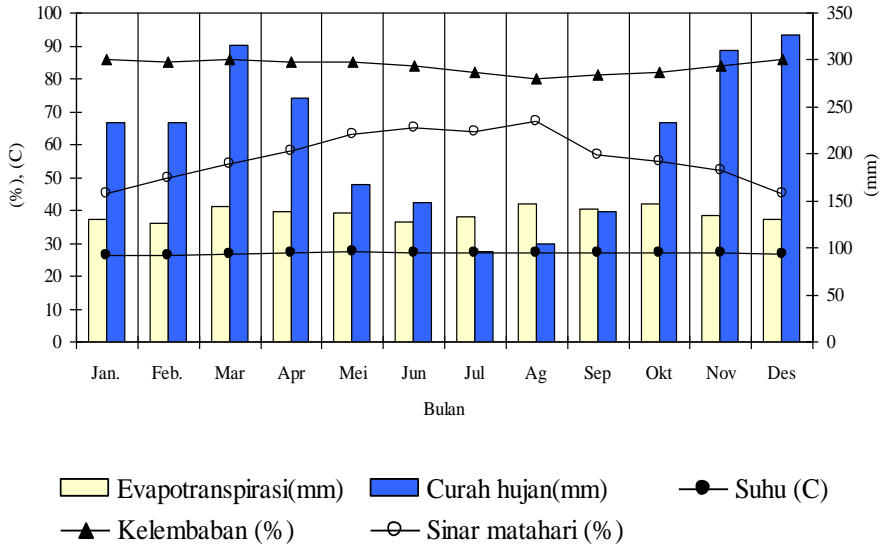
- 1) Apakah karakteristik pola asimetris curah hujan dapat menjelaskan pemaksaan eksternal, sebagian atau seluruhnya, karena proses umpan balik internal dalam sistem rawa terhadap dinamika muka air tanah?
- 2) Faktor pemaksaan eksternal apa yang mungkin mempengaruhi muka air tanah pada lahan gambut?

8.1. Analisis Neraca Air

Neraca air menyatakan bahwa aliran masuk ke sistem air sama dengan aliran keluarnya ditambah perubahan penyimpanan selama selang waktu. Dalam hidrologi, persamaan neraca air dapat digunakan untuk menggambarkan aliran air yang masuk dan keluar dari suatu sistem. Sebuah sistem dapat menjadi salah satu dari beberapa domain hidrologi atau air, cekungan drainase, daerah irigasi dan lain-lain. Neraca air juga dapat merujuk pada cara organisme mempertahankan air dalam kondisi kering atau panas. Hal ini sering dibahas mengacu pada tanaman, yang memiliki berbagai mekanisme retensi air.

Analisis neraca air menunjukkan bahwa pada bulan Januari sampai Juni terjadi kelebihan air, kondisi lapangan menjadi tergenang (banjir), sedangkan pada bulan Juli sampai September, terjadi kekurangan air dan ditunjukkan oleh kondisi lapangan yang kering (Gambar 16).

Analisis neraca air ini dapat digunakan untuk menentukan kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman. Akan tetapi data yang tersedia hanya untuk tanaman endemik lahan kering, belum tersedia neraca air untuk tanaman endemik lahan gambut (Tabel 33).



Gambar 16. Analisis data iklim secara umum

Tabel 33. Ringkasan analisis air untuk komoditi pertanian

Jenis Tanaman	Periode Tanam (tanam s/d panen)	Kondisi air (mm)	Keperluan
Jagung	Mei-Juni-Juli	< 97	Irigasi
Kedelai	Mei-Juni-Juli	< 101	Irigasi
Cabai	Mei s/d Sept	< 141	Irigasi
	Nov. s/d Maret	> 941	Drainase
Kacang tanah	Mei s/d Sept	< 129	Irigasi
	Nov. s/d Maret	> 743	Drainase
Melon	Mei s/d Agust	< 93	Irigasi
	Nov. s/d Febr	> 705	Drainase
Pisang	Jan s/d Des	> 1.251	Drainase
Jeruk	Jan s/d Des	> 939	Drainase
Ikan	Mei s/d Sept	< 120	Irigasi
	Nov. s/d Maret	> 743	Drainase

Sumber: Hasil perhitungan data iklim (2022) dan Susanto *et al* (1995).

8.2. Analisis Frekuensi Curah Hujan Maksimum

Besarnya curah hujan rencana untuk berbagai periode ulang diperoleh dari data curah hujan stasiun Kayuagung (32 km dari lokasi penelitian) dengan menggunakan analisa

frekuensi *Log Pearson Type III*, *Gumbel*, *Normal*, dan *Log Normal* (Tabel 34) yang terlihat bahwa besar curah hujan harian maksimum untuk semua metode menunjukkan angka yang tidak jauh berbeda. Untuk menentukan analisis frekuensi mana yang akan dipakai, maka dilakukan uji kesesuaian dimana dihasilkan simpangan baku maksimum masing-masing, yaitu analisis distribusi *Log Pearson III* 12.26, analisis distribusi *Gumbel* 12.61, analisis distribusi *Normal* 13.10, dan analisis distribusi *log normal* 13.31.

Tabel 34. Analisis frekuensi curah hujan rencana maksimum

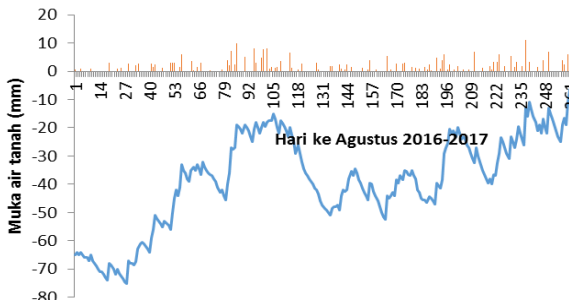
Periode ulang (tahun)	Analisis distribusi			
	<i>Log Pearson Type III</i>	<i>Gumbel</i>	<i>Normal</i>	<i>Log Normal</i>
2	102.25	104.27	106.86	103.03
5	129.56	130.27	131.61	129.33
10	146.00	147.09	144.56	145.67
25	167.15	163.45	158.36	165.37
50	183.58	190.50	167.28	179.49

Sumber: Hasil analisis data lapangan (2022).

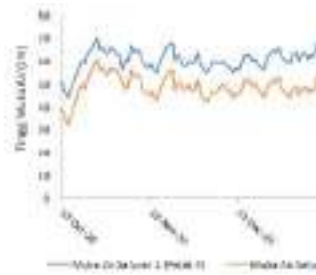
Hasil uji kesesuaian distribusi data menggunakan metode *Kolmogorof Smirnov* menunjukkan bahwa untuk derajat kepercayaan 5% dengan jumlah data 10, maka diperoleh $D_0 = 0.410$. Dari hasil perhitungan metode distribusi normal dan distribusi *Gumbel* diperoleh nilai $D_{maks} = 0.016$, sedangkan hasil perhitungan metode *Log Normal* dan *Log Pearson Type III* diperoleh nilai $D_{maks} = 0.00$. Hal ini menunjukkan bahwa pengujian kesesuaian penyebaran data dari keempat metode distribusi ini dapat diterima. Berdasarkan hasil perhitungan ini maka untuk menentukan debit banjir rencana digunakan hasil perhitungan analisis distribusi *Log Pearson III* karena memiliki simpangan baku terkecil diantara empat metode yang telah dihitung, yaitu sebesar 12.61.

8.4. Analisis Kecukupan Air (SEW-20)

SEW-20 diartikan sebagai total muka air tanah pada kedalaman -20 untuk tanaman semusim dengan satuan (cm/hari). Angka 20 menyatakan kedalaman zona perakaran tanaman semusim (Tabel 35, Gambar 18).



Gambar 18. Keterkaitan muka air tanah dengan curah hujan



Gambar 19. Dinamika muka air saluran

Tabel 35. Perhitungan nilai kumulatif SEW-20

Bulan	Angka pengamatan (cm)	
	Wells1	Wells2
Oktober 2020	295	191
November 2020	687	978
Desember 2020	577	470
Januari 2021	258	5
Jumlah	1.817	1.644

Tabel 35 menggambarkan penilaian positif untuk muka air tanah dengan jumlah 1.817 pada Wells 1 dan 1.644 pada Wells 2. Perbedaan ini muncul karena Wells 1 terletak dekat saluran tersier (air lebih mungkin masuk ke lahan) dan Wells 2 terletak jauh dari saluran tersier (Gambar 19).

8.5. Curah Hujan dan Fluktuatif Muka Air Tanah

Curah hujan sangat berpengaruh terhadap fluktuasi muka air tanah karena air hujan akan masuk ke petak lahan, sehingga

muka air tanah meningkat. Air tersedia banyak pada saat curah hujan tinggi dan demikian juga sebaliknya (Gambar 20).



Gambar 20. Curah hujan dan fluktuatif muka air tanah

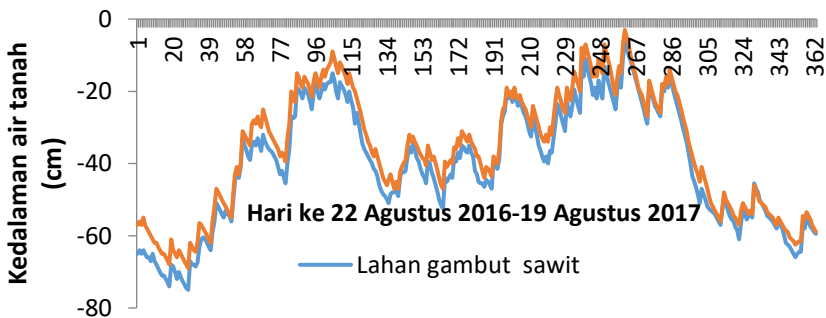
Pola asimetris yang diamati dalam banyak catatan muka air tanah dapat mencerminkan cara muka air tanah berperan dalam proses dekomposisi gambut. Selama periode kering yang panjang, maka muka air tanah secara bertahap akan bergerak ke bawah, yang mengakibatkan dekomposisi gambut akan dipercepat. Sebagai efek dari paparan yang lebih singkat terhadap kondisi aerobik, pengaruh dekomposisi ini menjadi lebih lemah seiring bertambahnya kedalaman. Oleh karena itu, muka air tanah akan menurun secara bertahap daripada penurunan curah hujan efektif yang mendasarinya. Lebih penting lagi, sinyal muka air tanah yang rendah akan mendahului perubahan hidrologi yang dialami dan sinyal dekomposisi gambut tidak terjadi selama peningkatan presipitasi efektif.

8.6. Dinamika Air Tanah dan Efek Operasi Jaringan

Melalui pengelolaan air yang baik di tingkat lapangan dengan model retensi dan panen hujan, maka muka air tanah bisa dikendalikan dengan baik dan tidak mudah hilang. Kondisi ini dapat terlihat pada Gambar 21. Muka air tanah pada lahan

sawit yang dikelola menunjukkan angka minimum berada pada kedalaman - 6,5 m di bawah permukaan tanah, dan pada lahan semak berada -3,0 m. Kondisi ini terjadi pada musim penghujan. Ini artinya pada musim hujan, muka air tanah pada kedua penutupan lahan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

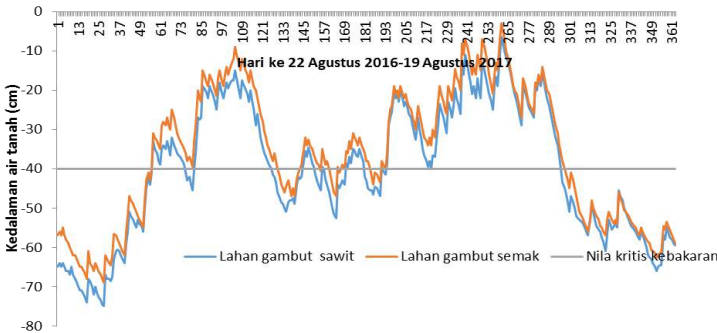
Sebagai lahan kontrol adalah lahan semak yang belum ditanami kelapa sawit. Hasil pengamatan muka air tanah menunjukkan pada kondisi iklim normal terjadi perbedaan muka air antara lahan sawit dengan lahan semak adalah 5-10 cm (Gambar 21). Muka air di lahan sawit lebih rendah 5-10 cm dibandingkan dengan di lahan yang tidak dibuka sawit. Namun pada saat curah hujan tinggi seperti di tahun 2016 menunjukkan air tanah tidak berbeda nyata, dimana muka air di lahan sawit dan lahan semak hanya berbeda 2-3 cm. Air tanah di lahan sawit lebih rendah 1-2 cm dibanding dengan air tanah yang berada di lahan semak.



Gambar 21. Fluktuatif muka air tanah

Pengaruh curah hujan sangat menentukan status air tanah di lahan gambut. Zona kritis menurut peraturan untuk menghindari bahaya kebakaran adalah 40 cm di bawah permukaan tanah. Gambar 22. menunjukkan dinamika air tanah harian dibandingkan dengan nilai batas 40 cm untuk pencegahan bahaya kebakaran. Analisis kelebihan air dalam

Zona 40 cm sesuai dengan Peraturan Pemerintah Indonesia Nomor 71 tahun 2014 tentang perlindungan dan pengelolaan ekosistem gambut dimana upaya pengelolaan air harus menciptakan kondisi air tanah tidak melebihi angka 40 cm. Air tanah pada musim hujan melalui penutupan kanal (*Canal blocking*) mampu di jaga melebihi angka 40 cm.



Gambar 22. Fluktuatif nilai kritis muka air dan bahaya kebakaran

Gambar 23 menunjukkan kondisi muka air yang berada diatas 40 cm terjadi selama 8 bulan, yaitu dimulai bulan Oktober 2016 sampai bulan Mei 2017. Dalam periode ini lahan berada dalam kondisi aman dari bahaya kebakaran. Kondisi waspada terjadi mulai bulan Juni sampai bulan September. Namun demikian melalui upaya pengendalian muka air, kondisi air tanah masih relatif aman karena rata-rata masih berada di kedalaman 59 cm di bawah permukaan tanah, sehingga zona akar masih relatif lembab. Sementara itu selama 8 bulan dengan jumlah hari 240 hari muka air rata-rata bisa dikendalikan pada kedalaman 29 cm. Angka yang sangat baik dimana pada zona ini lahan berada dalam kondisi jenuh air. Namun tentu berdampak kepada pertumbuhan tanaman sawit dimana zona akar terlalu basah.

Sebagai gambaran kondisi muka air di saluran sekunder bisa dilihat pada Gambar 23. Dimana muka air masih berada

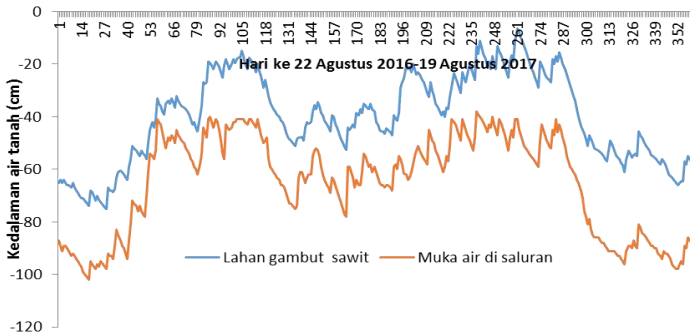
pada kedalaman 75 cm di bawah tanggul. Kondisi ini menyebabkan air tanah bisa dipertahankan di posisi dibawah muka tanah (- 60 cm). Ini menunjukkan bahwa ada selisih lebih kurang 10-15 cm upaya penahanan air di saluran terhadap kedalaman air tanah. Sehingga untuk mempertahankan air di bawah muka tanah (- 40 cm) megharuskan status saluran penuh air (hanya berkurang 30 cm dari tanggul saluran). Ini tentu sulit hanya tercapai bila musim hujan sampai akhir musim penghujan. Kondisi iklim 2017 bisa dipertahankan sampai bulan Mei dikarenakan curah hujan masih banyak turun, sehingga pengisian saluran terjaga. Keterkaitan status air di saluran dan muka air tanah. Hubungannya sangat nyata dimana kenaikan muka air saluran berpengaruh terhadap kenaikan muka air petak tersier dan sebaliknya.



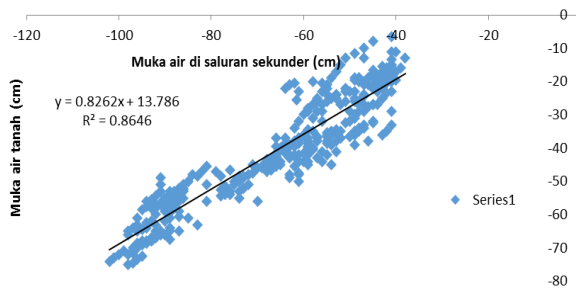
Gambar 23. Muka air di saluran (30 Agustus 2017)

Hasil analisa menunjukkan pada kondisi normal tidak hujan, maka ada selisih antara air di petakan lahan dengan di saluran. Rerata perbedaan ketinggian adalah 25 cm. Namun pada kondisi musim hujan dimana muka air disaluran mula naik akibat pengisian dari hujan dan aliran samping maka perbedaan ketinggian muka air di saluran dan petakan lahan menjadi berkurang hanya berkisar antara 10-15 cm (Gambar 24). Analisis regresi menunjukkan hubungan yang erat antara kenaikan atau penurunan air di saluran dengan status air tanah di petakan

lahan (Gambar 25). Nilai korelasi adalah mencapai 0.85 dan persamaan ini menghasilkan model persamaan $Y = 0,83 x + 13,78$, dimana nilai x adalah ketinggian air di saluran.



Gambar 24. Keterkaitan muka air di saluran dengan di petak lahan



Gambar 25. Regresi korelasi muka air di saluran dan petak lahan

Keberadaan air dalam saluran sangat penting dan operasi pintu air dengan tujuan penahanan adalah hal yang tepat. Sistem penahanan pada kedalaman air di saluran tidak boleh < 30 cm dari tanggul saluran. Kelebihan air bisa dilewatkan melalui paralon yang dipasang pada level ini.

8.7. Simulasi Drainmod

Drainmod adalah model yang mampu menduga fluktuasi muka air tanah. Tahap awal simulasi menggunakan iklim normal dengan menggunakan data hujan tahun 2017. Hasil dinamika muka air tanah prediksi Drainmod dapat dilihat pada

Gambar 25. Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa bila pembukaan lahan dilakukan tanpa pengendalian, dan sistem drainase dilakukan terbuka, maka muka air turun melampaui batas kritis. Air akan selalu berada di bawah zona 40 cm. Kondisi ini akan berbahaya bagi lahan karena akan terjadi kelebihan pembuangan dan bagian permukaan tanah dan zona akar akan kering, sehingga rawan terhadap kebakaran.

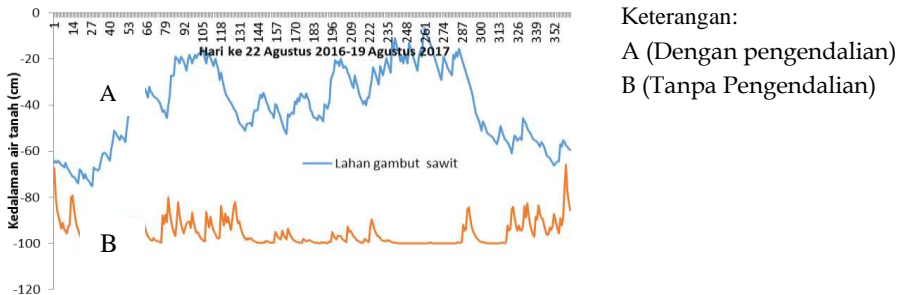
Melalui *canal blocking* (20-30 cm dari atas tanggul) berpengaruh sangat nyata untuk menahan air di saluran dan menaikkan muka air tanah (50-60 cm). Kondisi ini jelas juga sangat positif dalam upaya menahan laju emisi karbon. Penurunan air 1 cm akan meningkatkan emisi karbon sebanyak 0.91 ton CO₂. Oleh karena itu pengendalian muka air dapat dilakukan jika lahan dalam pengendalian atau diusahakan. Jika lahan terlantar, maka drainase lahan menjadi tidak terkontrol. Oleh karena itu, lahan terlantar ini sering menjadi sasaran kebakaran hutan dan lahan.

8.8. Pengelolaan Muka Air Tanah

Keberhasilan pertanian di lahan gambut tergantung pada pilihan penggunaan lahan. Pilihan ini menentukan kedalaman drainase yang dibutuhkan meskipun di beberapa daerah ketinggian air di lahan gambut diatur oleh kawasan tangkapan air atau KHG (Kesatuan Hidrologis Gambut). Hampir semua sistem tanam yang umum digunakan di lahan gambut saat ini pasti menyebabkan subsidensi gambut. Bukti sejarah menunjukkan bahwa begitu drainase dimulai, subsidensi gambut dimulai dan jika lahan gambut tidak lagi tergenang, maka lahan gambut pada akhirnya akan hilang. Studi radio-karbon menunjukkan bahwa 30 cm gambut yang membutuhkan waktu minimal 400 tahun untuk berkembang dan dapat dengan

mudah dihancurkan dalam waktu kurang dari 10 tahun dikarenakan sistem drainase yang tidak tepat (Gambar 26).

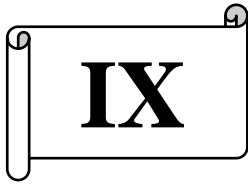
Laju subsidensi gambut dapat diatur dan diperlambat dengan pengendalian muka air tanah yang tepat dan pengelolaan lahan yang baik. Pilihan tanaman yang sesuai dengan lahan gambut adalah cara terbaik untuk meminimalkan laju subsidensi gambut. Harus ada kolaborasi berkelanjutan antara ahli drainase dan ilmuwan pertanian untuk mencari cara optimal untuk mengendalikan subsidensi gambut dengan pengelolaan air, lahan dan tanaman yang tepat. Pencarian spesies (varietas) baru untuk ditanam secara menguntungkan dalam kondisi tergenang air dan dilanjutkan dengan pekerjaan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman harus menjadi bagian utama dari program penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan pengelolaan lahan gambut yang direklamasi.



Gambar 26. Simulasi Drainmod muka air tanah

Sampai saat sekarang, hanya ada sedikit data yang dikumpulkan secara lokal (spesifik lokasi) tentang persyaratan pengelolaan air dalam kaitannya dengan tanaman yang ditanam secara luas. Secara tradisional penekanannya adalah pada masalah jangka pendek dari kebutuhan pupuk daripada pada langkah-langkah pengendalian air, yang lebih penting dalam jangka panjang.

Sulit untuk membuat percobaan yang memuaskan untuk melihat kedalaman optimum dari muka air tanah untuk tanaman tertentu. Penelitian muka air tanah yang mahal dan komprehensif telah dilakukan di Everglades, Florida USA sejak tahun 1958, tetapi penelitian itu terbukti tidak memuaskan. Sulit, bahkan ketika menggunakan desain yang rumit, untuk mempertahankan kisaran muka air yang telah ditentukan sebelumnya di petak-petak yang disusun dalam bujur sangkar Latin 3 x 3 di atas blok seluas 24 ha.



IX

SISTEM TATA AIR LAHAN GAMBUT

9.1. Sasaran Sistem Tata Air

Sistem pengelolaan air gambut berdasarkan prinsip utama PP No 57 tahun 2016 tentang kedalaman muka air tanah yang tidak kurang -40 cm sepanjang waktu. Sasaran utama pengelolaan tata air lahan gambut, yaitu:

- 1) Menjamin ketersediaan air sepanjang tahun guna menerapkan restorasi ekosistem lahan gambut (kawasan lindung dan kawasan budidaya);
- 2) Aliran air di lahan gambut terkontrol, sehingga pembagian air terjadi dalam siklus KHG guna menerapkan restorasi lahan gambut;
- 3) Kebakaran hutan dan lahan menurun dengan cara mengatur muka air tanah, sehingga lahan gambut selalu lembab;
- 4) Meminimalkan subsidensi gambut sebagai dampak terjadinya penurunan muka air tanah;
- 5) Pendapatan masyarakat lokal meningkat, terutama masyarakat lokal sekitar lahan gambut.

Beberapa rekayasa inovasi terus diaplikasikan guna mengendalikan tata air lahan gambut optimal, antara lain: tata air makro (skala besar), teknologi tepat guna, restorasi lahan gambut, data dan informasi; dan tata air mikro (skala kecil). Sasaran sistem tata air ini harus tepat dan terintegrasi, sehingga pembangunan pertanian pada lahan gambut bersifat efektif, efisien dan berkelanjutan.

9.2. Sumber Air dan Teknologi Tata Air

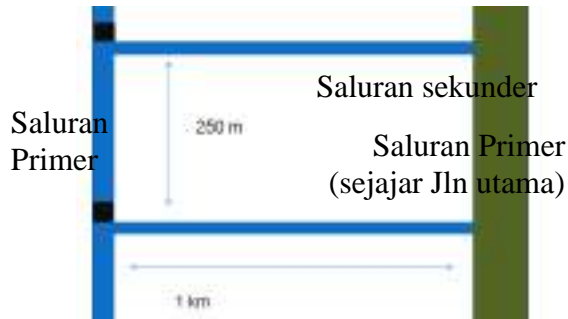
Curah hujan, dan fluktuatif air sungai berpengaruh langsung terhadap lama, tinggi, luas genangan, tingkat kesuburan dan pola budidaya tanaman. Luapan air sungai ini berguna untuk mencuci zat-zat beracun hasil oksidasi senyawa organik dan mengendalikan kondisi air, sehingga memungkinkan tanaman tumbuh optimal sesuai dengan fase pertumbuhannya. Produktivitas lahan gambut optimal diraih melalui pengelolaan air dan konservasi lahan gambut. Teknik tata air di lahan gambut dilakukan dengan membuat saluran dengan tujuan, yaitu:

- 1) Pengendalian muka air tanah dengan cara menerapkan pintu-pintu air (*flap gate*) agar air dapat terkendali (tidak kering pada musim kemarau, tidak tergenang pada musim hujan) dan mengatur air tersedia sesuai dengan kebutuhan tanaman;
- 2) Pencucian senyawa beracun (asam-asam organik, anorganik) bagi tanaman dan menyediakan air segar untuk memberikan oksigen;
- 3) Pemanfaatan keberadaan air di saluran untuk budidaya ikan (budidaya aktif, budidaya pasif).
- 4) Air di saluran berguna untuk sekat bakar yang dapat mencegah terjadinya kebakaran hutan dan lahan.
- 5) Dapat dimanfaatkan sebagai media transportasi.

9.3. Jaringan dan Bangunan Tata Air

Jaringan tata air terdiri dari bangunan saluran primer, saluran sekunder, dan saluran tersier.

Saluran primer, saluran ini bermanfaat untuk akses jalan karena saluran ini berada sejajar dengan jalan utama (Gambar 27), ukuran saluran primer (lebar > 8 m, dalam 3 m, Gambar 28). Pengendalian muka air di saluran primer dilaksanakan melalui *canal blocking*.



Gambar 27. Sistem jaringan tata air di kawasan gambut

Distribusi air ini mengikuti pola prinsip bejana berhubungan dengan tujuan untuk sistem pembagian air dalam satu petak tersier dalam satu petak sekunder. Masing-masing petak tersier memiliki perbedaan ketinggian, sehingga air di saluran memiliki potensi pengaliran secara gravitasi. Jika air di petak satu sudah penuh, maka air akan memasuki (*overflow*) petak selanjutnya, diharapkan semua petak mendapat jumlah air yang sama.



A (Pintu air saluran primer)



B (Saluran Primer sejajar jalan utama)

Gambar 28. Saluran primer

Saluran sekunder, saluran ini diletakkan tegak lurus dengan saluran primer dan mempunyai ukuran (lebar atas 2,5-3,0 m, lebar bawah 1,50 m, dalam 2,00 m). Saluran ini hanya terkoneksi sebelah ke saluran primer, ujung lainnya tertutup (Gambar 29). Pengontrolan muka air tanah tidak menerapkan pintu air, tapi dilaksanakan secara manual apabila diperlukan, khususnya dengan penimbunan saluran dengan tanah.



A (Kondisi saluran sekunder)



B (Kualitas air di saluran sekunder)

Gambar 29. Saluran sekunder

Saluran tersier (parit cacing), diletakkan tegak lurus dengan saluran sekunder dan sejajar dengan saluran primer, diterapakan setiap 50-100 m dengan ukuran saluran (dalam 1 m dan lebar 1 m, Gambar 30).



A: Saluran tersier tidak terawat



B: Saluran tersier terawat

Gambar 30. Saluran tersier

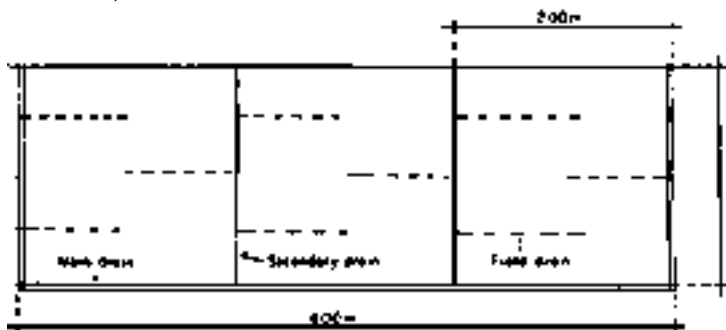
Saluran tersier berguna untuk membuang kelebihan air di petak tersier, sayang sekali kebanyakan belum ada bangunan pengendali di saluran tersier. Pengendalian dilaksanakan dengan cara membuat *canal blocking* di bagian muara dengan tanah agar air tidak keluar. Kebanyakan saluran tersier tidak terkendali dan tidak diawasi, sehingga jika curah hujan sangat tinggi (kelebihan air, muka air tanah dangkal), dan muka air tanah sangat dalam saat musim kemarau. Keadaan ini berbahaya bagi petakan lahan gambut karena dapat terjadi kebakaran dan laju pelapukan gambut meningkat, dan mengalami proses subsidensi gambut.

9.4. Sistem Saluran Tata Air

Sistem saluran tata air dibagi dua, yaitu sistem saluran terbuka dan sistem saluran tertutup (drainase bawah permukaan). Sistem saluran terbuka yang sering dimanfaatkan oleh masyarakat umum.

Sistem Saluran Terbuka

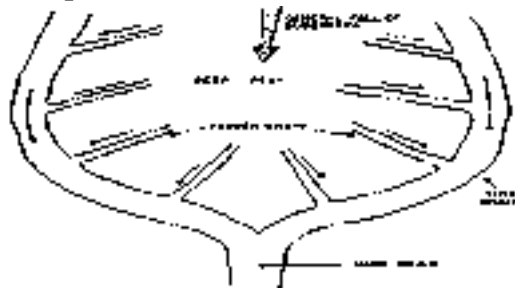
Pada sistem saluran terbuka, maka ukuran saluran terbuka berhubungan dengan jumlah curah hujan yang harus dibuang dan ketinggian muka air tanah yang harus dipertahankan. Iklim, khususnya curah hujan, dan konduktivitas hidrolis lateral dan vertikal gambut adalah kriteria terpenting dalam desain drainase. Umumnya, semakin dekat muka air tanah dipertahankan pada kedalaman optimum untuk masing-masing tanaman, semakin baik hasilnya. Rekomendasi untuk drainase pada kedalaman 90-150 cm pada interval 100-200 m bersama dengan drainase lapangan pada kedalaman 50-80 cm, ditempatkan tegak lurus dengan saluran utama pada jarak 15-30 m. Sistem serupa digunakan untuk gambut dengan ketebalan < 1,5 m (Gambar 31).



Gambar 31. Sistem drainase untuk gambut dangkal (<1,5 m) (Tay, 1969)

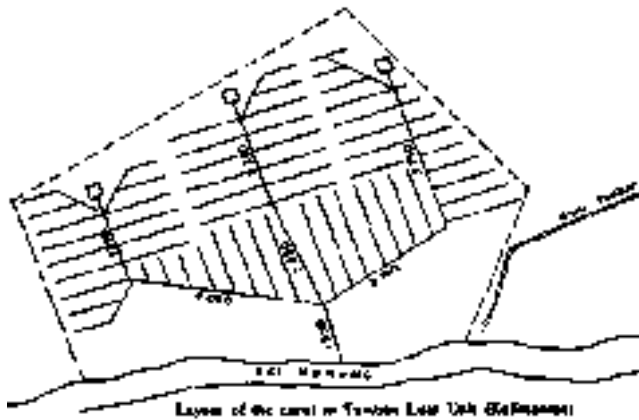
Untuk gambut tebal, sistem drainase *ring* dan *feeder* direkomendasikan (Gambar 32). Sistem seperti itu tidak

memungkinkan irigasi di musim kemarau. Sistem yang memungkinkan drainase dan irigasi dengan memanfaatkan perbedaan pasang surut air di saluran utama (Gambar 33). Sistem ini bekerja sebagai berikut: pada saat air pasang, air masuk ke sistem kanal memback up dan menaikkan air tawar di dalam sistem, sehingga sebagian lahan dapat diairi dengan cara perendaman. Selama air surut, tingkat air dalam sistem turun, termasuk saluran tersier utama dan saluran lapangan. Karena panjangnya sistem yang relatif panjang, tidak semua air drainase dibuang ke sungai. Untuk menangkap ini, tangki air dibangun di titik-titik strategis untuk diisi pada saat pasang berikutnya. Air ini dialirkan ke sistem ketika penurunan muka air berikutnya mencapai titik minimum di dasar saluran air tersier.



Gambar 32. Sistem drainase untuk gambut dalam ($> 1,5$ m) (Tay, 1969)

Dalam praktiknya, pendangkalan yang serius terjadi di tangki, tetapi di mana beban lumpur di sungai rendah, sistem ini layak dilakukan. Namun, hanya melalui penyediaan struktur seperti pintu air pasang, pintu air dan pompa yang baik dapat dibuat dari sistem irigasi dan drainase gabungan di dataran rendah pesisir. Sebagai sarana pengontrolan air di tingkat lapangan, *stop-board* banyak digunakan di saluran air tersier. Ketinggian permukaan air kemudian dapat dengan mudah diatur dalam batas-batas yang sesuai dengan kebutuhan masing-masing tanaman dan periode tumbuh.



Gambar 33. Sistem drainase dan irigasi dengan beda pasang surut (ESCAP, 1978)

Lahan dibagi dengan saluran air utama (dalam 1,5 m, lebar 1,2 m) menjadi blok persegi panjang 200 x 600 m. Di dalam setiap blok, saluran sekunder (kedalaman 1,2 m, lebar 0,9 m) dan lapangan (kedalaman 0,9 m, lebar 0,6 m) dibangun.

Sistem Saluran Tertutup (Drainase Bawah Permukaan)

Sistem drainase bawah permukaan menggunakan pipa plastik bergelombang di lapangan. Ini lebih mudah dipasang dari ubin tanah liat, meskipun mungkin lebih mahal. Pipa drainase harus berjarak 10-30 m tergantung pada permeabilitas gambut, curah hujan dan sistem tanam. Pengamatan ketinggian air pada interval sekitar 2 m antara pipa memberikan informasi tentang efisiensi saluran bawah permukaan.

Kerugian sistem saluran tertutup adalah adanya kerentanannya terhadap pendangkalan oleh senyawa-senyawa organik atau oksida besi, biaya instalasi relatif tinggi dan kemungkinan gangguan oleh akar pohon. Keuntungan sistem saluran tertutup adalah bahwa pipa plastik dapat digunakan untuk mengairi pada saat kekeringan dengan membalikkan arah aliran air di parit atau saluran terbuka utama, tetapi

keberhasilannya tergantung pada permeabilitas tanah dan kehalusan permukaan lapangan. Sebuah saluran pembuangan melingkar besar dibangun di sekeliling tanah dengan saluran pengumpulan mengalir ke dalam ke tengah.

Irigasi

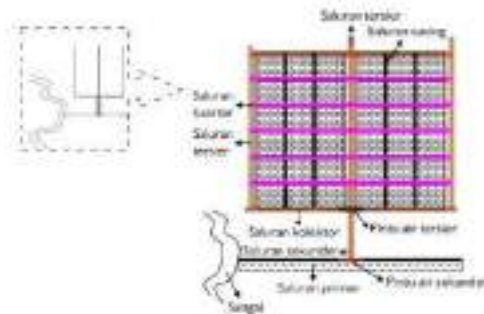
Jumlah air yang tersedia untuk tanaman pada periode kritis dalam pertumbuhannya sangat penting untuk mendapatkan hasil yang baik. Untuk kondisi pertumbuhan yang optimal, maka perlu dilakukan pemantauan kondisi kelembaban lahan gambut. Tidak ada kelebihan atau kekurangan air di zona perakaran (*rooting zone*). Hal ini terutama berlaku untuk tanaman sayuran berkualitas tinggi yang membutuhkan investasi modal dan tenaga kerja yang besar untuk produksi yang optimal. Permukaan gambut tidak boleh dibiarkan mengering dan kolam penyiraman air diperlukan pada periode kering.

Jika hal ini tidak dapat dilakukan secara manual, maka diperlukan perangkat penyiram dengan gembor, irigasi tetes, atau *sprinkler irrigation*. Irigasi bawah permukaan, pada umumnya disukai karena biayanya rendah dan tidak ada masalah dengan kualitas sumber air (bahaya alkalinitas atau salinitas rendah). Banyak sekali sistem, yang melayani banyak kondisi lokal yang bervariasi, sedang digunakan, masing-masing dengan kelebihan dan kekurangannya. Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam memilih peralatan adalah biaya tenaga kerja, kemudahan penanganan, kerusakan tanaman, pola distribusi air dan genangan air di lapangan. Air yang digunakan untuk irigasi sebaiknya memiliki konduktivitas kurang dari atau $750 \text{ mmhos cm}^{-1}$ (650 ppm garam).

Pengendalian muka air tanah dilakukan dengan menstabilkan muka air tanah pada level tertentu agar fluktuasi

muka air tanah tidak terlalu besar. Dengan kata lain, bagaimana mempertahankan muka air tanah tidak turun drastis. Bangunan tata air umumnya mencakup saluran; primer, sekunder, dan tersier (parit cacing); sistem tata air yang seringkali diterapkan adalah sistem saluran model garpu dimodifikasi.

Model garpu seringkali dimanfaatkan guna mereklamasi lahan gambut. Kelemahan sistem ini, antara lain: aliran air masuk dan keluar dari petakan lahan gambut (saat luapan berlangsung) terjadi pada satu saluran yang sama, sehingga sangat mudah terjadi pendangkalan yang dibawa oleh lumpur sungai di saluran ini. Akibat saluran dangkal, maka proses pergerakan air segar dalam petak tersier tidak dapat berjalan optimal dan terjadi penimbunan senyawa-senyawa beracun, serta kualitas air menurun drastis, sehingga perlu dilakukan pembersihan endapan di saluran. Pada areal lahan gambut yang tidak terlalu luas (< 500 ha), dapat digunakan model garpu yang dimodifikasi (Gambar 34).



Gambar 34. Sistem model garpu dimodifikasi

Aplikasi saluran model garpu dilaksanakan sebagai berikut: saluran primer dibuat terlebih dahulu dari pinggir sungai ke arah lahan gambut. Pada sisi kanan kiri saluran primer dapat dirancang saluran sekunder yang digunakan sebagai batas kepemilikan (dimanfaatkan sebagai jalan). Karakter umum sistem saluran garpu, yaitu:

- 1) Lahan gambut yang dikelola luas (jarak jauh) > 4 km dari tepi sungai ke arah pedalaman atau sampai mencapai ketebalan gambut dalam;
- 2) Bagian tepi sungai dimanfaatkan sebagai pematang, jika sungai meluap, luapan air sungai terus mengalir dan masuk ke lahan usaha melalui saluran irigasi.
- 3) Dibuat dua saluran (saluran drainase dan saluran irigasi), sehingga air mengalir selaras dengan saluran yang dibuat.
- 4) Guna menjaga air di petakan, maka saluran dipasang pintu-pintu air guna mengendalikan keluar dan masuk air sesuai dengan keperluan air;
- 5) Agar saluran tetap terpelihara, maka dilaksanakan pengerukan lumpur setiap 1-2 semester sekali atau paling lambat 1 tahun;
- 6) Ukuran saluran diselaraskan dengan kebutuhan dan semakin menyempit ke hulu saluran. Kiri kanan saluran dapat dimanfaatkan dan ditanam pohon-pohonan penahan tanggul dan dibuat rumah kontrol;
- 7) Setiap 200-400 m dapat dirancang saluran tersier, bermanfaat untuk memasukkan dan mengeluarkan air di petakan pertanaman. Saluran tersier mempunyai panjang, lebar dan dalam berkisar 100 cm.
- 8) Meningkatkan mutu air dengan cara dapat ditanami tumbuhan air. Apabila kualitas air optimal, maka ditebar bibit ikan, tetapi keberadaan tumbuhan air tidak boleh terlalu banyak karena menimbulkan pendangkalan, apabila pendangkalan terjadi, maka tumbuhan air harus diminimalkan.

9.5. Mekanisme Sistem Saluran Model Garpu

Fluktuatif air sangat dikendalikan oleh curah hujan, semakin tinggi curah hujan, maka semakin berfluktuatif muka

air tanah, demikian juga sebaliknya. Jika sistem saluran model garpu kurang dirawat, maka lahan gambut sangat mudah terjadi kebanjiran dan kekeringan pada musim kemarau.

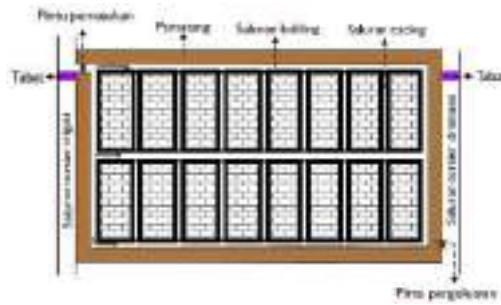
Pengaturan fluktuatif muka air tanah dengan membuat pintu-pintu air (*flap gate*), yaitu pintu otomatis, ketika air meluap, air akan mendorong pintu, sehingga air dapat masuk ke dalam saluran-saluran, tapi saat surut, air bertahan di saluran-saluran. Struktur operasional pintu-pintu air ini diselaraskan dengan tujuan penggunaan lahan. Kelemahan tata air sistem garpu adalah biaya pembuatan sistem garpu mahal karena dirancang untuk areal yang luas dan menggunakan alat-alat berat.

Pelumpuran di saluran harus sesering mungkin dibersihkan, jika tidak, akan menyulitkan proses penggantian air segar dan penumpukan senyawa racun (misalnya senyawa pirit yang teroksidasi dan tidak tercuci). Penanggulangan kelembahan ini dengan cara menerapkan saluran irigasi terpisah (masukan, *inlet*) dan saluran drainase (pembuangan, *outlet*), sehingga pergerakan air optimal dan penimbunan senyawa racun dapat diminimalkan.

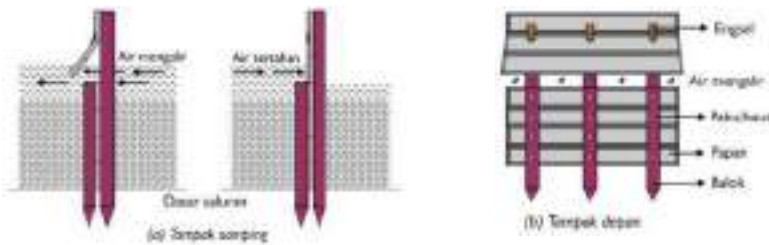
Saluran satu arah (Gambar 35) memerlukan dua saluran tersier, pertama bermanfaat untuk saluran irigasi (*inlet*) dan kedua berguna untuk saluran drainase. Kedua saluran ini diaplikasikan menggunakan pintu air otomatis (*flap gate*) menggunakan tenaga arus air. Saluran irigasi terbuka jika air meluap dan saluran drainase tetap tertutup. Kondisi ini diaplikasikan dengan cara mengoperasikan posisi pintu yang berlawanan arah (Gambar 36).

Fluktuasi muka air tanah di saluran diatur oleh otomatisasi pintu drainase (*outlet*). Keuntungan sistem aliran satu arah ini dapat memfasilitasi pertukaran air segar di saluran

secara optimal, dan potensi endapan lumpur di saluran dapat diminimalkan karena dapat tercuci lebih mudah dan penumpukan senyawa beracun dapat dikurangi.



Gambar 35. Sistem saluran satu arah pada petakan tersier



Pintu waktu pasang Pintu waktu surut

Gambar 36. Pintu air otomatis

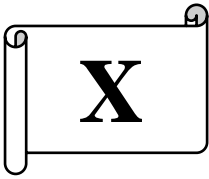
9.6. Evaluasi Umum Tata Air

Penyediaan dan pemeliharaan sistem pengendalian air yang memadai dalam reklamasi lahan gambut memerlukan dua jenis pengelolaan yang berbeda; satu di tingkat petani individu dan satu lagi untuk lahan gambut secara keseluruhan. Yang terakhir ini bertanggung jawab untuk konstruksi besar seperti bendungan, tanggul, kanal dan parit utama, sedangkan petani biasanya bertanggung jawab untuk pembangunan dan pemeliharaan parit pertanian dan/atau saluran air ladang.

Tujuan dari sistem pengendalian air adalah untuk menyediakan drainase yang memadai untuk hasil panen yang

optimal dan untuk menjaga muka air tanah pada kedalaman yang optimal untuk memperpanjang umur lahan gambut. Awalnya kelebihan air yang tergenang harus dikeringkan, setelah itu permukaan air harus diturunkan dan dipertahankan pada kedalaman di mana pertumbuhan tanaman dimungkinkan. Namun, gambut tidak boleh dibiarkan mengering sedemikian rupa sehingga terjadi pengeringan yang tidak dapat diubah. Fasilitas drainase harus dilengkapi dengan irigasi, sehingga dalam periode tingkat air kekeringan dapat dipertahankan pada ketinggian yang diinginkan dengan infiltrasi. Oleh karena itu, sumber air irigasi yang memadai harus tersedia.

Reklamasi rawa-rawa kecil di dalam suatu usahatani atau kelompok usahatani biasanya dilakukan oleh petani atau petani yang bersangkutan. Rawa-rawa besar biasanya direklamasi oleh badan-badan publik. Buku ini menjelaskan pengelolaan reklamasi yang diperlukan di tingkat petani dan tidak menjelaskan secara panjang lebar persyaratan teknis untuk skema reklamasi besar. Masalah koordinasi dan integrasi persyaratan drainase dari pengguna tidak boleh diremehkan.



MASALAH & TANTANGAN LAHAN GAMBUT

10.1. Akar Masalah Lahan Gambut

Apabila lahan gambut tidak mendapat campur tangan manusia secara berlebihan, maka lahan gambut tetap akan terkonservasi dan berfungsi secara alamiah untuk mendukung sistem kehidupan manusia. Campur tangan manusia berlebihan terhadap lahan gambut yang kurang memperhatikan kelestarian lingkungan dan diperburuk oleh sifat rakus pengurasan sumberdaya alam, maka kerusakan lahan gambut sulit untuk dihindarkan.

Lahan gambut ternyata sangat rentan terhadap berbagai efek sinergis dari tindakan manusia yang mengganggu keseimbangan lahan gambut, yaitu keseimbangan antara hidrologi, vegetasi, dan lahan gambut. Tindakan deforestasi, drainase, dan kebakaran hutan dan lahan telah memicu kerentanan lahan gambut untuk mudah terdegradasi akibat terganggunya keseimbangan alam.

Awal pembukaan dan penyiapan lahan gambut biasanya dimulai dengan pembuatan drainase awal, penebangan pohon-pohon, dan pembersihan lahan. Ketiga kegiatan ini sangat umum dilakukan, akan tetapi apabila ketiga kegiatan ini tidak dilakukan dengan baik dan benar, maka masalah dan tantangan internal lahan gambut semakin membesar dan meluas mengikuti hukum *snowball system* dan semakin sulit dikendalikan atau bahkan terjadi *peatland degradation and destruction*.

Drainase Awal

Keterbatasan lahan mineral telah memaksa investor untuk menjamah lahan lainnya, akhirnya lahan gambut adalah alternatif terakhir untuk dikelola guna memproduksi bahan makanan, *pulp*, dan *biofuel*. Lahan gambut tergolong *fragile and marginal soils* karena terdapat tiga faktor pembatas utama untuk budidaya pertanian dalam arti luas, yaitu fluktuasi muka air tanah yang sulit diatur; kemasaman tanah yang tinggi; dan kesuburan tanah yang rendah.

Konversi lahan gambut skala besar untuk tujuan pertanian dalam arti luas menuntut dilakukan *land clearing*; drainase; penambahan ameliorant tanah (pupuk, dan kapur) guna menstimulasi meningkatkan pH tanah dan aktivitas mikroba. Tindakan drainase telah menyebabkan muka air tanah turun 0,50-1,00 m di bawah permukaan tanah (di bawah tingkat kritis), memicu penyusutan dan pengeringan lahan gambut tidak balik, mempercepat dekomposisi bahan organik (lahan gambut semakin matang) yang banyak melibatkan oksigen dan mikroba tanah. Dekomposisi lahan gambut memicu terjadinya subsidensi lahan gambut (*peat subsidence*), dan apabila tanah asam sulfat di bawahnya terekspos, maka terjadi pemasaman tanah yang sangat serius. Proses oksidasi melepaskan C dioksida dan gas rumah kaca lainnya, yang berkontribusi terhadap perubahan iklim global. Sebagian besar lahan gambut mengalami drainase berlebihan, sehingga menimbulkan masalah banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau.

Biasanya fase pertama reklamasi adalah drainase untuk mengurangi periode genangan air dan meningkatkan daya menahan beban. Hal ini diperlukan untuk meningkatkan aksesibilitas, terutama jika alat berat akan digunakan dalam penyediaan akses jalan, pembukaan lahan, pemasangan saluran drainase utama dan persiapan lahan. Meskipun saat ini

reklamasi gambut menggunakan mesin, tetapi masih ada sebagian operasi, terutama yang pertama dilakukan secara manual dengan tangan. Apakah drainase awal dilakukan dengan mesin atau *manual*, maka harus diingat bahwa sifat gambut dan vegetasi yang dibawanya merupakan masalah utama yang harus diperhitungkan. Jika gambut sangat berkayu, operasinya akan lambat dan mahal, gambut berkayu (dengan batang kayu besar yang belum terdekomposisi) membutuhkan 10 kali jumlah tenaga kerja untuk menggali saluran air daripada gambut yang relatif tidak berkayu. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui kandungan, sifat dan kedalaman dari setiap komponen kayu sebelum memulai reklamasi.

Sebagian besar praktik penggunaan lahan gambut memerlukan tindakan drainase. Drainase gambut berlebihan menyebabkan subsidensi permukaan tanah dan emisi C. Hal ini selalu mengakibatkan subsidensi gambut karena keruntuhan fisik dan pemadatan gambut yang mengalami dehidrasi, bersama-sama dengan subsidensi akibat hilangnya bahan organik melalui oksidasi. Subsidensi dapat mencapai 500 mm pada tahun pertama drainase dan berlanjut dengan kecepatan 10-100 mm pada tahun-tahun berikutnya tergantung pada kondisi lokal. Akibatnya drainase dan hidrologi, maka secara keseluruhan sangat sulit untuk dikelola, yang mengakibatkan kesulitan manajemen teknis, penurunan kualitas air dan hasil panen. Paparan oksigen menyebabkan oksidasi bahan organik, sementara pengeringan lahan gambut juga menyebabkan peningkatan terjadinya kebakaran dan menghasilkan emisi CO₂ yang besar.

Drainase bencana terbesar untuk pertanian adalah Proyek Sawah di Kalimantan Tengah dimana sejak tahun 1995 lebih dari satu juta ha lahan gambut dikeringkan untuk produksi padi.

Tanpa memperhitungkan sifat hidromorfologis dan kesesuaian lahan untuk penanaman padi, maka telah dibuat saluran drainase sepanjang 4.400 km, yang menyebabkan subsidensi lahan, pengeringan, dan emisi C yang besar sebagai akibat dari oksidasi gambut dan kebakaran besar. Pada tahun 1997, kebakaran besar yang tidak terkendali merusak daerah tersebut dengan konsekuensi yang sangat besar baik bagi lingkungan maupun kesehatan manusia. Akibat kabut asap gambut, ribuan orang dirawat di rumah sakit dan setengah juta orang menjalani perawatan rawat jalan, yang menyebabkan jutaan orang kehilangan hari kerja dan sekolah.

Perubahan sifat fisik dan kimia tanah gambut yang disebabkan oleh drainase meningkatkan kerentanan terhadap erosi tanah dan bahaya kebakaran. Perubahan praktik pengelolaan lahan gambut telah meningkatkan kerentanan terhadap degradasi fisik (subsidensi), degradasi kimia (oksidasi) dan kebakaran gambut, dengan kebakaran yang sangat luas terkait dengan kekeringan terkait ENSO di Indonesia sejak tahun 1982. Dampak drainase dan pembakaran lahan gambut juga terjadi dan diamati di Eropa dan sebagian besar Rusia, dimana kota besar Moskow tertutup asap gambut selama berbulan-bulan dalam beberapa tahun. Penggembalaan intensif di lahan gambut beriklim sedang menyebabkan peningkatan pencucian hara tanah ke air permukaan. Ini menciptakan pemadatan dan paparan tanah gambut menghasilkan oksidasi dan erosi.

Pemasangan awal saluran air pada posisi strategis memungkinkan akses peralatan baik melalui jalan sementara atau rel sempit. Yang terakhir ini sering juga digunakan untuk ekstraksi kayu di gambut dataran rendah tanpa penyediaan drainase lahan. Karena fleksibilitas penggunaan ini, dapat

dipasang dengan relatif cepat dan murah, di tempat yang paling dibutuhkan.

Gambut memiliki daya menahan beban yang rendah hingga sangat rendah antara 0-40 kPa. Ini terlalu rendah untuk mesin pertanian modern yang ringan sekalipun yang memiliki tekanan tanah sekitar 50 kPa. Mesin yang lebih ringan macet karena *rolling resistance* dan *slip* yang tinggi. Alternatif untuk jalur rel pengukur sempit adalah jalan dengan dasar rakit. Ranting-ranting tebal atau batang-batang kayu kecil yang diletakkan berdampingan pada permukaan gambut memberikan dasar yang apung di mana jalur tanah dapat dibangun. Jalur sementara ini seringkali penting dalam setiap reklamasi awal dengan menyediakan akses untuk tenaga kerja dan peralatan. Tanpa dasar rakit, pembuangan tanah ke gambut memiliki pengaruh yang kecil, terutama jika lapisan tanah mineral hanya ditemukan pada kedalaman yang cukup dalam. Jalan yang dibangun tanpa rakit seperti itu akan berumur pendek dan bisa hilang karena tenggelam.

Parit di lahan gambut cepat terkikis ketika kecepatan air drainase $> 1,50$ m per detik. Nilai ini sedikit berbeda tergantung pada sifat gambut; bahan fibrik berperilaku berbeda dari bahan saprik. Erosi sisi parit bisa menjadi masalah yang parah apabila tidak dari awal dikendalikan. Stabilitas tepian parit dan perlindungan lereng dapat ditingkatkan dengan menanam semak belukar, pohon rendah atau rumput yang berakar dalam yang tidak akan tumbuh di bawah air, sehingga tidak menyumbat parit. Pohon yang tinggi dan berat di bagian atas tidak cocok karena masalah sistem perakaran yang buruk di gambut. Masalah pembuatan parit (saluran) dan pencegahan kebocoran melalui sisi-sisinya ketika muka air di luar lebih

tinggi dari muka air di saluran-saluran itu melekat pada gambut berpori.

Keberhasilan jangka pendek pada lahan gambut, antara lain dengan menanam pohon *Acacia crassicarpa* (untuk *pulp*) dan kelapa sawit (*Elaeis guineensis*). Keberhasilan ini hanya bersifat sementara dan akan mendorong tekanan pada lahan gambut walaupun seruan dan peringatan pemerintah untuk melakukan *moratorium*, tetapi pihak investor tetap mengabaikan seruan pemerintah tersebut.

Penebangan Pohon-Pohon

Pembukaan vegetasi seringkali sulit, dan merupakan hambatan lain untuk reklamasi. Permukaan basah yang tidak stabil dengan kekuatan bantalan yang rendah membuat penggunaan bulldoser atau traktor dengan derek menjadi tidak mungkin. Vegetasi lahan gambut umumnya didominasi oleh pepohonan atau semak belukar yang lebat dan sulit dihilangkan dengan tangan.

Pembukaan harus diprogram dengan hati-hati untuk menghindari pembukaan areal yang terlalu besar pada satu waktu karena setelah drainase telah disediakan dan vegetasi disingkirkan, gambut akan mulai terlapuk. Lebih lanjut, saat permukaan gambut mengering, bahaya kebakaran meningkat. Pembukaan lahan meliputi penebangan pohon, tunggul dan akar. Dimana ada pohon besar, tunggulnya sangat sulit ditebang. Penumpukan dan pembakaran vegetasi yang telah dibuka harus dihindari, tetapi jika perlu hanya dilakukan dalam kondisi yang dikendalikan dengan hati-hati karena kebakaran di dalam gambut, setelah dimulai, dapat berlangsung selama berbulan-bulan dan dapat berlangsung selama musim kemarau penuh.

Setelah lahan gambut dikeringkan, maka kemampuan lalu lintas tinggi (daya dukung meningkat) dan vegetasi dicirikan oleh pohon atau semak dengan diameter < 5 cm, traktor yang dilengkapi dengan bilah *buldoser* yang dipasang di depan dapat digunakan untuk menekan vegetasi. Tanah kemudian dapat dibalik dengan bajak pecah. Pada umumnya, pembukaan dan pemindahan vegetasi dilakukan seluruhnya dengan tangan. Perlu diingat bahwa pada musim kemarau yang parah, bahaya kebakaran gambut mengharuskan pemindahan sisa-sisa vegetasi kasar dengan menimbun tunggul dan membiarkannya membusuk selama beberapa tahun. Timbunan kayu secara bertahap dipindahkan untuk kayu bakar oleh masyarakat lokal yang tinggal di kawasan gambut. Penggunaan praktis seperti itu direkomendasikan agar pemenuhan kayu bakar masyarakat lokal dapat terpenuhi.

Lahan gambut memiliki berbagai spesies kayu yang bernilai ekonomis tinggi, seringkali dengan tingkat kepadatan tinggi, sehingga memotivasi investor untuk melakukan eksploitasi *logging* secara intensif. Sudah sangat banyak informasi mengenai dampak penebangan terhadap flora dan fauna lahan gambut; akan tetapi investor tetap tidak menghiraukan dampak *logging* tersebut. Akhirnya pemerintah menerapkan aturan tebang pilih dan telah menyebabkan perubahan struktur dan komposisi hutan, misalnya lemahnya regenerasi pohon Ramin (*Gonystylus bancanus*), spesies kayu paling berharga berasal dari lahan gambut.

Logging telah membuat celah di kanopi yang mengubah iklim mikro hutan dan meningkatkan suhu permukaan lahan gambut. Pada mulanya penebangan hanya dilakukan menggunakan tenaga kerja manual, dan kayu gelondongan dipindahkan melalui jalur air, akan tetapi metode mekanisasi

telah menimbulkan ekstraksi yang intensif dan kerusakan yang luas pada lahan gambut. Cara pemanenan kayu yang lestari adalah tidak diterapkan karena cara ini memerlukan standar ketat dari siklus penebangan, ukuran diameter kayu dan perlindungan total terhadap komunitas fisik yang lebih rapuh. *Illegal logging* ternyata lebih berbahaya terhadap lingkungan lahan gambut karena *illegal logging* ini telah mengubah kondisi hidrologis, dan membuat lahan gambut lebih rentan terhadap kebakaran hutan dan lahan.

Pembersihan Lahan

Pada umumnya kelebihan vegetasi dimusnahkan atau dibuang dengan cara dibakar. Cara praktik tradisional dalam reklamasi gambut oleh penduduk lokal sudah lama dilarang oleh pemerintah. Akan tetapi cara cepat untuk menghilangkan vegetasi tersebut adalah dengan dipotong, abu hasil pembakaran meningkatkan kesuburan gambut hanya di tahun-tahun awal penanaman. Di beberapa tempat, dilakukan juga pembuangan lapisan fibrik permukaan, yang tidak cocok untuk pengolahan tanah. Namun, efek pemupukan dengan cepat hilang dan praktik umum adalah membakar kembali gambut atau meninggalkan area tersebut mengikuti pola perladangan berpindah. Pembakaran yang dilakukan seperti itu dapat menyebabkan subsidensi cepat permukaan gambut, dan dapat menyebabkan kebakaran gambut yang intensif jika tidak dikendalikan dengan benar. Biasanya, penduduk setempat mahir mencegah hal ini, tetapi bahayanya terletak pada petani non-tradisional. Ini biasanya tidak mengetahui kondisi lokal dan dengan meniru metode penduduk setempat tidak menyadari membuat kesalahan reklamasi dan dengan demikian menciptakan malapetaka dengan kebakaran yang tidak terkendali dan drainase yang terlalu dalam. Mengontrol

kebakaran gambut sangat sulit, salah satu cara adalah dengan menggali saluran pembuangan di sekitar api sampai ke tanah basah. Penggunaan air bertekanan tinggi, jika tersedia, memuaskan apabila api kecil.

Pembuangan kayu dan akar, terutama jika ada dalam jumlah besar merupakan kegiatan yang memakan waktu dan biaya. Hal ini menunjukkan bahwa biaya pembukaan lahan hutan mungkin 30 kali lebih mahal daripada biaya pembukaan lahan yang tertutup rerumputan. Sebagian besar gambut berhutan dalam keadaan alaminya dan dalam beberapa kasus pembukaan lahan mungkin tidak ekonomis.

Kebakaran berpengaruh terhadap subsidi kualitas fisik gambut, diantaranya penurunan porositas total, kandungan air tersedia, permeabilitas dan meningkatnya berat isi. Dampak kebakaran terhadap sifat fisik gambut selain ditentukan oleh lama dan frekuensi terjadinya kebakaran, derajat kerusakan atau dekomposisi yang ditimbulkan, juga akibat dari pemanasan yang terjadi di permukaan yang dipengaruhi oleh ketersediaan bahan bakar. Gambar 37. memberikan ilustrasi gambaran umum lahan gambut terbakar dan vegetasi yang tumbuh setelah kebakaran.



A (Gambut terbakar)



B (Gambut dikelola)



C (Gambut semak belukar)

Gambar 37. Tiga jenis tutupan lahan dominan di lahan gambut

Guna mencapai kemudahan pekerjaan, maka baik perusahaan atau petani kecil menggunakan api sebagai metode pembukaan lahan yang mudah dan murah. Jika tidak ada upaya untuk mengendalikan api, maka api menjadi tidak terkendali dan dengan mudah menyebar dan menjadi api liar. Berbagai usaha pertanian dalam arti luas di lahan gambut dilakukan secara gambling dan tanpa dibekali ilmu pengetahuan yang memadai tentang lahan gambut, sehingga tindakan ini telah menyebabkan kegagalan dan degradasi lahan gambut yang luas; dan kawasan ini menjadi objek kebakaran hutan dan lahan.

Lahan gambut adalah sangat rentan terhadap kebakaran daripada jenis hutan lainnya karena substrat lahan gambut bersifat seperti *biofuels*, khususnya pada musim kering. Sekitar 70% dan 51% hutan yang terkena dampak kebakaran pada tahun 2010 dan 2015, ditemukan berada di lahan gambut. Dampak kebakaran hutan dan lahan pada lahan gambut secara umum sama dengan efek kebakaran pada tipe hutan lainnya. Lahan gambut yang terbakar mempunyai tutupan tajuk yang rendah, kekayaan spesies menurun, dan kepadatan pohon dan pancang yang berkurang dibandingkan dengan hutan yang tidak terbakar. Oleh karena lahan gambut mudah terbakar, api dapat membakar baik di atas maupun di bawah permukaan lahan gambut, menghancurkan struktur vegetatif di bawah tanah, serta bank benih. Kebakaran lahan gambut dalam dapat membara di bawah permukaan selama berbulan-bulan dan sulit dipadamkan. Kebakaran bawah permukaan ini juga dapat menyebabkan runtuhnya material di atasnya, menciptakan kematian pohon.

Kajian lapangan menemukan bahwa > 80% lahan gambut pernah terbakar. Area yang telah ditebang dan dilakukan pembakaran berulang kali telah menyebabkan kepadatan dan

keragaman batang menjadi rendah dibandingkan dengan area yang hanya pernah terbakar sekali dan tanpa riwayat penebangan. Lahan gambut yang pernah terbakar, maka berpotensi untuk terbakar lagi karena tersedianya biomassa mati yang tidak terbakar dan vegetasi yang ada dapat menjadi cadangan *biofuelds* untuk kebakaran selanjutnya. Analisis kebakaran di lapangan menggambarkan bahwa kebakaran berulang kali ternyata kebanyakan ditemukan pada kawasan dengan vegetasi sekunder non-hutan, dan kebakaran terpisah dari peristiwa El Niño. Tingginya intensitas dan frekuensi kebakaran telah memicu vegetasi didominasi oleh vegetasi pioner, tanaman herba yang tumbuh rendah, dengan sedikit pohon. Kebakaran hutan dan lahan telah menyebabkan pengurangan elevasi permukaan, sehingga kawasan dengan vegetasi dan lahan gambut terbakar, ternyata berdampak serius terjadinya banjir dan menghambat regenerasi tanaman.

Dampak campur tangan manusia terhadap lahan gambut semakin negatif dan menyebabkan kepunahan lahan gambut. Kebanyakan lahan gambut terdegradasi akibat dari drainase, *logging*, kebakaran, oksidasi, dan polusi. Eksploitasi manusia telah menghancurkan hampir 25% dari lahan gambut, kehancuran ini disebabkan oleh 50% oleh perkebunan, 27% oleh kehutanan, 10% oleh pertanian pangan, dan 7% oleh pembangunan industri dan pemukiman (Gambar 38).



Gambar 38. Kontribusi manusia terhadap kehilangan lahan gambut

Pembentukan gambut telah berhenti > 50% dari daerah rawa asli, yang mungkin 10-20% bahkan tidak ada lagi sebagai lahan gambut. Sumatera telah kehilangan > 70 % warisan lahan gambut. Lebih dari 90% hutan rawa gambut di Indonesia telah terkena dampak deforestasi, konversi, drainase dan penebangan legal atau ilegal. Penurunan luas hutan rawa gambut di Sumatera adalah dua kali lipat dari penurunan hutan lainnya. Sebagian besar kehilangan lahan gambut di masa depan diakibatkan oleh drainase dan infrastruktur.

Penggunaan lahan gambut yang tidak berkelanjutan dapat menimbulkan efek samping lingkungan dan sosial ekonomi yang signifikan. Ini mungkin diperburuk oleh eksternalitas dan mekanisme umpan balik seperti perubahan iklim (El Niño, kenaikan permukaan laut). Eksploitasi lahan gambut dapat membawa manfaat jangka pendek, tetapi hilangnya fungsi ekosistem lahan gambut melibatkan perubahan yang tidak dapat diubah dengan dampak jangka panjang yang besar. Perubahan di tempat mengakibatkan kerusakan habitat dengan implikasi signifikan bagi biodiversitas lokal, produktivitas dan jasa ekosistem. Efek di luar lokasi dapat dirasakan pada skala lokal, regional, dan global, termasuk hilangnya kayu dan sumberdaya alam lainnya, masalah kesehatan masyarakat regional sebagai akibat dari kabut asap dan kerugian ekonomi yang besar di sektor transportasi dan pariwisata. Meskipun jauh lebih sedikit rawa yang dihancurkan oleh ekstraksi gambut daripada oleh pertanian dan kehutanan, praktik ini dalam jangka pendek paling merusak rawa. Ekstraksi gambut masih berlangsung hingga saat ini.

Lahan gambut telah berkembang kebanyakan di atas tanah bekas mangrove dengan kandungan pirit yang tinggi. Potensi tanah asam sulfat ini dapat menjadi terbuka setelah

penghancuran lapisan gambut, yang mengakibatkan oksidasi pirit dan produksi asam sulfat. Hal ini menyebabkan hilangnya nutrisi dan pengasaman tanah dan air yang parah. Kecenderungan ini terjadi selama beberapa dekade terakhir dimana ribuan hektar lahan gambut telah digunduli dan dikeringkan. Laju deforestasi di hutan rawa gambut saat ini dua kali lipat dari yang terjadi di hutan hujan tropis lainnya. Daerah yang luas telah diubah menjadi pertanian tetapi di banyak daerah upaya ini telah gagal, sehingga mengakibatkan daerah yang luas menjadi lahan kosong yang terdegradasi.

Eropa adalah importir utama minyak sawit, dan meningkat secara substansial, meskipun fakta bahwa minyak sawit dari gambut dapat menghasilkan emisi C hingga 10 kali lebih banyak daripada yang diserap tanaman. Sekitar 35% minyak sawit di Sumatera di lahan gambut, menjadikannya produk yang berdampak negatif pada iklim global.

Konversi lahan gambut untuk berbagai jenis penggunaan sering menyebabkan fragmentasi lahan gambut alami atau semi-alami yang tersisa. Konversi skala besar dan penggunaan lahan gambut secara intensif di berbagai belahan dunia telah menyebabkan bentang lahan antropogenik dengan habitat lahan gambut yang tersisa. Bahkan ketika fragmen-fragmen ini dilindungi untuk satwa liar dan nilai estetikanya, keberlanjutan jangka panjangnya dipertanyakan, ketika sistem ekohidrologinya telah dihancurkan.

Reklamasi rawa gambut seharusnya bersifat multidisiplin, namun dalam praktiknya seringkali tidak dilakukan secara terintegrasi. Reklamasi rawa gambut secara tradisional melibatkan insinyur sipil dan/atau teknis, ahli pedologi dan ahli hidrologi. Kegiatan pertanian yang mengikuti dan mengiringi reklamasi kemudian harus kembali lagi kedalam lingkup

ilmuwan pertanian. Pada akhirnya petani yang mengambil keputusan di lapangan, seringkali menanggung beban semua dampak reklamasi sejak awal reklamasi sampai saat sekarang.

10.2. Rumusan Tantangan Lahan Gambut

Pada pertengahan 1980-an, sebagian besar hutan rawa gambut telah ditebangi, dikeringkan melalui drainase dan diubah menjadi perkebunan Kelapa Sawit dan Akasia (untuk *pulp*) atau dibiarkan dalam keadaan terdegradasi. Drainase menyebabkan oksidasi gambut dan subsidensi, lahan gambut ini semakin menjadi sasaran banjir dalam beberapa dekade mendatang, yang berpotensi menyebabkan hilangnya lahan gambut yang produktif. Proses perusakan cepat habitat ini ditinjau dari ahli ekologi, dan lingkungan adalah secara keseluruhan merugikan. Pengeringan lahan gambut telah menstimulasi terjadinya emisi C yang sangat tinggi, terutama saat terjadi kebakaran hutan dan lahan. Pendekatan restorasi lahan gambut adalah program 3-R (*Rewetting, Revegetation and Revitalization*).

Apabila penggunaan lahan berbasis drainase saat ini berlanjut, maka dapat dipastikan bahwa lahan gambut akan terus teroksidasi dan sebagian besar lahan gambut tidak lagi dapat dikeringkan dan akan terlalu tergenang dalam jangka panjang. Masalah ini sudah muncul sejak tahun 1990-an dan terus meluas secara global, maka diperkirakan dalam kurun waktu 40-50 tahun mendatang, maka terjadi kerusakan total lahan gambut.

Walaupun masalah ini tergolong besar, akan tetapi solusinya relatif sederhana, yaitu bagaimana kita dapat mengatur muka air tanah. Jika saluran drainase ditutup dan drainase dicegah, maka lahan gambut menjadi lebih basah dan mencapai keseimbangan baru setelah beberapa tahun

kekeringan, sehingga emisi berkurang dan kebakaran gambut menurun dengan cepat. Menutup kanal drainase ternyata tidak sederhana seperti yang dibayangkan karena menuntut kesepakatan semua pihak yang terlibat.

Revegetation sangat berguna untuk menjaga lahan gambut yang baru dibasahi agar lahan gambut dan udara tetap lembab. Spesies yang sesuai untuk daerah yang dibasahi kembali adalah spesies asli lahan gambut. Oleh karena lahan gambut berkontribusi pada mata pencaharian lokal, maka lahan gambut dapat ditanam dengan spesies berguna langsung bagi masyarakat, merupakan tanaman asli lahan gambut (*native species*) yang mampu memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat.

Meskipun solusi mudah dipahami, akan tetapi berbagai tantangan tetap ada, misalnya kebakaran hutan dan lahan, banjir dan kekeringan. Pada umumnya penduduk lokal cenderung berkonsentrasi pada apa yang ditanam, tetapi kurang memperhatikan kesesuaian tanaman dengan kondisi lahan gambut secara keseluruhan dikarenakan keterbatasan finansial untuk menguji opsi yang belum dicobakan. Hambatan hukum, misalnya wajib izin pemerintah untuk panen semua produk HHBK (Hasil Hutan Bukan Kayu), menyerahkan dan memperdagangkan produk-produk ini dan mengenakan pajak yang berat.

Pemulihan lahan gambut yang terdegradasi diperlukan tindakan revegetasi karena revegetasi mampu meningkatkan kelembapan, menurunkan suhu, dan mengurangi risiko kebakaran hutan dan lahan. Pendekatan revegetasi tergantung pada tingkat degradasi lahan gambut, sejarah kebakaran hutan dan lahan, banjir, kekeringan dan tingkat gangguan.

Dalam tiga dekade terakhir ini telah terjadi peningkatan pesat terhadap permintaan biomassa, antara lain untuk keperluan pangan, bahan mentah biogenik, bahan bakar nabati, pakan ternak dan ikan. Kekurangan biomassa ini ditampilkan pada kenaikan harga, keinginan mengeksploitasi sumberdaya lahan, termasuk *marginal lands* seperti lahan gambut, lahan rawa terbenak, dan lahan yang kurang produktif. Kecenderungan ini menimbulkan kajian menantang, khususnya pada lahan gambut pada lahan gambut yang sebagian besar dimanfaatkan untuk perkebunan Kelapa Sawit dan *pulp*.

Kondisi lahan gambut saat sekarang mengalami proses degradasi secara terus menerus (dimana kubah gambut hampir punah), sehingga diperluakan larangan total terhadap budidaya pertanian di lahan gambut yang belum tersentuh. Bukan hanya nilai biodiversitas tinggi yang dipertaruhkan, akan tetapi produksi biomassa yang berkaitan dengan drainase pada lahan gambut adalah bersifat sangat kontraproduktif dari sudut pandang lingkungan.

Lahan gambut telah kehilangan daya tarik ditinjau dari sisi sistem lingkungan. Penanganan lahan gambut yang sulit, memiliki produktivitas yang rendah dan degradasi yang progresif, khususnya pada penggunaan lahan gambut yang intensif telah membuat lahan gambut tidak mampu bersaing secara efektif dengan sumberdaya tanah mineral yang semakin produktif. Data dan fakta spatial menggambarkan bahwa luas lahan gambut yang digunakan untuk perkebunan dan pertanian semakin meningkat sejak dua tiga dekade terakhir. Saat ini dapat diamati bahwa lahan gambut sebagian besar telah dikeringkan untuk melakukan perluasan areal perkebunan Kelapa Sawit dan HTI (Hutan Tanaman Industri) serta pertanian dalam arti luas.

Pada saat sekarang ini, telah terbuka kesempatan untuk pencarian sumberdaya biodiversitas tambahan untuk produksi biomassa dan dapat berhasil secara positif untuk lahan gambut, jika dikombinasikan dengan rewetting lahan gambut yang telah dikeringkan. Tindakan drainase sebagian besar berdampak terhadap subsidensi, menguras sebagian besar nilai biodiversitas, dan secara global penghasil emisi gas rumah kaca terbesar. Jadi, dapat disimpulkan bahwa ada sedikit keuntungan dan banyak kerugian yang diperoleh untuk jangka panjang. Membasahi kembali lahan gambut yang dikeringkan akan sangat mengurangi emisi gas rumah kaca (terutama CO₂ dan N₂O), berkontribusi untuk meminimalkan emisi C dioksida ketika lahan gambut yang dibasahi digunakan untuk produksi biomassa. Secara umum, menarik untuk diperhatikan bahwa hampir semua pertanian pada lahan gambut meniru mode operasi pengolahan tanah pada lahan kering, meskipun pengeringan dan pengolahan cara seperti ini belum tentu efektif.

Lahan gambut semakin banyak dikonversi untuk tujuan pertanian dalam arti luas dan perkebunan (misalnya untuk Kelapa Sawit, Akasia dan Karet), sehingga berbagai jasa ekosistem lahan gambut (seperti penyedia biodiversitas, penyerapan C) telah substitusi oleh tanaman pertanian. Konversi tertinggi hutan rawa gambut ditemukan di pulau Sumatera dan Kalimantan, sehingga saat sekarang kedua pulau ini sedang mengalami perubahan penggunaan lahan yang nyata. Dampak positif konversi lahan gambut ini telah meningkatkan produksi minyak kelapa sawit (peningkatan sekitar 300% produksi CPO (*Crude Palm Oil*) dan produksi biomassa untuk pulp lebih 1000% dari lahan gambut dari tahun 2000-2020) Akan tetapi aspek negatifnya, produksi CPO dan biomassa untuk *pulp* ini tidak berkelanjutan karena terjadi subsidensi yang progresif, terjadi

banjir dan kekeringan musiman lahan gambut yang didrainase, kebakaran gambut dan masalah kesehatan, emisi CO₂ dan hilangnya habitat.

Lahan gambut secara alami berfungsi sebagai pusat penyimpanan C, biodiversitas dan air dalam jumlah besar. Lahan gambut dapat digunakan untuk pertanian dalam arti luas setelah dilakukan drainase, seperti perikanan, peternakan, pertanian rakyat, perkebunan, energi, dan kehutanan. Akan tetapi pada saat bersamaan, drainase dapat menstimulasi hilangnya jasa ekosistem seperti pengaturan siklus hidrologi, menampung keanekaragaman hayati, penyerapan C, dan penyediaan mata pencaharian bagi penduduk lokal. Kebanyakan pengelolaan lahan gambut untuk pertanian bersifat tidak berkelanjutan dan mengarah pada terjadi penipisan dan subsidensi gambut dan dan rentan kebakaran. Restorasi lahan gambut terdegradasi adalah kunci untuk mencegah degradasi lebih lanjut dan mengurangi emisi CO₂, akan tetapi restorasi lahan gambut dalam jangka panjang, kita dihadapkan pada dua masalah utama, yaitu kebakaran hutan dan lahan dan menjamin mata pencaharian masyarakat lokal yang sangat bergantung pada lahan gambut.

Kebakaran hutan dan lahan gambut secara terus menerus telah memicu terjadinya degradasi lahan gambut karena hilangnya tanah gambut serta perubahan sifat kimia dan fisiknya, serta subsidensi gambut. Selain itu, tingkat kesesuaian komoditas terhadap ekosistem lahan gambut adalah terbatas, sehingga alternatif pilihan spesies yang akan ditanam di lahan gambut juga terbatas. Hal ini disebabkan karena lahan gambut memiliki tingkat kesuburan rendah, keasaman tinggi, dan drainase yang buruk. Kesesuaian komoditas pertanian untuk ekosistem lahan gambut terbatas dikarenakan sifat ekosistem

lahan gambut yang rapuh. Dibutuhkan kehati-hatian yang tinggi agar degradasi fungsi lahan gambut dapat diminimalkan, sehingga perlu dicarikan komoditas yang selaras dengan ekosistem lahan gambut. Dapat disederhakan bahwa kita dituntut untuk dapat memanfaatkan lahan gambut terdegradasi untuk pertanian dalam arti luas sekaligus memempertahankan masyarakat lokal dari kehilangan mata pencahariannya.

Semua tindakan pemaksaan terhadap sumberdaya alam, maka akan menimbulkan masalah dan tantangan *internal* pada sumberdaya alam itu sendiri (terutama lahan gambut). Masalah dan tantangan *internal* dalam reklamasi rawa gambut sering dialami oleh mereka yang kurang memiliki bekal ilmiah untuk memahami sifat dan ciri penyebab munculnya masalah. Untuk tujuan alasan praktis, masalah dan tantangan internal dalam reklamasi rawa gambut dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu masalah dan tantangan sementara dan permanen, yaitu:

- 1) Sementara, terutama masalah awal pembukaan lahan dan penyiapan lahan, yaitu: pelepasan logam beracun dari gambut, eutrofikasi air permukaan, peningkatan limpasan air (gangguan keseimbangan hidrologis), banjir, kekeringan dan perikanan lokal, pelepasan polutan organik, perubahan sistem air asin dan air tawar, perubahan pasokan air tanah, polusi udara dan kebakaran hutan dan lahan.
- 2) Masalah permanen (masalah berulang), yaitu hilangnya sumberdaya genetik (flora dan fauna), hilangnya fungsi produksi (lahan, tanah, air, budidaya tanaman atau agronomi), dan hilangnya fungsi sosial.

Bab ini akan membahas khusus untuk masalah dan tantangan permanen atau berulang yang sangat sulit atau tidak mungkin untuk diperbaiki, daripada masalah-masalah awal

yang bersifat sementara yang seringkali bersifat teknis atau ekonomis dan lebih mudah untuk diatasi. Penekanannya adalah pada kendala-kendala permanen yang bersifat sosial dan teknis. Rumusan tantangan internal lahan gambut yang dibahas adalah tantangan *internal* lahan gambut apabila lahan gambut dijadikan lahan pertanian disajikan pada Gambar 39.



Gambar 39. Tantangan permanen lahan gambut

10.3. Pengembangan dan Penyusutan (*Swelling and Shrinking*)

Lahan gambut menyusut ketika dikeringkan tetapi mengembang ketika dibasahi kembali, kecuali jika dikeringkan hingga melampaui nilai ambang batas dimana pengeringan tidak balik terjadi. Drainase berlebihan dapat menyebabkan pengembangan dan penyusutan tidak balik. Hilangnya air dan perubahan koloid menyebabkan penyusutan yang besar dan tidak balik dari lahan gambut, dan kemudian memburuk menjadi bubuk granular yang memiliki sifat fisik tidak mendukung untuk kegiatan pertanian.

Lahan gambut setelah didrainase tidak hanya kehilangan bahan organik, tetapi juga kehilangan volume. Berikut ini berbagai proses pengembangan dan penyusutan lahan gambut, yaitu:

- 1) Penyusutan karena proses fisik. Penarikan uap air dari lapisan permukaan lahan gambut oleh evapotranspirasi dapat menyebabkan tegangan uap air yang tinggi di zona akar yang mengakibatkan penurunan volume lapisan tersebut.
- 2) Oksidasi melalui proses biokimia.
- 3) Kompresibilitas atau kompresi karena proses mekanis.

Ketika permukaan air tanah diturunkan, gaya apung air hilang di lapisan atas. Lapisan yang lebih dalam kemudian harus menanggung peningkatan berat 1 g cm^{-2} per cm dari penarikan muka air tanah. Hal ini menyebabkan kompresi oleh lapisan tanah dibawah permukaan.

Kompresibilitas sering dibagi menjadi fase primer dan fase sekunder. Fase primer, sebagian besar merupakan fungsi dari laju air yang keluar dari dan melalui massa gambut. Ini bisa sangat tinggi pada fase awal drainase karena permeabilitas gambut mentah yang tinggi. Ketika permeabilitas menurun sebagai akibat dari kompresibilitas fase hidrodinamik primer menjadi hampir konstan. Kompresibilitas sekunder berlanjut lama setelah fase primer berhenti untuk memainkan peran awalnya yang penting dan pada akhirnya dapat menyebabkan setengah dari total kehilangan volume. Sebelumnya diasumsikan secara umum bahwa penurunan volume gambut di atas permukaan air dikendalikan secara dominan oleh penyusutan dan kompresi daripada oksidasi. Ini terjadi karena tutupan rumput di mana-mana.

Sekitar 20 % dari subsidi dapat dianggap berasal dari penyusutan tidak balik, 28 % berasal dari kompresi (tergantung pada pemulihan elastis) dan 52 % untuk oksidasi. Oleh karena itu, oksidasi adalah penyebab utama subsidi. Penting untuk dicatat bahwa kompresi dan penyusutan tidak balik akan berangsur-angsur berkurang dari puncak awal, tetapi oksidasi lahan gambut akan berlanjut pada laju yang kurang lebih konstan sampai diperlukan subsidi baru ketinggian air di parit (Tabel 36).

Tabel 36. Penggunaan lahan dan sifat fisik gambut

Penggunaan lahan (tahun)	A*/	B	C	D	E
6	0,28	0,86	67	301	28
3	0,23	0,70	67	354	29
1	0,12	0,60	80	705	15
0	0,13	0,85	85	557	10

Keterangan : */ A (Berat isi, g cm⁻³); B (Berat isi setelah drainase, g cm⁻³)
C (Penyusutan, % volume); D (Kelembaban lapangan, % berat);
E (*Rewetting*, (% berat)

Sumber : Dimodifikasi dari Driessen and Suhardjo (1976).

Penyusutan dihitung sebagai persentase dari volume asli berkisar dari 90% untuk gambut air hingga 40% untuk gambut fibrik. Gambut umumnya menunjukkan penyusutan besar apabila lahan gambut memiliki berat isi terendah dan kandungan air tertinggi. Lahan gambut tampaknya menjadi kurang terpengaruh oleh pengeringan setelah dibudidayakan selama beberapa waktu. Hal ini sebagian terkait dengan peningkatan dekomposisi dan perubahan bertahap dari kematangan fibrik ke tingkat kematangan saprik. Kandungan kayu gambut mempengaruhi penyusutan karena kayu bertindak sebagai kerangka yang stabil yang mengurangi penyusutan keseluruhan. Gambut lumut dan sebagian besar gambut berserat paling sedikit menyusut dan gambut sedimen

paling banyak menyusut. Kemungkinan besar jumlah bahan mineral dalam lahan gambut dan sifat bahan organik yang terdekomposisi paling mempengaruhi penyusutan.

10.4. Kering Tidak Balik (*Irreversible Drying*)

Kering tidak balik terjadi setelah periode intensif pengeringan (drainase yang berlebihan) dan ini merupakan sifat yang khas dari semua jenis lahan gambut. Setelah terkena sinar matahari yang lama, lahan gambut akan sukar untuk basah kembali dan mengakibatkan munculnya cekaman air (*stress*) bagi tanaman.

Apabila lahan gambut memiliki kandungan air <100% atas dasar berat keringnya, maka lahan gambut mengalami proses kering tidak balik, sehingga lahan gambut mudah terbakar; mudah hanyut terbawa aliran air; tidak lagi memiliki kemampuan untuk menyerap air dan unsur hara kembali. Pada akhirnya, lahan gambut tersebut tidak cocok lagi untuk digunakan sebagai media tanam. Lahan gambut yang telah mengalami kering tidak balik sering terlihat di permukaan lahan gambut atau mengambang di permukaan air. Dalam kondisi kering tidak balik lahan gambut nampak seperti pasir, sehingga sering diistilahkan sebagai pasir semu (*pseudosand*) dan sulit diakses mikroba pembusuk.

Kondisi kering tidak balik menunjukkan bahwa bagian aktif dari lahan gambut berada fase cairnya. Penurunan kemampuan lahan gambut menyerap air berkaitan dengan penurunan ketersediaan gugus karboksilat dan OH-fenolat dalam lahan gambut. Kedua komponen organik ini merupakan senyawa yang bersifat hidrofilik, sehingga jika fase cair telah hilang, maka lahan gambut yang pada mulanya bersifat hidrofilik berubah menjadi bersifat hidrofobik (menolak air).

Apabila dilakukan drainase berlebihan, maka akan terjadi suatu keadaan kering tidak balik; dan gambut yang kering ini sangat rentan terhadap kebakaran.

Pengeringan tidak balik terjadi setelah periode pengeringan intensif dan merupakan ciri khas banyak lahan gambut. Lapisan permukaan bahan organik di banyak rawa gambut yang direklamasi dan dikeringkan menunjukkan perilaku ini. Setelah terkena sinar matahari, bahan menjadi agak seperti bubuk kopi, dan sangat sulit untuk dibasahi kembali. Hal ini dapat menyebabkan cekaman kekeringan yang parah pada tanaman berakar dangkal.

Bahan granular mirip dengan bubuk kopi, yang sangat sulit untuk dibasahi kembali. Proses ini akan menyebabkan cekaman air pada tanaman berakar dangkal. Beberapa penjelasan telah disajikan untuk menggambarkan ketahanan terhadap *rewetting* pada lahan gambut yang terlalu kering; namun, hasilnya tidak berkorelasi baik dengan lahan gambut tropis. Resistensi Rewetting telah dikaitkan dengan kandungan resin yang tinggi serta lapisan besi dan film udara yang terbentuk di sekitar partikel organik. Ketahanan terhadap pembasahan ulang juga tampaknya terkait dengan berat isi dimana lahan gambut dengan berat isi tinggi relatif lebih mudah untuk dibasahi kembali.

Ada beberapa penjelasan mengenai penyebab kering tidak balik tersebut. Sifat hidrofobik gambut kering dengan adanya lapisan resin yang mungkin terbentuk saat pengeringan. Adanya lapisan resin ini mencegah reabsorpsi air. Asam gambut yang dilembabkan menunjukkan ketahanan terbesar terhadap Rewetting karena gugus karboksil dan hidroksil fenoliknya, dan kandungan lignin yang tinggi. Konsisten dengan teori ini adalah pengamatan bahwa perubahan pada gambut sphagnum

biasanya kecil karena kandungan ligninnya rendah, tetapi kondisi tersebut terjadi sangat nyata pada gambut vaskular dan gambut *hypnaceous* dengan pori-pori besar. Sebagian besar gambut termasuk dalam kelompok yang terakhir. Resistensi Rewetting juga telah dijelaskan karena lapisan udara yang teradsorpsi dan lapisan besi di sekitar partikel organik.

Ketahanan terhadap pembasahan ulang juga tampaknya terkait dengan berat isi. Jadi pengeringan tidak balik ditandai pada lahan gambut dengan berat isi rendah tetapi tanah dengan berat isi tinggi relatif mudah untuk dibasahi kembali. Beberapa peneliti melaporkan pembasahan ulang lengkap di mana tanah memiliki berat isi yang tinggi (lebih besar dari katakanlah 4,2 g cm⁻³). Gambut yang mencapai tahap pengeringan tidak balik menunjukkan hilangnya kapasitas menahan air yang nyata yang dapat mencapai 40-75%.

10.5. Subsidence Lahan Gambut (*Peat Subsidence*)

Subsidence (amblesan) merupakan kondisi fisik yang dialami lahan gambut yang didrainase. Subsidence disebabkan oleh tiga faktor utama, yaitu:

- 1) Drainase. Proses drainase menyebabkan air yang berada di antara massa lahan gambut mengalir keluar (utamanya bagian air yang bisa mengalir dengan kekuatan gravitasi), perubahan kondisi lahan gambut dari anaerob (miskin oksigen) menjadi aerob (kaya oksigen), sehingga mikroba pembusuk (*decomposer*) menjadi lebih aktif akibatnya proses ini lahan gambut mengalami penyusutan.
- 2) Pengkerutan. Penyusutan dapat terjadi akibat massa lahan gambut mengalami pengerutan akibat berkurangnya air yang terkandung dalam bahan lahan gambut.
- 3) Pelapukan (dekomposisi). Proses pelapukan mengakibatkan lahan gambut terurai menjadi

komponen-komponen sederhana dan gas. Proses ini menyebabkan subsidensi lahan gambut. Tingkat emisi gas rumah kaca dari lahan gambut berdasarkan tingkat subsidensi, yang hasil pendugaannya menjadi over estimate karena tidak memperhitungkan subsidensi lahan gambut akibat proses fisik yaitu pemadatan, diantaranya ditunjukkan oleh perubahan berat isi lahan gambut.

Subsidensi lahan gambut yang direklamasi tidak diragukan lagi merupakan masalah terbesar ketika mencoba untuk mempertahankan kegiatan pertanian. Hal ini disebabkan oleh perubahan kondisi yang dibawa oleh drainase. Gambut yang tergenang air dan anaerobik di rawa alami menjadi aerob ketika dikeringkan. Kondisi aerobik menyebabkan oksidasi biologis atau mineralisasi dari deposit organik.

Subsidensi lahan gambut memiliki beberapa konsekuensi serius. Drainase harus secara teratur disesuaikan dengan tingkat dan kondisi baru, jika tidak, genangan dan banjir akan berulang. Sistem perakaran, terutama spesies tahunan menjadi terbuka dan tanaman yang sangat berat seperti kelapa sawit mulai miring (*condong*) dan sebagian berakar ke atas. Jalan dan struktur lainnya menjadi tidak stabil, dan ketika drainase semakin rusak, permukaannya menjadi kasar.

Dampak lingkungan akan terjadi di luar batas rawa gambut. Aliran keluar nutrisi akan meningkat seiring dengan dekomposisi gambut, dan akan ada peningkatan CO₂ yang dilepaskan ke atmosfer. Subsidensi lahan gambut telah menjadi masalah sejak petani mulai mengeringkan gambut. Laju subsidensi tergantung pada beberapa faktor independen dan beberapa faktor yang saling terkait dimana oksidasi bahan organik adalah yang paling nyata. Faktor-faktor tersebut dapat dikelompokkan ke dalam kategori berikut:

- 1) Proses yang menyebabkan hilangnya bahan organik, yaitu: oksidasi, pembakaran, erosi angin dan air.
- 2) Proses yang menyebabkan kompresibilitas lahan gambut, yaitu: pemadatan, penyusutan dan dehidrasi.
- 3) Faktor-faktor yang mempercepat atau mempengaruhi proses-proses yang disebutkan dibawah 1 dan 2 adalah kedalaman drainase (ketinggian muka air tanah), karakter bahan organik, sistem tanam yang digunakan termasuk irigasi, dan iklim, khususnya rezim suhu.
- 4) Subsiden geologis merupakan faktor independen yang juga akan berperan ketika drainase buatan tidak disediakan.

Tingkat subsidensi sangat bervariasi tergantung pada komposisi gambut, kedalaman drainase dan sejarah reklamasi dan bervariasi 1-10 cm per tahun. Catatan subsidensi gambut di Sumatera (gambut pantai oligotrofik dataran rendah) menunjukkan 50-100 cm pada tahun-tahun awal setelah reklamasi dengan subsidensi berikutnya menjadi kurang dari 6 cm per tahun.

Pengetahuan laju subsidensi adalah penting untuk merencanakan adaptasi terhadap sistem drainase, memperkirakan umur lahan gambut, dan menilai penggunaan lahan yang optimal. Laju subsidensi bergantung pada banyak faktor, beberapa di antaranya dapat diubah dan oleh karena itu perlu dibahas secara rinci proses yang paling penting, sehingga rencana pengelolaan dapat dikembangkan yang mengoptimalkan harapan hidup deposit gambut.

Indikasi terjadinya subsidensi lahan gambut ditunjukkan oleh sistem perakaran tanaman yang muncul di atas permukaan lahan. Subsidensi yang diakibatkan oleh proses pemadatan lahan gambut bisa berdampak positif terhadap peningkatan daya

menahan beban lahan gambut. Namun subsidi akibat peningkatan laju dekomposisi berdampak terhadap terjadinya subsidensi fungsi lahan gambut sebagai penyimpan C dan berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Subsidi juga menyebabkan keterbatasan ruang penyimpanan air, sehingga fungsi lahan gambut sebagai pengatur tata air untuk daerah sekitarnya juga bisa menurun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lahan gambut yang masih tergenang dan digunakan untuk pertanian pangan belum mengalami subsidensi (0 cm tahun^{-1}). Nilai rata-rata subsidensi permukaan gambut karena drainase, yaitu $2.55 \pm 0.25 \text{ cm tahun}^{-1}$ untuk hutan; $3.75 \pm 0.42 \text{ cm tahun}^{-1}$ untuk semak belukar dan $4.87 \pm 0.86 \text{ cm tahun}^{-1}$ untuk kelapa sawit.

Subsidensi merupakan karakteristik penting dari lahan gambut yang dikeringkan. Berbeda dengan tanah mineral, subsidensi lahan gambut tidak berhenti dari waktu ke waktu, tetapi terus menurun (Tabel 37). Namun, data terukur yang tersedia terbatas untuk subsidensi lahan gambut karena kurangnya studi tentang kejadian sebenarnya dari subsidensi.

Tabel 37. Penggunaan, pemadatan dan subsidensi gambut

Setelah pembukaan lahan (tahun)	Laju subsidensi (cm tahun^{-1})	
	Tanpa pemadatan	Pemadatan
1	13,45	3,31
2	20,96	6,29
3	29,88	10,78

Sumber: Hasil survei lapangan dan analisis laboratorium (2022).

Subsidensi awal lahan gambut terutama disebabkan oleh kompresibilitas ketika lahan gambut alami dikeringkan. Istilah kompresibilitas digunakan di sini untuk menunjukkan pemadatan gambut satu dimensi yang bergantung pada waktu,

dan itu mencakup efek hidrodinamik dan mekanisme kompresi lainnya.

Kompresibilitas tanah mengacu pada proses mekanis di mana tanah mengubah volume secara bertahap sebagai respons terhadap perubahan tekanan. Hal ini terjadi karena tanah merupakan material dua fasa yang terdiri dari butir-butir tanah dan fluida pori, biasanya air tanah. Ketika tanah jenuh dengan air mengalami peningkatan tekanan, kekakuan volumetrik air yang tinggi dibandingkan dengan matriks tanah berarti bahwa air pada awalnya menyerap semua perubahan tekanan tanpa mengubah volume, menciptakan tekanan air pori berlebih. Saat air berdifusi menjauh dari daerah bertekanan tinggi karena rembesan, matriks tanah secara bertahap menerima perubahan tekanan dan menyusut volumenya. Oleh karena itu, kerangka teoritis kompresibilitas terkait erat dengan persamaan difusi, konsep tegangan efektif, dan konduktivitas hidrolis.

Lapisan bahan organik jenuh permanen dikompresi karena hilangnya daya dukung air setelah muka air tanah diturunkan. Selanjutnya, pemadatan diikuti oleh dekomposisi cepat bahan organik yang terpapar melalui oksidasi biokimia. Bahan organik di atas permukaan air tanah kemudian mengalami penyusutan atau pengurangan volume karena kehilangan air yang tidak balik pada tekanan air yang sangat negatif (Tabel 38).

Subsidence sangat bergantung pada kedalaman muka air tanah. Oleh karena itu, pada lahan gambut yang direklamasi untuk keperluan pertanian, muka air tanah harus dijaga setinggi mungkin sesuai dengan kebutuhan tanaman. Persamaan perkiraan pertama untuk menentukan subsidence menggunakan hubungan antara muka air tanah dan laju subsidence: Laju subsidence (cm per tahun) = $0,1 \times$ tinggi muka air tanah (cm).

Tabel 38. Kompresibilitas, oksidasi dan penyusutan gambut (cm tahun⁻¹)

Lokasi	Kompresibilitas (1-2 thn)	Oksidasi dan penyusutan (> 2 thn)
Pulau Rimau	> 30	5-10
Air Sugihan	> 40	6-14
Talang Sepucuk	>25	5-15
KRS*/	>20	5-14

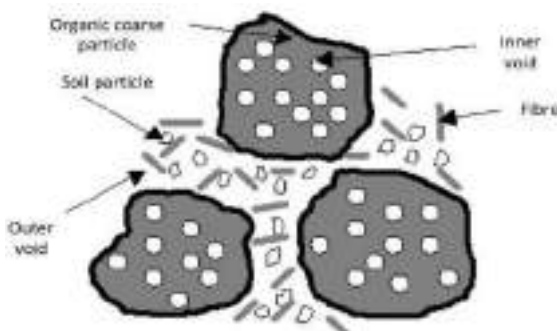
Keterangan: KRS = Kebun Raya Sriwijaya

Sumber: Laporan Akhir Penelitian Unggulan Profesi (Armanto, 2016-2022).

Secara alamiah, lahan gambut tidak mampu untuk menopang atau menahan beban karena mengalami masalah subsidensi yang serius. Namun, pemanfaatan lahan gambut tidak dapat dihindari karena terbatasnya lahan mineral untuk memenuhi pertumbuhan penduduk dan pembangunan yang cepat. Lahan gambut memiliki kompresibilitas tinggi dengan rasio rongga awal di kisaran 5-15 dan daya menahan beban rendah (5-20 kPa). Lahan gambut mengalami subsidensi yang berlebihan dalam waktu yang singkat dan terus mengalami subsidensi dalam jangka waktu yang lama. Kompresibilitas gambut sangat dipengaruhi oleh dekomposisi gambut, semakin rendah dekomposisi, maka semakin tinggi kompresibilitas karena terdiri dari bahan organik berserat seperti daun dan batang tanaman yang memiliki porositas tinggi, yang mengarah pada rasio rongga awal yang tinggi, kadar air dan kandungan serat yang tinggi. Kompresibilitas gambut juga dipengaruhi oleh ukuran, bentuk, serat dan susunan serat penyusunnya, permeabilitas awal dan ikatan kimia antar partikel dalam tanah.

Diagram skema penataan ruang gambut disajikan pada Gambar 40, dimana gambut dibagi menjadi dua komponen utama yang terdiri dari badan organik dan ruang organik. Badan organik terdiri dari partikel organik sebagai padatan dan rongga

bagian dalam berisi air, sedangkan ruang organik, termasuk partikel tanah sebagai padatan dan rongga bagian luar berisi air. Diagram skematik menjelaskan bahwa penataan atau susunan gambut terdiri dari serat dan partikel organik. Pada partikel organik terdapat tiga penyusun utama, yaitu berasal dari batang dan akar tanaman, yaitu serat kasar dengan ukuran partikel lebih besar dari 1 mm, serat halus dengan ukuran lebih kecil dari 1 mm dan bahan amorf (melapuk sempurna). Pada kondisi awal, gambut dapat menahan air dalam jumlah yang cukup besar karena rongga dan pori-pori partikel dan menghasilkan kadar air yang tinggi dan rasio rongga awal. Oleh karena itu, tergantung pada serat, ukuran dan susunan partikel, kompresibilitas dan kompresibilitas tanah dapat diprediksi atas dasar kematangan lahan gambut.



Sumber: Dimodifikasi dari Wong *et al* (2009).

Gambar 40. Diagram skema penataan ruang gambut

Physical peat model:

Organic bodies consist of:

- 1) *Organic particles (solids)*
- 2) *Water (inner voids)*

Organic spaces are divided into:

- 1) *Water (outer voids)*
- 2) *Soil particles (solids)*

Lahan gambut dengan kandungan serat lebih dari 67% tergolong gambut fibrik, di mana kurang dari 33% merupakan gambut saprik dan 33-67% merupakan gambut hemik. Kandungan serat memberikan dampak yang tinggi terhadap perbedaan sifat fisik lahan gambut terutama pada kompresibilitas. Lahan gambut dengan kandungan serat yang tinggi (fibrik) dan berat isi yang rendah mengandung banyak

pori-pori besar yang menghasilkan sebanyak 80% dari kadar air jenuhnya untuk drainase dan pergerakan air. Jika air pada pori-pori besar ini terdrainase, maka lahan gambut cepat mengering dan memiliki kompresibilitas juga tinggi.

Semakin tinggi kandungan serat pada gambut berserat, maka semakin meningkat pula kadar air, rasio pori awal dan indeks kompresinya. Tingginya kandungan serat pada lahan gambut tak terganggu menyebabkan tingginya angka pori awal, kadar air, sehingga menyebabkan indeks kompresi tinggi, dan ini menunjukkan tingginya subsidensi. Semakin tinggi kandungan serat pada lahan gambut, maka semakin tinggi kompresibilitas gambut dan semakin tinggi subsidensi gambut. Tabel 39. menjelaskan bahwa gambut fibrik mencapai laju subsidensi paling tinggi dibandingkan dengan gambut hemik dan saprik. Tabel 39. juga mengilustrasikan bahwa secara umum semakin dalam drainase yang dilakukan, maka subsidensi lahan gambut juga semakin meningkat.

Penyebab terjadinya subsidensi gambut adalah karena proses pemadatan bahan gambut, kondisi oksidatif lahan drainase terhadap pemadatan lahan gambut, dekomposisi bahan organik, dan kehilangan sebagian besar air gambut. Subsidensi gambut ini memiliki empat faktor, yaitu: pengerutan pada lapisan karena pengeringan, kompresibilitas lapisan bawah karena hilangnya kemampuan apung, oksidasi bahan organik, dan pemampatan pada lapisan bawah karena intensitas pengolahan yang tinggi.

Laju subsidensi = $0,04 \times \text{kedalaman saluran drainase}$ (DID & LAWOO, 1996).

Gambut tropis memiliki hubungan linier dengan kedalaman muka air tanah, terutama pada kondisi drainase kurang dari 50 cm di bawah permukaan tanah. Subsidensi akan

terjadi 0,9 cm bila terjadi subsidensi muka air tanah setiap 10 cm. Dari teori ini maka pada kondisi kedalaman air tanah rata-rata di kawasan KRS adalah 40 cm, *subsidence* tanah bisa dikendalikan dengan subsidensi sekitar 1,50 cm tahun⁻¹ (Tabel 39).

Bila mengacu kepada formula yang dikeluarkan oleh DID dan LAWOO (1996), maka subsidensi gambut bisa saja terjadi, yaitu 0,04 di kali kedalaman drainase 40 cm, sehingga angka subsidensi adalah 0,04x40 cm, yaitu 0,16 cm tahun⁻¹.

Tabel 39. Subsidensi akibat dari penurunan muka air tanah (cm tahun⁻¹)

Drainase (cm)	Hemik	Saprik	Fibrik
25	< 1,50	1,81-3,63	2,60-2,84
50	<1,10	1,14-2,83	3,60-4,10
75	<1,30	1,30-1,50	3,90-4,20

Sumber : Laporan Akhir Penelitian Unggulan Profesi (Armanto, 2016-2022).

10.6. Daya Menahan Beban (*Bearing Capacity*)

Daya menahan beban yang rendah merupakan faktor penghambat produktivitas tanaman terutama tanaman tahunan. Kondisi tanaman yang tidak tegak (*condong*, *miring*) yang sering ditemukan di lahan gambut merupakan indikasi rendahnya daya menahan beban lahan gambut. Setelah *condong* atau *miring*, maka pohon menjadi roboh, dan akarnya tercabut dari dalam tanah.

Daya menahan beban lahan gambut dipengaruhi oleh tingkat kematangan lahan gambut, lahan gambut matang umumnya lebih padat, sehingga daya menahan bebannya menjadi lebih tinggi. Peningkatan daya menahan beban melalui proses pemadatan dengan menggunakan alat mekanisasi, sedangkan alat-alat mekanisasi sulit digunakan pada lahan gambut. Selain akibat berat isi tanah yang rendah, kondisi lahan

gambut yang terlalu lunak (lembek) akibat kandungan air yang terlalu tinggi juga berkontribusi terhadap rendahnya daya menahan beban. Oleh karena itu, drainase selain bertujuan untuk menghilangkan kelebihan air, juga untuk meningkatkan daya menahan beban.

Daya dukung lahan gambut sangat bervariasi dengan kadar air dan umumnya meningkat dengan penurunan kadar air. Oleh karena itu, daya dukung secara tidak langsung berhubungan dengan muka air tanah di dalam tanah. Daya dukung dan muka air memproyeksikan hubungan garis lurus: $y = 7,68 + 0,044 x$

dimana y = daya dukung (kN/m²) x = muka air tanah (mm)

Oleh karena itu, jika muka air berada di permukaan ($x = 0$), daya dukungnya adalah 7,68 kN m⁻². Faktor lain yang mempengaruhi daya dukung adalah matriks serat di permukaan dan berat isi. Kepadatan curah yang lebih tinggi akan menghasilkan daya dukung yang lebih tinggi. Hal ini dapat dicapai melalui drainase, yang akan menghasilkan pemadatan dan kompresibilitas bahan organik. Lahan gambut sering dipadatkan secara mekanis setelah drainase sebelum dilanjutkan dengan penanaman untuk pertanian. Pemadatan mekanis mampu meningkatkan daya dukung melalui peningkatan berat isi.

10.7. Oksidasi Gambut (*Peat Oxidation*)

Oksidasi umumnya dianggap sebagai proses terpenting yang menyebabkan hilangnya bahan organik. Oksidasi adalah proses biokimia yang dipelajari secara intensif. Pembakaran sebagai bentuk oksidasi yang dipercepat terutama disebabkan oleh manusia, dan dapat dengan mudah dikendalikan atau dicegah. Erosi air dan erosi angin lebih sulit dikendalikan tetapi

tidak terlalu penting di daerah tropis. Penghapusan gambut dengan gerusan di saluran drainase adalah penting secara lokal dan erosi pantai terjadi di mana gambut tersingkap di pantai.

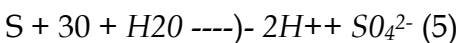
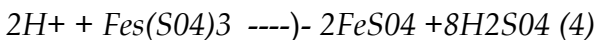
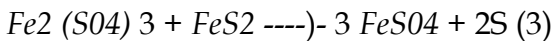
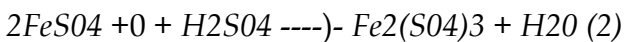
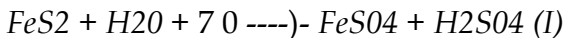
Tingkat dekomposisi yang berbeda di gambut dengan komposisi kimia yang berbeda dan di gambut yang mengandung mikroflora dan mikroorganisme yang berbeda, gambut dataran rendah terdekomposisi sebesar 15 % pada 28°C dalam 18 bulan di bawah kondisi kelembaban optimum 50-80 %. Di atas dan di bawah kisaran kelembaban ini, laju dekomposisi berkurang dengan cepat. Siklus basah dan kering juga muncul untuk merangsang dekomposisi. Bakteri umumnya paling banyak di gambut dataran rendah yang dikeringkan dan lebih sedikit di gambut tegalan tinggi asam. Namun, ketika yang terakhir setelah dikapur, dipupuk, dan dibudidayakan, populasi mikroba meningkat menjadi hampir sama dengan gambut dataran rendah di bawah kondisi drainase yang sama, dan tingkat dekomposisi meningkat juga. Organisme yang bertanggung jawab atas dekomposisi paling aktif di atas 5°C. Aktivitas mikroba tanah umumnya berlipat ganda untuk setiap kenaikan suhu 10 derajat dan oleh karena itu suhu tanah merupakan faktor penting dalam menentukan laju penurunan, terutama untuk daerah tropis di mana suhu tetap dalam kisaran 25-30 °C. Kedalaman drainase merupakan faktor penting lain yang mengatur laju oksidasi. Para pekerja mengembangkan model matematis yang menghubungkan kedalaman drainase dan suhu tanah yang dapat digunakan untuk memperkirakan subsidensi lahan gambut dataran rendah di iklim yang berbeda.

Terdapat korelasi yang kuat antara laju subsidensi dan rata-rata kedalaman muka air tanah, dan terdapat hubungan antara subsidensi tahunan yang diharapkan dengan dua variabel utama suhu tanah dan kedalaman drainase. Tanah

lumpur dengan kandungan mineral dan berat isi yang lebih tinggi, akan memiliki tingkat subsidensi antara setengah dan tiga perempat dari yang ditunjukkan pada grafik. Model ini hanya tentatif dan berdasarkan data lapangan dan laboratorium yang terbatas, tetapi, dengan tidak adanya informasi empiris, dapat digunakan untuk mengukur subsidensi yang disebabkan oleh mineralisasi.

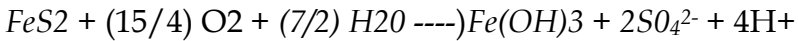
Pada lahan gambut yang ditanami padi, tanaman sering mengalami keracunan Fe, Al, Mn dan lain-lain yang dapat menyebabkan penurunan produksi padi dari musim sebelumnya. Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa kondisi ini disebabkan karena telah terjadinya oksidasi pirit ketika air tanah turun jauh di bawah lapisan pirit dalam waktu yang cukup lama, antara lain saat musim kemarau panjang atau akibat drainase yang berlebihan. Air menjadi masam dan karatan meluas, selain itu gulmapun meluas dan sering menutupi saluran.

Berbagai proses berlangsung dalam oksidasi pirit yang dapat diringkas dalam beberapa reaksi berikut:

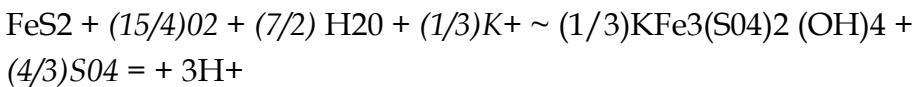


Reaksi (1), (3) dan (4) adalah reaksi kimia, sedang reaksi (2) dan (5) adalah reaksi biokimia. Pada reaksi (2) *mikroorganisme Theobacillus ferroxidans* berperan sebagai katalisator reaksi, sedang pada reaksi (5) *Thio-oxidans* mengoksidasi S yang dihasilkan pada reaksi (3). Oksidasi pirit membuat tanah menjadi sangat masam, bahkan pH tanah dapat mencapai < 3,5.

Pemasaman maksimum terjadi bila semua ion Fe dioksidasi dan dihidrolisis menjadi *ferri-hidroksida*.



Setiap molekul melepas 4 ion H⁺, tetapi biasanya tidak berlangsung sampai tuntas. Pembentukan jarosit mengurangi jumlah ion H⁺ yang dilepas:



Penurunan pH akibat pirit teroksidasi disangga oleh tanah itu sendiri melalui beberapa proses, yaitu: (1) Pembentukan jarosit; (2) Penetralkan oleh mineral hijau; (3) Reaksi pertukaran dengan kation basa pada kompleks jerapan; dan (4) Penetralkan oleh bahan kapur dalam tanah (misalnya kulit kerang). Khusus untuk zona lahan pasang surut payau, penetralkan juga terjadi oleh luapan atau intrusi air laut. Tingkat keseriusan permasalahan yang berkaitan dengan kemasaman tanah tidak saja tergantung pada jumlah pirit dan bahan penetral dalam tanah, tetapi juga pada kecepatan mobilisasi penetral dan kecepatan proses pemasaman.

Pembentukan asam sulfat yang melewati daya sangga tanah menghaneurkan kisi mineral liat, dan melepas banyak kation Ah + kedalam larutan tanah. Kation asam Ah⁺ Fe³⁺ dan H⁺ mendesak dan menukar kation basa Ca⁺ Mg²⁺ dan K⁺ dari kompleks jerapan. Air hujan dan drainase tidak saja meneuei asam, tetapi juga membawa serta kation-kation basa. Selain itu fosfat dan molibdat juga menjadi kurang tersedia karena diikat hidroksida Fe dan Al. Kegiatan bakteri pengikat N terhambat karena suasana yang sangat masam serta kurang tersedianya P dan Mo.

Kedalaman pirit: perlu diperhatikan kedalaman bahan pirit yang terkandung di dalam lahan gambut. Apabila pirit muncul di atas permukaan air, maka akan terjadi oksidasi dan pirit menjadi racun bagi tanaman. Dalam keadaan anaerob, pirit itu stabil. Sebaliknya dalam keadaan aerob, pirit akan mudah mengalami oksidasi, melepaskan asam sulfat dan hidroksida besi. Hal ini terjadi bila air tanah turun jauh di bawah batas atas lapisan pirit (misalnya karena drainase berlebihan) untuk waktu yang cukup lama.

Sebenarnya *overdrained* terjadi bukan karena saluran drainase yang dalam (dan lebar), tetapi karena saluran tersebut tidak atau belum dilengkapi bangunan pintu air, atau pintu airnya tidak atau belum berfungsi. Saluran yang dalam akan memperlancar pencucian, membuang bahan beracun. Drainase berlebihan dapat dihindari dengan mengatur pintu-pintu air, sehingga tinggi permukaan air tanah dapat dipertahankan sedemikian rupa, sehingga lapisan pirit selalu anaerob. Dengan demikian pirit tidak teroksidasi, dan proses pemasaman tidak terjadi.

Dalam musim kemarau muka air tanah mungkin turun di bawah lapisan pirit. Untuk meneegah lapisan pirit mengalami keadaan aerob, maka harus diusahakan agar selalu ada air pada saluran tersier, kuarter atau batas pemilikan. Akan lebih baik lagi bila pada saluran keliling diusahakan ada air yang dalamnya 50 cm, walaupun air pada saluran hanya 10-15 cm. Upaya ini di samping dapat meneegah teroksidasinya pirit, juga membuka kemungkinan penanaman palawija, pada lahan dengan tipe luapan C, di musim kemarau tanpa resiko kekeringan.

10.8. Kebakaran dan Emisi Karbon C (*Fire and Carbon Emission*)

Kebakaran lahan terjadi dalam kategori berat sejak tahun 2015 dan terjadi lagi kebakaran parah pada tahun 2019. Menurut masyarakat kebakaran ini terjadi karena lahan mengalami kekeringan disebabkan oleh intensitas hujan rendah serta sumber air permukaan terbatas. Selama ini lahan dicoba ditanami kelapa sawit, namun gagal karena gambut terlalu dalam. Namun karena dekat akses jalan dan penduduk, maka masyarakat mencoba memiliki lahan tersebut, bahkan ada yang menjual ke orang luar. Kegagalan usaha pertanian di daerah tersebut menyebabkan lahan terbengkalai, yang akhirnya menjadi sumber kebakaran setiap tahun. Pada saat sekarang, apabila terjadi kebakaran besar pada lahan gambut ini, masyarakat sekitar langsung melaporkan kepada pihak pemerintah agar dapat dikirim bantuan, seperti mobil pemadam kebakaran berserta staf BNPB dan bantuan *helicopter* dengan membawa *water booming*. Namun usaha ini tidak bisa berjalan efektif karena bila kebakaran sudah terjadi di lahan gambut, maka kebakaran tersebut akan sulit dipadamkan.

Dari luas KRS (100 ha), pada saat ini telah habis terbakar mencapai 26,72 ha yang sudah di tanam berbagai jenis pohon. Tanaman yang terbakar rata-rata usia 1-4 tahun, yaitu tanaman jelutung, balangeran, tembesu, merbau, dan gelam. Setiap 1 ha kawasan KRS yang terbakar sudah ditanami sekitar 833 batang pohon. Bila dikalikan luas KRS terbakar dengan jumlah pohon yang sudah ditanam, maka akan didapat angka sekitar 20.000 pohon yang hangus terbakar. Untuk pemulihan, sementara waktu KRS belum sepenuhnya dibuka untuk umum. Kebakaran lahan KRS umumnya berawal dari kebakaran lahan di daerah pemukiman penduduk. Berkat pertolongan satuan

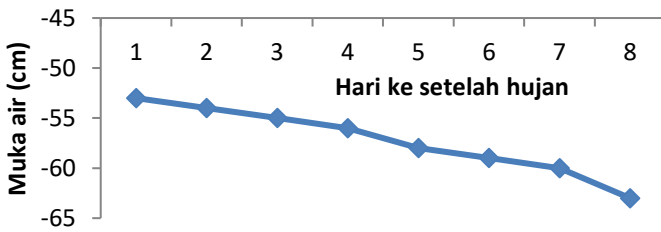
tugas darat dan udara dan bantuan masyarakat setempat, api berhasil dipadamkan.

Selain untuk tujuan konservasi, KRS dibangun untuk dijadikan tempat wisata alam terbuka bagi warga pada umumnya. Meskipun belum dibuka penuh untuk rekreasi, namun KRS sudah cukup dikenal bagi warga setempat untuk menghabiskan waktu luang dengan ber-swafoto di taman gambut, mengelilingi dan bermain di sekitar danau buatan di dalam kawasan KRS, serta menikmati pohon-pohon khas rawa dan lahan gambut yang tertata rapi. KRS dilengkapi kantor pengelola, gedung interpretasi studio mini untuk edukasi. Di kawasan KRS, telah dibuat jadwal bahwa untuk hari Senin-Jumat berfungsi sebagai kebun edukasi, sedangkan pada akhir pekan dibuka untuk fungsi wisata. Menariknya lagi kawasan ini terbilang objek wisata hijau karena pengelola meminimalkan penggunaan listrik PLN. Sebagai gantinya, di lokasi KRS telah dibangun *solar cell*. Selain itu, juga terdapat sumur bor yang airnya bisa dinikmati selama 24 jam *non stop*. Di kawasan KRS juga dilengkapi dengan *guest house*.

Salah satu produk gas yang dihasilkan dari kejadian kebakaran lahan adalah CO₂. Gas ini menjadi perhatian serius karena dominan dalam emisi gas rumah kaca. Diperkirakan massa gambut yang terbakar dari deforestasi rata-rata 154.2±60.4 ton ha⁻¹ dan kebakaran gambut sejumlah tersebut mengemisikan sebanyak 262.6±117.1 ton CO₂ ha⁻¹. IPCC (2013) memperkirakan perkiraan masa gambut kering kering yang terbakar sebanyak 353 dan 155 ton/ha berturut-turut untuk kebakaran liar (*wildfire*) dan kebakaran terkendali (*controlled fire*) dan faktor emisi 464 gram CO₂ kg⁻¹ masa gambut kering. Dengan demikian emisi dari kedua bentuk kebakaran ini berturut-turut adalah sekitar 601

dan 264 ton CO₂ ha⁻¹ untuk kebakaran liar dan kebakaran terkendali (Gambar 41).

Di lapangan sulit membedakan antara kebakaran liar dan kebakaran terkendali, namun berbagai peristiwa kebakaran sering terjadi pada lahan yang mengalami perubahan penggunaan, seperti untuk persiapan. Dengan demikian kebanyakan kebakaran adalah merupakan bagian dari pengelolaan (*managed atau controlled fire*). Untuk itu bila tidak diketahui secara pasti apakah kebakaran merupakan kebakaran liar atau kebakaran terkendali disarankan untuk menggunakan angka 264 faktor emisi ton CO₂ ha⁻¹.



Gambar 41. Penurunan muka air harian setelah hari hujan

Untuk menghitung emisi C pada gambut yang terbakar harus memperhitungkan kedalaman gambut terbakar. Dengan menggunakan data hotspot dan asumsi kedalaman kebakaran gambut sekitar 40 cm pada areal yang terbakar, memperkirakan emisi kebakaran gambut seluruh Indonesia sekitar 6,4 juta ton CO₂ tahun⁻¹. Angka ini jauh lebih rendah dari perkiraan lainnya. Untuk perhitungan di kawasan KRS maka kedalaman gambut terbakar adalah menggunakan angka 30 cm. Dalam studi ini dihitung emisi C dari lahan gambut dikelola yang terbakar. Model perhitungan menggunakan persamaan empiris (IPCC, 2014). Model perhitungan dapat dilihat dibawah ini

$$L_{fire} = A \times M_B \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-3}$$

dimana: L_{fire} = jumlah emisi CO_2 atau bukan- CO_2 atau. CH_4 dari lahan terbakar (ton)

A = jumlah area terbakar setiap tahun, ha

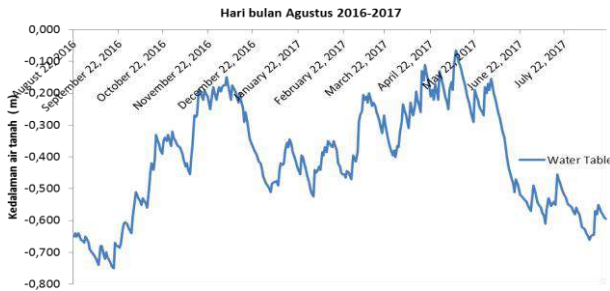
M_B = Jumlah biomas yang tersedia untuk terbakar dalam ton/ha

C_f = Faktor pembakaran (tidak berdimensi)

G_{ef} = Faktor emisi masing-masing gas, g/kg bahan kering terbakar

Untuk menghitung jumlah emisi CO_2 di lahan gambut yang terbakar harus dilakukan dengan melakukan perhitungan emisi dari gambut terbakar bagian bawah dan perhitungan dari biomassa bagian atas. Oleh karena itu pengendalian muka air sangat penting untuk mencegah terjadinya emisi C berlebih.

Gambar 42. menunjukkan fluktuasi harian kedalaman air tanah pada area gambut dikelola dengan pengendalian muka air (*control drainage*). Muka air berada pada kondisi aman dari kebakaran. Selain itu bila menggunakan asumsi angka 30 cm sebagai batas tidak terjadi emisi C maka dalam satu tahun periode Agustus 2016 sampai Agustus 2017 menunjukkan ada 135 hari tidak terjadi emisi, dan ada 230 terjadi emisi C. Pendugaan emisi carbon pada lahan gambut adalah dengan mangkalikan angka 90 dengan kedalaman air tanah (m). Hasil pengendalian muka air di kawasan KRS telah menghasilkan rata-rata kedalaman air tanah 40 cm, sehingga area ini sudah bisa memenuhi standar kriteria PP 71/2014 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem gambut. Dari kondisi tersebut maka diperoleh emisi CO_2 sebesar 36 ton/ha/tahun. Angka ini tergolong kecil apalagi kalau lahan sudah memiliki vegetasi yang rapat.

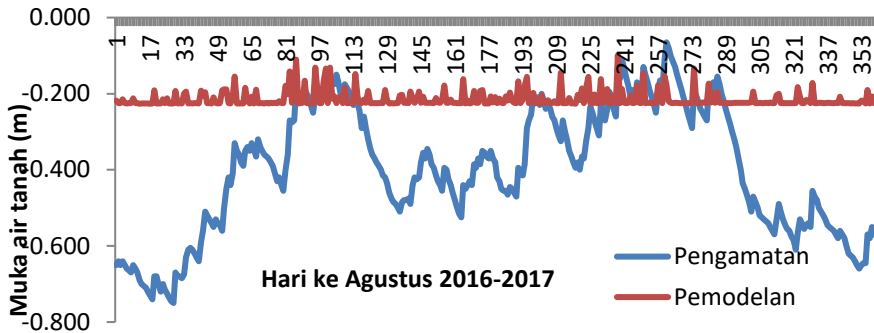


Gambar 42. Fluktuasi muka air tanah harian dengan pengendalian

Rata-rata emisi selama periode tahun 2000 sampai dengan 2006 yang diduga sekitar 928 Mt CO₂ tahun⁻¹, yang paling besar bersumber dari kebakaran dan hilangnya biomassa dan kerusakan hutan, yaitu sekitar 552 Mt CO₂ tahun⁻¹. Bahkan pada lahan yang dikelola dan gambut mengandung 6% kadar abu mampu menyerap emisi CO₂ menjadi hanya sekitar 23 ton ha⁻¹ tahun⁻¹ dan ini sama dengan jumlah CO₂ yang diserap oleh tanaman gambut dikelola. Jadi dapat disimpulkan bahwa pengendalian muka air yang tepat dan telah mampu mengurangi emisi C. Angka emisi CO₂ sebesar 36 ton ha⁻¹ tahun⁻¹ adalah tergolong rendah dan ekuivalen dengan jumlah CO₂ yang diserap tanaman (Gambar 43).

Kunci dari keberhasilan pemanfaatan lahan gambut untuk gambut dikelola adalah harus memperhatikan prinsip-prinsip pengelolaan air yang baik. Kondisi tanah gambut tidak boleh tergenang dalam jangka waktu lama untuk mendukung aerasi akar dan pertumbuhan tanaman, juga tidak boleh terlalu kering agar gambut tidak menjadi kering tidak-balik dan membentuk pasir semu. Sistem penahanan air dan pengisian air di lahan diperlukan dan untuk itu harus menggunakan konsep drainase terkendali. Saluran drainase perlu dibuat pintu air atau sekat kanal yang dilengkapi dengan pengeluaran (*overflow*), sehingga

mampu mengatur muka air tanah di tingkat saluran untuk menciptakan kondisi air tanah di lahan berkisar 40 cm.



Gambar 43. Simulasi jika air di saluran dinaikan 20 cm mendekati tanggul

10.9. Banjir dan Kekeringan (*Flood and Drought*)

Secara umum isu masalah air in lahan gambut dapat dikelompokkan dalam tiga kelompok, yaitu: hidrodinamika (*hydrodynamics*), hidrologi (*hydrology*), dan kualitas air (*hydro qualities*). *Hydrodynamics* membahas mengenai dinamika air dari sungai ke lahan gambut atau sebaliknya, hidrologi berbicara tentang perputaran air dalam bnetuk siklus air, dan kualitas air membahas mengenai kualitas air dan komponen apa saja terkandung didalam air. Pada musim hujan, banjir yang terjadi setiap tahun dengan frekuensi, ketinggian banjir, dan durasi genangan yang bervariasi (Table 40). Petani belum menemukan mempunyai kemampuan bagaimana cara menangani banjir tersebut.

Genangan tahun 1990 sekitar 10,18%, kedalaman rata-rata 10-15 cm dan lama genangan 1-2 jam. Banjir di musim hujan tahun 2020 mengakibatkan banyak pohon buah-buahan yang siap panen menjadi mati. Pada tahun 2021, banjir terjadi berkisar 2-4 kali. Banjir pada November 2021 berlangsung lama (>2 hari). Luas genangan yang terjadi meningkat menjadi 23,54%, dan kedalaman genangan rata-rata meningkat 30-150 cm dan lama

genangan sedikit meningkat menjadi 3-5 jam. Genangan air diperkirakan meluas hingga lebih dari 200 % (sekitar 51,29%) dengan kedalaman genangan meningkat lebih dari 100% (>150 cm) dan durasi genangan meningkat hingga > 5 jam.

Tabel 40. Kondisi banjir tahun 1990-2050

Parameter banjir	1990 ^{a/}	2021 ^{b/}	2050 ^{c/}
Luas genangan (%)	10.18	23.54	51.29
Kedalaman genangan (cm)	10-15	30-150	>150
Lama genangan (jam)	1-2	3-5	>5
Total panjang sungai (km)	5.24	2.10	1.60
Panjang kanal (km)	1.30	10.38	17.28

Catatan : a/ sebelum pembukaan lahan, b/ kondisi saat sekarang, c/ data prediksi

Sumber : */ Dihitung dan ditafsirkan berdasarkan peta penggunaan lahan (1: 250.000 skala), Landsat 2020 dan survei lapangan (2021)

Pada tahun 1990 total panjang sungai semakin memendek, yaitu sekitar 5,24 km menjadi 2,10 km pada tahun 2021 dan diperkirakan menjadi sekitar 1,60 km pada tahun 2050. Kondisi sebaliknya terjadi bahwa panjang dan luas kanal buatan dari tahun ke tahun semakin bertambah, yaitu sekitar 1,30 km pada tahun 1990, meningkat menjadi 10,38 km pada tahun 2021 dan diperkirakan akan terus meningkat menjadi sekitar 17,28 km pada tahun 2050. Peningkatan panjang dan luas kanal sengaja dilakukan oleh perusahaan besar swasta dan pemerintah untuk mengantisipasi penurunan yang tajam dalam panjang dan luas sungai. Kondisi kanal yang kurang terawat, sehingga kanal tidak dapat mengalirkan air (air hujan dan luapan sungai) secara sempurna pada saat pasang atau surut akibat tingginya sedimentasi dan pencemaran limbah domestik.

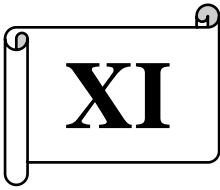
Pada musim kemarau, kebakaran hutan dan lahan merupakan bencana alam yang dapat dikendalikan. Sampai tahun 2019, kebakaran hutan dan lahan terjadi setiap tahun.

Kebakaran terbesar terjadi pada tahun 2015 dan 2019. Kebakaran tahun 2015 menghancurkan ratusan hektar lahan gambut. Semenjak saat itu, penduduk desa menjadi waspada menjaga kawasan pemukiman dan lahan gambut dari kebakaran. Pemerintah bersama penduduk lokal telah berhasil membentuk kelompok Desa Peduli Api dengan tujuan untuk mencegah terjadinya kebakaran hutan dan lahan. Pada saat sekarang, desa-desa penelitian dan lahan gambut sangat sedikit terjadi kebakaran hutan dan lahan, hal ini dikarenakan adanya pengawasan ketat oleh kelompok Desa Peduli Api dan musim kemarau tahun 2020 dan 2021 relatif lembab dan tidak kondusif untuk kebakaran. Berbagai tindakan yang dilakukan petani berkaitan dengan pertanian pada musim kemarau, yaitu:

- 1) Lahan gambut sekitar rumah petani menjadi sangat kering menyebabkan tanaman sayuran sangat mudah kekeringan. Oleh karena itu, petani harus sering-sering menyirami tanaman sayuran mereka. Penyiraman tanaman sayuran dilakukan minimal sekali sehari pada pagi atau sore hari. Petani merasa kesulitan untuk mendapat air selama musim kemarau, sehingga menyulitkan penyiraman tanaman sayuran.
- 2) Saat pertama kali penyiapan lahan untuk kegiatan pertanian adalah sangat sulit dan menantang karena lahan gambut ditumbuhi oleh semak belukar yang rapat dan banyak perakaran perlu dicabut. Adanya larangan pembakaran oleh pemerintah, semakin mempersulit penyiapan lahan. Selain itu, beberapa tanaman pertanian menuntut perlu dilakukan drainase, sebelum dilakukan penanaman, hal ini berakibat biaya awal penyiapan lahan yang tinggi.

- 3) Pemupukan dilaksanakan sesuai dosis dan tepat waktu secara teratur, terutama untuk tanaman buah-buahan. Petani berpendapat bahwa jika tanaman mereka tidak dipupuk secara teratur, maka tanaman mereka tidak akan berproduksi.

Banjir dan Kekeringan merupakan tantangan utama yang sering terjadi di lahan gambut, sehingga sebagian besar penduduk desa menjadi ragu-ragu untuk mengelola lahannya karena banjir dan kekeringan dianggap sebagai suatu risiko tinggi bagi petani. Akan tetapi, bertani di lahan gambut sangat menantang, bahkan dalam kondisi yang ideal sekalipun. Berbagai tantangan bertani, mulai dari persiapan lahan hingga panen, baik di musim hujan maupun kemarau, yaitu mencakup tantangan teknis dan nonteknis. Akan tetapi sekitar 15 rumah tangga yang aktif menggunakan lahan gambut untuk memenuhi konsumsi mereka sendiri dan sebagai peningkatan pendapatan rumah tangga petani dengan cara mengadopsi berbagai teknologi untuk mengatasi banjir, kekeringan dan kebakaran hutan dan lahan.



DINAMIKA KELAPA SAWIT RAKYAT

11.1. Sejarah Perubahan Bentang Lahan Gambut

Asal usul kegiatan pertanian di lahan gambut didominasi oleh kegiatan pertanian tradisional, yaitu memanen sumberdaya alam, berburu, pertanian pangan, dan pertanian sistem *sonor*. Pada saat itu, kehidupan masyarakat lokal selaras dengan alam karena ada kepercayaan bahwa kawasan hutan gambut boleh sebagian dibuka untuk pemukiman dengan syarat tidak boleh melakukan perbuatan buruk dan merugikan orang lain seperti mabuk-mabukan, perjudian dan perbuatan yang melanggar syariat Islam. Jika masyarakat melanggar ketentuan yang telah disepakati, maka pemuka masyarakat akan menegur dan memberikan sanksi sosial sesuai tingkat pelanggaran yang telah dilakukan tersebut. Setelah syarat-syarat disepakati, maka hutan ditebang dan dijadikan suatu kumpulan pemukiman dan menjadi kampung kecil. Lambat laun masyarakat lokal semakin banyak tinggal di kampung tersebut, selanjutnya terbentuklah desa, diikuti dengan pembentukan RT (Rukun Tetangga) yang berada di bawah Kecamatan pada tahun 1960.

Kawasan bentang lahan gambut dan semak belukar disebut oleh masyarakat lokal sebagai rawa gambut dan hutan pedalaman atau rimba raya yang didominasi oleh kayu hutan, seperti jelutung, mahang, rotan, purun, namun dalam 20 tahun terakhir telah digantikan oleh perkebunan kelapa sawit. Pada mulanya masyarakat lokal hanya memanfaatkan lahan gambut untuk pemenuhan kebutuhan sendiri (subsisten), seperti

memancing, berburu, panen kayu bakar, pemanenan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK), seperti rotan, nipah, purun untuk keperluan rumah tangga dan kerajinan tangan, rumah dibuat dari kulit kayu dan kayu hutan. Selaras dengan berjalannya waktu, masyarakat memanfaatkan lahan gambut untuk dijadikan perkebunan kelapa sawit, terutama oleh perusahaan besar dengan penguasaan yang luas menjadi perkebunan industri. Pembuatan saluran untuk penanaman kelapa sawit dilakukan dengan metode 212, yaitu penanaman kelapa sawit menggunakan dua baris pohon di lahan gambut dan metode satu saluran dan seterusnya. Sejarah singkat dinamika perubahan bentang lahan gambut disimpulkan pada Tabel 41.

Tabel 41. Sejarah singkat dinamika bentang lahan gambut

Periode	Bentang lahan	Sosial-budaya	Mata pencarian
1960-1970	Hutan, sungai (jalur air), habitat hidup flora dan fauna liar gambut sangat beragam	Pembukaan lahan skala mikro, gotong royong, kerjasama dan taat pada aturan Islam dalam memanfaatkan lahan gambut untuk tolak bala dan bencana	Memancing, berburu, panen HHBK (kayu bakar, rotan, purun) untuk keperluan rumah tangga dan kerajinan tangan, rumah dibuat dari kulit kayu dan kayu hutan
1970-1980	Hutan, sungai (jalur air, hewan liar masih banyak)	Orang luar masuk desa untuk membeli dan menjual lahan gambut kepada orang lain, bekerjasama tetapi menolak bantuan	Memancing, berburu, melanggar upah, panen HHBK (kayu bakar, rotan, purun) untuk keperluan rumah tangga dan kerajinan tangan, menjual lahan gambut dan sumberdaya air
1980-1990	Berkebun kelapa sawit, karet, buat jalan setapak, flora dan	Gotong royong, persembahan, mendukung tradisi dan budaya, menolak bantuan	Memancing, berburu, melanggar upah, sadap karet, kerja di kebun kelapa sawit dan karet, panen HHBK (kayu

	fauna hutan minimal		bakar, rotan, purun) untuk keperluan rumah tangga dan kerajinan tangan, menjual lahan gambut dan air bersumber dari sungai
1990-2000	Perkebunan kelapa sawit, karet, buat jalan mobil, lahan gambut sangat berkurang dan jumlah flora dan fauna sangat sedikit	Gotong royong, persembahan, mendukung tradisi dan budaya, menolak bantuan, orang luar desa meningkat	Memancing, berburu, melanggar upah, sadap karet, kerja di kebun kelapa sawit dan karet, panen HHBK (kayu bakar, rotan, purun) untuk keperluan rumah tangga dan kerajinan tangan, air bersumber dari sungai dan dan sumur gali, membeli menjual karet dan TBS, SD dan guru SD masuk desa
2000-2010	Kebun karet berkurang digantikan kelapa sawit, mobil sudah masuk lahan gambut, tapi masih pada jalan tanah	Gotong royong, persembahan, mendukung tradisi dan budaya, menolak bantuan, masyarakat pendatang meningkat	Memancing, berburu, melanggar upah, sadap karet, kerja di kebun kelapa sawit dan karet, panen HHBK (kayu bakar, rotan, purun) untuk keperluan rumah tangga dan kerajinan tangan, air bersumber dari sungai dan dan sumur gali, membeli menjual TBS dan lateks, guru SD berkerja extra di kebun sawit dan karet
2010-now	Lebih 90% lahan gambut jadi kebun kelapa sawit, ada kanal drainase	Gotong royong, persembahan, mendukung tradisi dan budaya, ibadah tradisional, menolak bantuan, masyarakat	No fishing, sedikit berburu, kerja di kebun kelapa sawit, panen HHBK (kayu bakar, purun), air bersumber dari sumur gali,

untuk kelapa sawit, jalan tanah, jalan aspal, banyak mobil masuk lahan gambut	pendatang semakin meningkat	membeli menjual TBS, guru SD menjadi pengusaha sawit, aparat desa membudidayakan tanaman pangan dan palawija
---	-----------------------------	--

Keterangan: HHBK (Hasil Hutan Bukan Kayu); TBS (Tandan Buah Segar)

Source: Hasil survei lapangan (2022).

Dinamika perubahan bentang lahan gambut ini selanjutnya didominasi oleh perkebunan industri dan kelapa sawit rakyat. Kedua jenis perkebunan ini (perkebunan industri dan kelapa sawit rakyat) di lahan gambut telah menjadi pemicu kerusakan bentang lahan gambut dan cenderung tidak berkelanjutan karena tanaman kelapa sawit menuntut muka air tanah yang dalam (> 50 cm), selanjutnya dilakukan drainase secara terus menerus. Fenomena seperti ini bertentangan dengan lingkungan alamiah lahan gambut yang menuntut muka air tanah dangkal (< 40 cm) bahkan menginginkan kondisi tergenang agar terhindar dari dekomposisi dan kerusakan gambut.

11.2. Sejarah Kelapa Sawit Rakyat di Lahan Gambut

Masyarakat desa diperkenalkan dengan kelapa sawit dan akasia melalui masuknya perkebunan industri kelapa sawit dan HTI Akasia ke desa mereka. Masyarakat desa akhirnya bersinggungan dengan kedua sistem tersebut dan diperlukan waktu > 8 tahun untuk menjadikan masyarakat desa memahami sistem perkebunan industri dan HTI ini. Perubahan bentang lahan gambut yang dipicu oleh perkebunan kelapa sawit rakyat dapat dikelompokkan menjadi empat periode, yaitu: sebelum tahun 1990; tahun 1990-2000; tahun 2000-2015; dan tahun 2015-2022.

- 1) Sebelum tahun 1990, kondisi ekonomi pedesaan tergantung sebagian besar pada pertanian tradisional dan HPH (Hak Pengusahaan Hutan), yaitu pertanian sistem *sonor*, penebangan dan operasional konsesi hutan. Sumber mata pencaharian utama masyarakat lokal sekitar konsesi hutan adalah tergantung pada kegiatan ekstraksi sumberdaya hutan dan pertanian sistem *sonor*. Petani lokal melakukan pertanian sistem *sonor* hanya untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga sendiri (subsisten), sedikit sekali hasil pertanian yang dijual ke pasar.
- 2) Tahun 1990-2000, masuklah investasi skala besar untuk perkebunan industri dan HTI dengan memanfaatkan lahan terlantar yang sebelumnya digunakan untuk konsesi hutan. Selama periode ini, sebagian besar masyarakat desa, khususnya yang terlibat dalam skema plasma, menjadi lebih akrab dengan kelapa sawit. Masyarakat masih terus bergantung pada praktik sistem pertanian subsisten, pada akhirnya sekelompok petani mulai tertarik menanam tanaman kelapa sawit di sekitar perkebunan industri. Faktor inilah yang menerangkan mengapa ekspansi budidaya kelapa sawit rakyat terkonsentrasi pada perkebunan industri atau lebih dikenal pola Kelapa Sawit Rakyat Terfokus.
- 3) Tahun 2000-2015, ekspansi kelapa sawit rakyat oleh petani swadaya ini didukung dan difasilitasi oleh pemerintah. Pemerintah memberikan bantuan bibit dan pupuk serta pestisida, sehingga terjadi perubahan tutupan lahan secara cepat. Pada periode ini terjadilah pola Kelapa Sawit Rakyat Random (Menyebar). Sangat disayangkan ekspansi kedua pola ini (pola terfokus atau pola random) ternyata masih kurang mempertimbangkan dampak lingkungan dan

struktur rumah tangga petani yang menguasai lahan. Ekspansi kelapa sawit rakyat semakin meluas dan lebih intensif, khususnya pada lahan gambut, sementara petani kecil tidak ikut aktif terlibat dalam pembangunan kelapa sawit rakyat ini. Akibatnya, terjadi pembebasan lahan oleh petani yang dilaksanakan tanpa kontrol, sehingga ekspansi kelapa sawit rakyat berkembang melanggar tataruang (ekspansi kelapa sawit rakyat masuk ke wilayah yang bukan peruntukan untuk ekspansi kelapa sawit rakyat). Pembebasan lahan ilegal ini telah memicu permasalahan tataruang yang serius, dan telah menimbulkan ketidakseimbangan ekosistem wilayah.

- 4) Tahun 2015-2022, munculah isu keberlanjutan untuk pembangunan ekonomi pedesaan yang didorong oleh penyebaran kelapa sawit. Walaupun ekonomi kelapa sawit telah mendorong pertumbuhan ekonomi pedesaan, kesempatan kerja, dan meningkatkan kualitas mata pencaharian pedesaan, akan tetapi dampak negatif ekspansi kelapa sawit rakyat telah menimbulkan kebakaran hutan dan lahan; konflik dan degradasi lahan gambut dipercepat; sehingga ekspansi kelapa sawit rakyat telah menimbulkan sentimen lingkungan dan merusak kredibilitas CPO (*Crude Palm Oil*) di pasar internasional. Pada saat sekarang, dimana umur kelapa sawit rakyat sudah > 25 tahun (hampir berakhir siklus kelapa sawit), ternyata muncul persoalan baru mengenai keberlanjutan *replanting*.

11.3. Status Perlindungan Lahan Gambut

Luas wilayah Sumatera Selatan adalah kurang lebih 9,20 juta ha dimana sekitar 3,41 juta ha merupakan kawasan hutan dan sekitar 1,26 juta ha adalah kawasan lahan gambut. Lebih dari

20% lahan gambut Sumatera terletak di Sumatera Selatan dan sampai saat sekarang, perkiraan luas lahan gambut secara akurat dan tepat masih belum ada konsensus bersama, disebabkan oleh visualisasi kebenaran luas lahan gambut yang akurat sangat sulit dilaksanakan dikarenakan sebagian lahan gambut telah musnah atau terdegradasi berat.

Atas dasar perhitungan planimetri citra landsat, ternyata estimasi luas lahan gambut yang tersisa maksimum hanya sekitar 29,84%, perhitungan ini tidak mempertimbangkan luas lahan gambut telah terdegradasi. Sangat mungkin terjadi bahwa luas lahan gambut yang tersisa kurang dari 29,84%. Data landsat (citra satelit) mengilustrasikan bahwa luas lahan gambut yang dimanfaatkan untuk budidaya perkebunan, pertanian dan kehutanan adalah sangat dominan (60,81%). Pemusnahan lahan gambut dipercepat dalam dua tiga dekade terakhir dan faktor utama percepatan ini dipengaruhi oleh konversi lahan gambut untuk pertanian dan perkebunan, drainase, kebakaran hutan dan lahan serta rata-rata laju deforestasi tahunan lebih dari 2,0%, seperti disajikan pada Tabel 42.

Tabel 42. Perkiraan luas lahan rawa gambut di Sumatera Selatan

Komponen	Area (ha)	Area (%)
Luas kawasan gambut awal	1.262.000	100,00
Kawasan gambut tersisa	378.600	29,84
Kawasan lindung	115.473	9,15
Kawasan budidaya	767.927	60,81

Sumber: Data diperoleh dari pengukuran melalui citra landsat (2020).

Lahan gambut yang berada di kawasan konservasi hanya berkisar sekitar 9,15%, akan tetapi sebagian status konservasi ini tergolong belum jelas, disebabkan sebagian kawasan konservasi tersebut belum ditetapkan sebagai kawasan lindung. Lebih

menyedihkan lagi ternyata adanya status kawasan lindung sebagai suatu taman nasional tidak ada jaminan bahwa kawasan tersebut tidak dikonservasi untuk jangka panjang. Hal ini terjadi karena berbagai kegiatan yang menghancurkan lahan gambut (seperti *illegal logging*, *illegal hunting*, pembukaan hutan, dan panen HHBK) masih ditemukan di dalam kawasan lindung termasuk taman nasional. Jelaslah semua tindakan liar (*illegal*) tersebut memicu percepatan degradasi lahan gambut dan meningkatkan kerentanan lahan gambut terhadap kebakaran hutan dan lahan, khususnya pada musim kemarau.

11.4. Pola Kelapa Sawit Rakyat

Atas dasar interpretasi citra landsat, maka secara umum jenis pemanfaatan hutan di Sumatera Selatan terdiri dari Hutan Produksi Tetap (HP), Hutan Produksi Terbatas (HPT), Hutan Produksi yang Dapat Dikonversi (HPK), Hutan Lindung (HL), Taman Wisata Alam (TWA), Suaka Margasatwa (SM), Suaka Alam/Kawasan Konservasi (KSA/KPA) dan Area Penggunaan Lain (APL). Semua zona pemanfaatan hutan dapat dibagi menjadi tiga kelompok: Kawasan Non-Hutan (APL), Hutan Produksi (HP, HPT, HPK), dan Hutan Lainnya (HL, TWA, SM, KSA/KPA). Pada umumnya Kawasan Non-Hutan (APL) ini yang umumnya dimanfaatkan untuk ekspansi kelapa sawit rakyat atau dengan kata lain lebih dari 90% ekspansi kelapa sawit rakyat terletak di kawasan APL.

Plot sampel yang dikelompokkan menjadi empat kategori berdasarkan penggunaan lahannya sebelum konversi, yaitu: (1) penggunaan lahan lainnya, yang mungkin pertanian (misalnya pertanian subsisten dan/atau tanaman komersial) atau non-pertanian (misalnya lahan bera, rumput dan semak belukar atau hutan); (2) gambut tidak berhutan dan umumnya digunakan

untuk kegiatan pertanian sebelum konversi; (3) kawasan hutan; dan (4) hutan lahan gambut sebelum dikonversi.

Terdapat dua pola penyebaran kelapa sawit rakyat, yaitu: menyebar (*random*) ekspansi kelapa sawit rakyat berupa spot (berbintik) dan kelapa sawit rakyat terfokus. Perluasan kelapa sawit rakyat *random* atas dasar pola pengembangan plot perkebunan yang menyebar dalam suatu kawasan luas. Ekspansi kelapa sawit rakyat terfokus didasarkan atas pola pengembangan kelapa sawit rakyat yang bekerja sama dengan atau berdekatan dengan perkebunan industri. Pola kelapa sawit rakyat terfokus ternyata sistem produksi dan pengolahan TBS (Tanda Buah Segar) mudah dikelola dan diatur. Sementara itu, sistem produksi dan TBS dari kelapa sawit rakyat *random*, ternyata sulit dikelola dan diatur, dan pada umumnya pola ini dikuasai *broker* atau orang perantara, sehingga harga TBS dikendalikan *broker*.

Sejak tahun 1990, sekitar 70% lahan gambut Sumatera Selatan telah dibuka dan sebagian besar hutan yang tersisa pada tahun 2019 telah terdegradasi. Kurang dari 50% lahan gambut yang tersisa dan berisiko tinggi untuk dikonversi lebih lanjut menjadi perkebunan kelapa sawit rakyat. Kawasan berisiko tinggi berada dalam jarak 2 km dari jalan raya dan 15 km dari Pabrik Kelapa Sawit (PKS). Kriteria ini dipilih karena 90% perkebunan kelapa sawit rakyat saat ini yang dikonversi dari hutan rawa gambut terletak dalam jarak 2 km dari jalan raya atau 15 km dari pabrik. Sekitar 25% hutan rawa gambut yang tersisa terletak di kawasan yang memenuhi kedua kriteria tersebut, 46% terletak dalam jarak 2 km dari jalan raya, dan 29% terletak dalam jarak 15 km dari pabrik.

Bentang lahan mengalami perubahan evolusioner dari satu tipe tutupan lahan ke tipe tutupan lahan lainnya melalui tiga cara, yaitu:

- 1) Lahan pertanian terlantar atau sawah terlantar dikonversi menjadi kelapa sawit rakyat. Cara ini tidak mengikuti prosedur formal atau administratif perizinan dari pemerintah. Biasanya petani mengkonversi langsung lahan gambut menjadi kelapa sawit rakyat. Perubahan tutupan lahan ini terjadi seiring dengan meningkatnya jumlah rumah tangga petani yang melakukan konversi tutupan lahan. Aktor kunci cara ini adalah petani, biasanya luasan kebun sawit < 5 ha.
- 2) Hutan sekunder yang terlantar, tidak dikelola dan telah menjadi semak belukar, dikonversi untuk kelapa sawit juga tanpa izin dari otoritas pemerintah. Akhirnya, hutan sekunder dikonversi menjadi perkebunan kelapa sawit. Cara ini umumnya diterapkan oleh petani yang mengambil alih lahan hutan di sekitar tempat tinggal mereka. Perubahan tutupan lahan terjadi karena petani kelapa sawit memperluas lahan mereka untuk budidaya kelapa sawit. Aktor kunci cara ini adalah petani dengan luasan kebun sawit < 20 ha.
- 3) Hutan primer yang didominasi oleh tutupan tajuk pohon, dimana sebagian besar hutan primer ini berubah menjadi hutan sekunder dengan kerapatan tutupan lahan berkurang, atau hutan bekas tebangan karena kegiatan penebangan kayu sebelumnya. Saat konsesi hutan tidak lagi efektif (dengan alasan mismanagement sumberdaya hutan atau alasan lain), hutan atau areal bekas tebangan ditelantarkan dan terdegradasi. Kawasan tersebut selanjutnya dikonversi ke penggunaan lahan lainnya. Cara

ini dimotori oleh investor skala besar sebagai aktor kunci dan memungkinkan diatur oleh regulasi. Kawasan tersebut berubah menjadi kawasan perkebunan industri. Perubahan tutupan lahan sangat ditentukan oleh investor tersebut yang mengendalikan sejumlah besar modal untuk investasi. Aktor kunci cara ini adalah petani dengan luasan kebun sawit > 20 ha.

Kebijakan migrasi untuk penanaman kelapa sawit diadopsi lebih awal dan lebih intensif di desa pendatang daripada desa non-pendatang. Hal ini disebabkan transmigran dari Jawa adalah merupakan petani pertama yang mengadopsi kelapa sawit sebagai bagian dari skema pemerintah untuk proyek perkebunan plasma. Di Sumatera Selatan, penduduk yang bermigrasi dari provinsi lain meningkat dari 0,5 juta pada tahun 1990 hampir mendekati 2 juta pada tahun 2020, yang merupakan 28,57% dari total penduduk Sumatera Selatan. Hal ini mempercepat pengembangan kelapa sawit, dan menyebabkan sengketa lahan dan deforestasi. Perluasan kelapa sawit rakyat tidak hanya menggambarkan lintasan perubahan bentang lahan atas dasar aksesibilitas fisik, tetapi mampu menampilkan aktor utama dan konsekuensi sosial ekonomi yang terjadi.

11.5. Karakteristik Fisik Plot

Karakteristik fisik plot kelapa sawit rakyat dipertimbangkan dari aspek kesesuaian lahan gambut untuk kelapa sawit; luas plot; jarak; legalitas; dan kepemilikan. Deskripsi data plot di lahan gambut disajikan pada Tabel 43.

Kesesuaian lahan gambut untuk kelapa sawit terutama ditentukan oleh ketebalan dan kematangan gambut, gambut yang masih diizinkan untuk diusahakan untuk kelapa sawit rakyat apabila ketebalan gambut < 3 m, itupun termasuk klas sesuai marginal (S3). Jika ketebalan gambut > 3 m, maka lahan

gambut tersebut harus dikonservasi (diklasifikasikan sebagai tidak sesuai, N). Sebaran lahan gambut dangkal yang ditemukan di Sumatera Selatan diperkirakan 24%, sisanya (76%) tergolong lahan gambut dalam (> 3 m).

Luas plot pada umumnya lebih dari 74% petani memiliki plot rata-rata berukuran < 5 ha, hanya sebagian kecil petani memiliki plot > 5 ha. Ini artinya sebagian besar pemilik kelapa sawit rakyat hanya untuk pemenuhan kebutuhan hidup keluarga mereka sendiri.

Jarak menjelaskan tentang seberapa jauh jarak plot ke jalan utama menuju ibu kota kabupaten (rata-rata 21 km berjarak jalan utama). Jarak ini tergolong relatif dekat, sehingga memudahkan transportasi TBS ke pabrik PKS. Jalan sangat berperan untuk memfasilitasi pembangunan desa; mengentaskan kemiskinan melalui meningkatkan produksi dan harga produk pertanian; menurunkan biaya input dan transportasi produksi pertanian. Oleh karena itu, ekspansi kelapa sawit rakyat meningkat nyata di kawasan dekat pabrik dan jalan raya. Jarak ke jalan raya berperan sangat penting bagi kelapa sawit rakyat karena hasil TBS dan input produksi (pupuk, bibit) lebih mudah diangkut. Peningkatan akses ke jalan, dan pabrik tentu saja menguntungkan petani karena akses jalan ini mampu meminimalkan biaya produksi, transportasi, panen, dan pengolahan TBS. Akan tetapi pembangunan jalan di lahan gambut berdampak sangat buruk terhadap kelestarian lingkungan karena pembangunan jalan dapat menyebabkan degradasi lahan gambut. Dampak negatif ini bersifat tantangan memotivasi peluang untuk mengatasi tantangan keberlanjutan melalui peningkatan desain jaringan jalan. Salah satu peluangnya adalah mengidentifikasi kawasan hutan rawa gambut yang berisiko tinggi dikonversi menjadi perkebunan

kelapa sawit rakyat dan memprioritaskan kawasan tersebut untuk dilindungi.

Jarak adalah menjadi pertimbangan penentu dalam melakukan konversi plot. Jarak areal kelapa sawit rakyat ke jalan utama dipertimbangkan dalam tiga cara. Pertama, jarak rata-rata kelapa sawit rakyat ke jalan terdekat ($20,75 \pm 4,69$ km) adalah jauh lebih pendek dibandingkan dengan perkebunan industri (lebih dari $40,12 \pm 33$ km). Selain itu, terdapat sekitar 46% kelapa sawit rakyat terletak dalam jarak kurang dari 4 km dari jalan terdekat, dibandingkan dengan perkebunan industri (jarak terdekat minimal 8 km). Kedua, untuk semua lahan gambut dalam jarak kurang dari 2 km dari jalan utama, kelapa sawit rakyat mendominasi tutupan lahan, dengan intensitas semakin berkurang dengan bertambahnya jarak ke jalan utama terdekat. Ketiga, jalan layanan (jalan di dalam perkebunan atau menyediakan akses ke perkebunan) menyumbang 52% dari semua jalan terdekat untuk perkebunan industri, sementara hanya 18% untuk kelapa sawit rakyat, dengan sisanya adalah 12% jalan untuk pemukiman atau perumahan (jalan penghubung rumah), 10% jalan digunakan untuk pertanian dan kehutanan), dan 8% jalan jenis lainnya.

Jarak ke pabrik pengolahan TBS untuk kelapa sawit rakyat adalah lebih jauh dibandingkan untuk perkebunan industri, terutama di dalam konsesi kelapa sawit. Akan tetapi lebih kecil dibandingkan dengan jenis tutupan lahan lainnya. Jarak rata-rata ke pabrik terdekat adalah berkisar $6,18 \pm 6,41$ km untuk perkebunan industri dan $7,12 \pm 8,21$ km untuk kelapa sawit rakyat. Di dalam konsesi kelapa sawit, jarak rata-rata ke pabrik adalah $6,10 \pm 5,32$ km untuk perkebunan industri, akan tetapi $8,11 \pm 6,85$ km untuk kelapa sawit rakyat. Jarak jalan ke pabrik kelapa sawit berdampak terhadap ekspansi kelapa sawit rakyat

di luar konsesi kelapa sawit, tetapi tidak didalam konsesi kelapa sawit. Budidaya kelapa sawit rakyat sangat bergantung pada akses ke pabrik kelapa sawit terdekat yang umumnya berada dalam konsesi yang diberikan pemerintah kepada perkebunan industri.

Waktu tempuh kelapa sawit rakyat ke kota-kota kabupaten dan provinsi adalah lebih singkat dibandingkan dengan perkebunan industri. Waktu tempuh rata-rata dari kelapa sawit rakyat ke kota kabupaten terdekat adalah sekitar $3,86 \pm 2,32$ jam, dibandingkan dengan $5,87 \pm 4,67$ jam untuk perkebunan industri. Rata-rata sekitar 73% kelapa sawit rakyat terletak dalam kisaran jarak 3 jam dari kota kabupaten atau kota provinsi.

Legality (menjelaskan tentang letak plot), ternyata > 90% kelapa sawit rakyat terletak di kawasan APL. Ini sesuai tata ruang karena hanya kawasan APL yang boleh dikonversi menjadi perkebunan kelapa sawit rakyat. **Kepemilikan** menjelaskan bagaimana pemilik kelapa sawit rakyat mendapat plot, sekitar 60% kepemilikan plot kelapa sawit rakyat diperoleh melalui transaksi jual beli pasar.

11.6. Karakteristik Sosial Ekonomi Plot

Kelapa sawit rakyat dominan berkembang di pedesaan pendatang, dan minimal berkembang di dalam konsesi kelapa sawit. Karakteristik sosial ekonomi plot kelapa sawit rakyat dapat dipertimbangkan dari aspek umur; pendidikan; jenis kelamin; perdagangan; layanan publik; subsisten; dan tanaman komersial. Karakteristik sosial ekonomi ini berperan penting bagaimana aktor bertindak dalam mengelola perkebunan kelapa sawit rayat.

Umur pemilik plot pada saat konversi adalah sekitar 41 tahun dengan lama pendidikan rata-rata adalah 12 tahun (SMA). Mereka telah terlibat dalam perdagangan (rata-rata 26 tahun);

atau berkedudukan sebagai pegawai negeri (15 tahun); atau pertanian subsisten (20 tahun); atau tanaman komersial (27 tahun).

Tabel 43. Diskripsi data plot pada lahan gambut

Variabel	Parameters	Penjelasan dan unit	Rata-rata	
Fisik plot	Kesesuaian gambut	Sesuai (S2, %)	11,13±2,88	
		Sesuai marginal (S3, %)	42,83±4,65	
		Tidak sesuai (N, %)	53,96±4,70	
	Luas plot	Ukuran plot (ha)	5,02±4,92	
	Jarak	Jarak plot ke jalan utama menuju ibu kota kabupaten (km)	20,75±4,69	
	Legalitas	Letak plot pada areal APL(%)	90,01±3,67	
Sosial ekonomi	Kepemilikan	Kepemilikan plot melalui transaksi jual beli pasar (%)	59,78±10,64	
		Umur	Umur pemilik plot saat konversi (tahun)	40,51±7,34
	Pendidikan	Lama pendidikan pemilik plot (tahun)	12,55±1,87	
	Gender	Variabel pemilik plot (pria)	98,77±3,12	
	Perdagangan	Keterlibatan pemilik plot dalam perdagangan pada saat perolehan plot (tahun)	26,06±4,21	
		Layanan publik	Keterlibatan pemilik plot dalam pelayanan publik pada saat perolehan plot (tahun)	15,53±3,37
	Subsisten	Keterlibatan pemilik plot dalam pertanian subsisten pada saat perolehan plot (tahun)	20,66±6,72	
	Tanaman komersial	Keterlibatan pemilik plot dalam pertanian tanaman komersial pada saat perolehan plot (tahun)	27,75±5,91	
	Aktor	Lokal	Identifikasi pemilik plot dengan kelompok etnis lokal	27,09±8,97
		Pendatang non-lokal	Pemilik plot adalah pendatang generasi pertama dari suku non-lokal	32,73±6,63

	Bukan penduduk lokal bukan pendatang	Pemilik plot adalah generasi kedua atau lebih dari pendatang dari suku non-lokal	40,18±5,88
Pengalaman sebelumnya	Tidak ada pengalaman kelapa sawit	Pengalaman pemilik plot diperoleh melalui pengalaman perkebunan (%)	5,70±4,92
	Tanaman lainnya	Pengalaman pemilik plot diperoleh melalui pekerjaan perkebunan lainnya (%)	44,02±7,73
	Buruh perkebunan	Pengalaman pemilik plot diperoleh melalui pekerjaan perkebunan kelapa sawit (%)	50,28±6,11
	Umur mulai konversi	Tahun sejak penanaman plot	10,42±3,99

Sumber: Hasil analisis data lapangan dan laboratorium (2022).

Status sosial ekonomi pemilik plot sudah memadai, pada umumnya pemilik plot bukanlah pemula dalam berusaha. Akan tetapi data ini terlihat bias gender karena pemilik plot hampir semuanya pria (99%).

Pemilik plot ini umumnya sudah memiliki pekerjaan tetap, memiliki modal memadai dan konversi plot ini hanya merupakan perluasan pekerjaan mereka guna menambah pendapatan. Pada umumnya pemilik plot melakukan konversi plot menggunakan modal sendiri, tanpa bantuan perbankan.

11.7. Pengalaman Aktor Kelapa Sawit Rakyat

Aktor kelapa sawit rakyat secara umum didominasi oleh petani bukan pendatang bukan lokal (40%); diikuti oleh pendatang bukan lokal (33%); dan petani lokal (sekitar 27%). Sedikitnya aktor yang berasal dari petani lokal disebabkan oleh kurang termotivasi dan kurang memahami terhadap perkembangan kelapa sawit rakyat.

Sekitar 45% aktor kelapa sawit rakyat adalah mayoritas suku-suku Jawa, suku lokal, suku Banjar dan suku Bugis karena kelapa sawit rakyat umumnya terletak di desa-desa pendatang yang diduduki oleh suku Jawa, Banjar dan Bugis. Suku-suku ini merupakan kelompok etnis yang pindah ke Sumatera Selatan untuk mengembangkan kelapa sawit rakyat. Orang Jawa yang bermigrasi itu dapat berasal Jawa langsung atau yang merantau dari provinsi lain di Sumatera atau transmigran yang merantau langsung dari pulau Jawa. Kelompok Banjar, Bugis dan lokal pindah ke lokasi plot karena kesulitan untuk mendapatkan lahan pertanian.

Ekspansi kelapa sawit rakyat telah dimulai sejak tahun 1990-an. Ekspansi ini telah banyak membawa perubahan bentang lahan fisik atau ekosistem, dan menciptakan perubahan sosial ekonomi pedesaan. Perubahan ini dimulai dari perusahaan skala besar yang diperankan oleh perkebunan industri yang membangun pabrik pengolahan minyak kelapa sawit dan mengembangkan areal perkebunan kelapa sawit dari sekitar 100 ha menjadi lebih dari 15.000 ha untuk setiap unit usaha individu. Perkebunan industri ini bekerjasama dengan petani plasma untuk menciptakan sistem produksi terintegrasi dan mandiri. Petani plasma dan perkebunan industri sepakat untuk mengelola model bisnis perkebunan kelapa sawit terpadu dan terintegrasi dan dikenal dengan istilah skema NES atau perkebunan kontrak. Perkebunan inti diperankan oleh perkebunan industri (juga sebagai unit pengolahan dan pemasaran tandan buah segar atau TBS) dan produksi TBS dihasilkan oleh petani, sedangkan petani plasma (memiliki lahan sekitar 2 ha) menjadi pemasok TBS ke perkebunan industri.

Petani plasma ini memiliki organisasi produksi yang merupakan suatu sistem manajemen integrasi parsial, sehingga petani ini tidak secara langsung mengelola kelapa sawit mereka, melainkan dikendalikan oleh perkebunan industri. Oleh karena itu, di lapangan sering terjadi kesenjangan komunikasi antara mitra yang berpartisipasi dan transparansi keuangan TBS, dan dukungan teknis minimal diterima oleh petani plasma adalah merupakan tantangan yang dominan. Perselisihan ini seringkali berlarut-larut dan berkepanjangan antara kedua belah pihak.

Pembahasan disini bukan pada petani plasma, melainkan aktor kelapa sawit rakyat (petani swadaya). Petani ini telah bekerja mengembangkan perkebunan kelapa sawit secara mandiri tanpa bantuan pihak lainnya, dan melakukan koordinasi produksi TBS dalam kelompok tani. Petani swadaya ini mengelola tenaga kerja, semua kegiatan perkebunan mulai dari penanaman hingga panen secara mandiri serta menanggung semua risiko sehubungan dengan budidaya perkebunan mereka. Terbatasnya modal finansial, manajemen dan keterampilan teknis menyebabkan sebagian besar petani swadaya ini bekerja sama dengan perkebunan industri melalui *broker*, tengkulak atau perantara lokal.

Pengalaman sebelumnya menjelaskan tentang pengalaman petani sebelum konversi plot, antara lain mencakup sebagai buruh perkebunan atau melalui kepemilikan plot kelapa sawit lainnya. Aktor utama berperan penting dalam mendorong ekspansi kelapa sawit rakyat. Pertama, pada tahun 2015 perkebunan industri yang memperluas areal perkebunan lebih dari ribuan hektar. Kedua, kelapa sawit rakyat memperluas kebun hingga ribuan hektar, menggandakan luas kebun sawit pekebun dibandingkan 2009. Pekebun yang membangun sawit perkebunan di luar areal kebun inti merupakan yang pertama

mengembangkan kebun sawit mandiri. Pada umumnya petani mulai menanam komoditas kelapa sawit setelah mengetahui potensi ekonomi buah kelapa sawit. Para petani memperoleh pengetahuan dari pengalaman sebagai buruh di perusahaan perkebunan kelapa sawit atau sebagai bagian dari kemitraan inti antara perusahaan dan petani.

Terbatasnya modal finansial menjadi hambatan serius bagi petani untuk menggunakan lahan secara legal dan menyediakan benih bersertifikat untuk perkebunannya. Selanjutnya, petani berusaha memperluas perkebunan kelapa sawit karena ekspansi merambah kawasan konservasi, deposit gambut, dan hutan, sehingga menyebabkan konflik agraria. Petani biasanya menanam di kawasan hutan dan menggunakan benih yang tidak bersertifikat, yang merusak prinsip keberlanjutan.

11.8. Keberlanjutan Kelapa Sawit Rakyat

Parameter keberlanjutan adalah sangat relevan untuk menjelaskan diferensiasi dalam sistem kelapa sawit rakyat, terutama yang berkaitan dengan kinerja keberlanjutan. Sebagai parameter perbandingan, maka dilakukan analisis perbedaan antara petani dengan berbagai jenis plot (berdasarkan penggunaan lahan sebelumnya) berkaitan dengan; kejadian kebakaran; kepatuhan terhadap standar keberlanjutan; dan kepatuhan terhadap praktik pertanian yang baik (Tabel 44).

Sebagian besar petani pernah bersentuhan dengan api untuk pembukaan lahan (73%). Kepatuhan terhadap aturan keberlanjutan hanya terlaksana 20% saja, sisanya tergolong tidak patuh (80%). Sangat sedikit yang melaksanakan praktek perkebunan yang baik (7%), sisanya (93%) melakukan tindakan praktek pertanian yang tidak berwawasan lingkungan. Oleh karena itu, pada level internasional munculah sentimen

lingkungan yang membahayakan perusahaan kelapa sawit di level internasional.

Table 44. Indikator keberlanjutan kelapa sawit rakyat di lahan gambut

Parameter	Penjelasan	Rata-rata (%)
Praktek perkebunan yang baik	Petani telah mematuhi 14 praktik pertanian yang baik ^{1/} , dikembangkan menjadi pengindeksan menggunakan prosedur pendekatan komponen prinsip analisis ^{2/}	6,61±5,55
Kepatuhan	Petani telah memenuhi lima persyaratan utama ISPO ^{3/}	20,74±6,91
Penggunaan api	Petani telah menggunakan api untuk pembukaan lahan di plot sampel	72,65±7,96

Note: ^{1/} Dobson, J., Bright, E., Coleman, P., Durfee, R., and Worley, B, 2000. LandScan: A Global Population Database for Estimating Populations at Risk Photogramm. Eng. Remote Sens. 66, 849-57.

^{2/} Linard, C., Gilbert, M., and Tatem, A.J. 2011. Assessing the use of global land cover data for guiding large area population distribution modelling GeoJournal 76, 525-38.

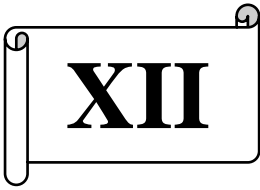
^{3/} ISPO requirements; namely located on land allocated for oil palm; using planting materials from certificated sources; memberships of an official recognized farmers groups; possession of appropriate land documentation; and possession of plantation permit

Untuk mengatasi dampak dan sentimen negatif ini, maka pemerintah telah membuat kebijakan tata kelola lingkungan yang dinamakan ISPO (*Indonesia Sustainable Palm Oil*) sejak tahun 2011 dan diperbaharui tahun 2015. Sampai saat sekarang ini, ISPO belum efektif untuk menahan ekspansi kelapa sawit rakyat dengan alasan-alasan berikut ini:

- 1) Aktor kelapa sawit rakyat tidak paham apa saja insentif yang diterima petani apabila petani memiliki sertifikasi ISPO. Selain itu petani tidak mempunyai dana dan pengetahuan yang memadai untuk mengajukan proses sertifikasi.

- 2) Sertifikasi ISPO bersifat sukarela, sehingga petani beranggapan tidak ada kewajiban bagi mereka untuk mensertifikasi kebun mereka.
- 3) Hanya petani yang mempunyai pola integrasi total organisasi produksi dengan perkebunan industri yang bersedia dan bisa melakukan sertifikasi ISPO.
- 4) ISPO berkewenangan untuk menghentikan operasi kelapa sawit rakyat apabila ditemukan bukti bahwa kelapa sawit rakyat berada di kawasan hutan lindung atau kawasan konservasi.
- 5) Petani yang memiliki mata pencarian utama pada ekonomi kelapa sawit merasa cemas dan khawatir ekonomi rumah tangganya akan terganggu jika kawasan kelapa sawit rakyatnya berkurang karena pemberlakuan kebijakan ISPO.

Pelestarian lahan gambut yang tersisa adalah penting untuk dilestarikan baik secara lokal maupun global. Pertama, kawasan lahan gambut berisiko tinggi, berdasarkan jarak ke jalan raya dan pabrik, harus diberi prioritas lebih tinggi untuk perlindungan dan konservasi terhadap hutan rawa gambut yang tersisa. Kedua, perlu dirancang lokasi pabrik yang baik, jaringan transportasi dan kebijakan pemerintah yang mengatur lokasi dan batas-batas konsesi, dan pemukiman migrasi dapat menjadi penting untuk memperlambat atau menghentikan ekspansi kelapa sawit rakyat ke kawasan lindung. Ketiga, penegakan hukum kehutanan perlu ditingkatkan dan dipantau untuk melestarikan lahan gambut yang tersisa.



STUDI KASUS PENELITIAN LAHAN GAMBUS

Gambut Sumatera Selatan masih perlu diteliti dan dikaji lebih mendalam. Kajian dasar awal tentang sifat-sifat gambut Sumatera Selatan dan potensi pertaniannya dijelaskan oleh Polak (1941). Studi dihentikan selama Perang Dunia Kedua dan baru pada tahun 1950-an studi agronomi dimulai kembali di gambut Sumatera Selatan.

Penelitian terprogram dilakukan oleh Balai Penelitian dan Universitas Sriwijaya. Hasil penelitian sekitar 20 tahun baik yang dilakukan Universitas dan lembaga penelitian dapat digunakan untuk melayani masyarakat umum, pemerintah dan pihak investor yang terkait dengan lahan gambut. Dua lokasi lahan gambut sebagai studi kasus, yaitu Kebun Raya Sriwijaya (KRS, Desa Bakung, Kecamatan Indralaya Utara, Ogan Ilir) dan Talang Sepucuk (Kecamatan Pedamaran, Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan).

12.1. Rumusan Masalah Lahan Gambut

Lahan gambut sebagian besar dimanfaatkan oleh perusahaan Hutan Tanaman Industri (HTI), perkebunan dan masih relatif sedikit digunakan untuk pertanian. Usaha budidaya tanaman keras (perkebunan) menuntut muka air tanah yang dalam, sehingga dilakukan pembuangan air (drainase yang banyak). Kondisi ini sering mengakibatkan terjadinya kekeringan (*overdrained*) dan lahan menjadi mudah terbakar. Sementara itu pertanian masih terbatas, padahal

apabila lahan ditanami dengan tanaman semusim, maka muka air tanah dapat dipertahankan pada kedalaman 30 cm, dan kelembaban tanah masih terjaga. Jika kondisi optimal dapat dipertahankan, maka lahan secara otomatis dapat terhindar dari bahaya kebakaran. Disisi lain konversi lahan sawah ke perkebunan pada daerah produktif makin tinggi. Kondisi ini berpengaruh kepada lahan disekitarnya dan menurunkan kualitas lahan, produksi dan rusaknya infrastruktur jaringan tata air.

Jika lahan gambut terbakar, maka lapisan terbakar pada kedalaman rata-rata 23 cm (0-43,50 cm), pada tempat tertentu lapisan terbakar mencapai lebih 90 cm. Hal ini menyebabkan pemadaman api pada gambut menjadi sulit dilaksanakan serta memerlukan banyak air. Untuk luas gambut 1 m², maka diperlukan rata-rata 300 liter air.

Terdapat tiga penyebab utama terjadinya kebakaran hutan dan lahan, antara lain lebih dari 90 % diakibatkan oleh musim kemarau panjang; menurunnya muka air tanah secara drastis akibat terbukannya lahan gambut; dan lahan yang terbuka dan tidak dimanfaatkan atau dibudidayakan. Jadi dapat disimpulkan bahwa kebakaran hutan dan lahan sangat erat kaitannya dengan kondisi pemanfaatan lahan. Indeks pertanaman di rawa yang rendah menyebabkan lahan menjadi tidak maksimal dikelola, sehingga ada periode lahan bera. Kondisi ini menyebabkan lahan ditinggal petani dan menyebabkan lahan mudah mengalami kebakaran. Untuk itu diperlukan upaya perbaikan sistem jaringan tata air, kesuburan tanah dan kultur teknis sehingga petani bisa mengelola lahan di musim tanam kedua.

Evaluasi lahan pertanian dan mencakup parameter lingkungan fisik, antara lain: iklim, relief, tanah, air, dan

vegetasi. Parameter tambahan untuk lahan gambut, yaitu: kedalaman muka air tanah, tingkat kematangan gambut, keberadaan lapisan pirit dan pengaruh intrusi air asin. Langkah awal diperlukan deliniasi (zonasi) karakteristik lahan yang memiliki kesamaan faktor pembatas, sehingga akan memudahkan dalam penyusunan rekomendasi perbaikan dan arahan penggunaan lahan. Zonasi permasalahan fisik lingkungan lahan di lahan gambut belum tersedia.

Pokok permasalahan utama di rawa gambut adalah bagaimana meningkatkan produktivitas gambut dan pencegahan proses percepatan degradasi gambut. Hasil dari pemecahan permasalahan ini akan diperoleh kebaharuan penelitian (*novelty*), yaitu:

- 1) Terbentuknya informasi data tentang karakteristik iklim, hidrologi, dan lahan gambut, terutama gambut yang rawan terbakar, sehingga menyulitkan dalam menentukan kegiatan usaha pertanian yang sesuai di daerah tersebut. Oleh karena itu perlu diusahakan agar data yang dimaksud dapat dengan mudah didapatkan.
- 2) Evaluasi lahan saat ini lebih cocok untuk lahan kering, sehingga perlu modifikasi untuk pertanian lahan gambut.
- 3) Teknologi GIS untuk sumberdaya lahan belum optimal diterapkan, sehingga menyulitkan pemegang kebijakan pertanian dalam menyusun rencana peruntukan lahan sesuai dengan kelas kemampuannya.
- 4) Rancangan sistem drainase lahan untuk pengendalian muka air tanah. Sejauh ini belum tercipta panduan teknis operasi jaringan tata air di lahan gambut, sehingga pada musim kemarau seringkali muka air tanah turun berlebih sampai 1,5 m di bawah permukaan tanah. Kondisi ini yang memicu terjadinya kebakaran lahan. Oleh karena itu

penelitian ini diharapkan menghasilkan paket teknologi penaikan muka air tanah. Kenaikan muka air tanah selain dapat mengurangi bahaya kebakaran juga dapat menekan emisi karbon.

- 5) Kelembagaan petani di daerah rawa gambut sangat lemah, bahkan belum terbentuk. Kondisi ini diduga fungsi dari kondisi biofisik lahan, sistem produksi, aksesibilitas dan lain-lain. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membuat model penguatan kelembagaan petani di daerah rawa gambut, sehingga tercipta partisipasi masyarakat tani untuk menjaga lingkungan lahan dari bahaya kebakaran.
- 6) Model penataan dan pemanfaatan lahan akan dihasilkan sebagai target utama dalam penelitian ini, yang akan dicoba dan diadaptasikan di tahun ketiga. Diharapkan model yang dihasilkan sudah mempertimbangkan aspek agribisnis. Untuk itu beberapa skenario pola pemanfaatan lahan akan dihasilkan, tidak terbatas kepada pertanian, tetapi kombinasi tanaman industri seperti nenas, lidah buaya dan lain-lain yang berpotensi dikembangkan. Hal ini akan memicu inisiatif petani untuk membentuk sistem *collective farming* berbasis sumberdaya lahan.

Gambar 44 menjelaskan rumusan masalah utama lahan gambut adalah tingkat produktivitas gambut tergolong rendah dan proses percepatan degradasi gambut yang disebabkan bahaya kebakaran. Agar produktivitas gambut meningkat dan dapat mencegah kebakaran gambut, maka perlu dilakukan sistem penataan muka air tanah yang tepat dan spesifik lokasi. Pendekatan sistem penataan air ini dapat dilaksanakan melalui pengelolaan lahan dan air optimal, antara lain melakukan analisis evaluasi lahan, zonasi gambut dan penentuan komoditas pertanian yang cocok untuk lahan gambut, sehingga perlu

dibuat *modeling groundwater level* dan membuat kelembagaan pengelolaan air. Semua kegiatan penelitian ini mencakup sebagaimana pendekatan penelitian lahan gambut oleh pemerintah (BRG) dengan pendekatan 3-R (*Rewetting; Revegetation; and Revitalization*).



Gambar 44. Rumusan masalah utama penelitian di rawa gambut

Penelitian terhadap karakteristik yang lebih mendasar dari rawa gambut Sumatera Selatan, yang ditinggalkan selama Perang Dunia Kedua, dilakukan lagi pada tahun sembilan belas tujuh puluhan di Sumatera Selatan. Studi terakhir dihentikan sebelum waktunya dan belum dimulai kembali. Di sebagian besar Sumatera Selatan penelitian gambut terus dikembangkan hingga saat ini. Perilaku lahan gambut dan rawa gambut setelah reklamasi sangat sedikit mendapat perhatian, bahkan di daerah lain di Indonesia yang upaya penelitiannya lebih banyak dipusatkan pada aspek agronomi. Pada tahun 2007 sampai sekarang, Armanto (2007) melakukan pengelolaan rawa gambut di Pulau Rimau yang berkonsentrasi pada pengelolaan rawa

gambut serta di wilayah yang lebih luas di pesisir Sumatera Selatan (Armanto, 1995).

Penelitian yang telah dilakukan memiliki aplikasi berharga untuk wilayah Sumatera Selatan secara khusus dan Indonesia secara umum. Setelah ditetapkan melalui klasifikasi yang cermat mana gambut dan rawa gambut yang dapat dibandingkan, akan memungkinkan untuk mengekstrapolasi dan menerapkan informasi tersebut di tempat lain (secara nasional). Untuk alasan ini bahan gambut dan rawa gambut harus dikarakterisasi, didefinisikan dan diklasifikasikan terlebih dahulu secara memadai.

12.2. Lahan Gambut dan Pertanian

Kegiatan usahatani pada lahan gambut bersifat spekulatif dan sangat rentan terhadap ancaman lingkungan. Sifat fisik tanah yang buruk karena memiliki porositas yang tinggi menyebabkan suplai air melalui kapilaritas yang rendah. Kondisi ini yang menyebabkan lahan mudah terbakar dan tanaman mudah kekeringan. Berdasarkan hubungan kadar air tanah dengan kebutuhan air tanaman menunjukkan bahwa kenaikan kapilaritas pada kedalaman air tanah 30-50 cm atau 40-60 cm dan tanaman beresiko sangat tinggi mengalami stress akan terjadi pada kedalaman air tanah 80 cm. Beberapa peneliti melaporkan bahwa kedalaman air tanah optimum, yaitu 60 cm. Jika air tanah terlalu dangkal pada kedalaman 8-35 cm, maka dapat menyebabkan zona perakaran akan kekurangan oksigen. Penurunan muka air yang terlalu dalam juga menyebabkan proses oksidasi dan peningkatan kelarutan senyawa beracun yang membahayakan pertumbuhan tanaman.

Jika dikaji dari aspek Indeks Pertanaman (IP), maka produktivitas lahan gambut masih sangat rendah. Hal ini dicirikan dengan IP yang baru mencapai 100 %. Upaya

peningkatan IP dan produktivitas tanaman menjadi tiga kali tanam (300 %) dalam setahun akan menyebabkan lahan akan selalu hijau dan petani akan selalu berada di lahan. Kondisi ini berpotensi secara otomatis untuk mencegah terjadinya kebakaran lahan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian kemampuan lahan dengan pendekatan informasi data tanah, tanaman, iklim dan hidrologi untuk pengembangan pertanian dan pencegahan kebakaran hutan dan lahan.

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk membangun model operasi pengelolaan air di lahan gambut berbasis pemanfaatan lahan berdasarkan kelas kemampuan lahan, sedangkan tujuan khusus penelitian adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan faktor pembatas utama dalam pengelolaan lahan untuk pengembangan pertanian dan pencegahan kebakaran lahan,
- 2) Mempelajari dinamika air tanah di lahan gambut atau bergambut yang berada pada daerah rawan kebakaran,
- 3) Menilai indeks kerentanan lahan terhadap bahaya kebakaran,
- 4) Spasialisasi keragaman karakteristik fisik-kimia dan kedalaman air tanah dengan bantuan teknologi GIS (*Geographic Information System*),
- 5) Menentukan kemampuan lahan untuk pengembangan pertanian saat sekarang (kesesuaian lahan aktual) dan kesesuaian lahan potensial, yaitu melalui perbaikan,
- 6) Menyusun strategi perbaikan kualitas lahan dan sistem tata air agar sesuai dengan rencana pemanfaatan lahan untuk pertanian,
- 7) Melakukan simulasi komputer model untuk mendapatkan rancangan tata air mikro (drainase lahan) di petak tersier lahan rawa gambut,

- 8) Melakukan adaptasi model pada berbagai skenario terpilih untuk selanjutnya dapat dibangun buku panduan model operasi pengendalian muka air dan pemanfaatan lahan gambut untuk pertanian.

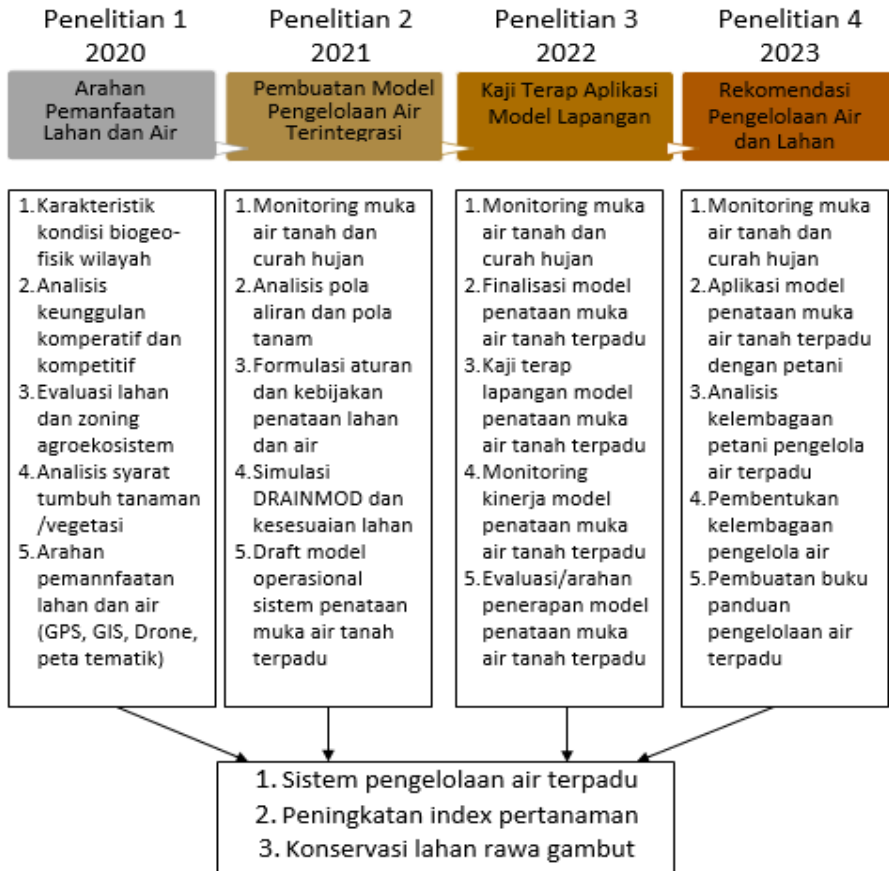
Penelitian ini akan memberikan rekomendasi mengenai rancangan pola pemanfaatan lahan untuk meningkatkan IP di rawa gambut. Manfaat keberhasilan sistem ini adalah kualitas lingkungan perairan memenuhi Standar Baku Mutu, perlambatan proses penurunan muka tanah gambut dan pemulihan fungsi hidrologis gambut. Diharapkan paket teknologi yang dihasilkan dapat mendukung program pencegahan kebakaran hutan dan lahan serta restorasi gambut nasional. Pertimbangan aspek tanaman terpilih dari segi keunggulan kompetitif dan komparatif juga akan menjadi pertimbangan dalam penyusunan rekomendasi pengelolaan dan pemanfaatan lahan. Keterlibatan petani dalam kegiatan operasi dan pemeliharaan jaringan akan sangat menentukan keberlanjutan pertanian di daerah ini.

12.3. Metode Penelitian

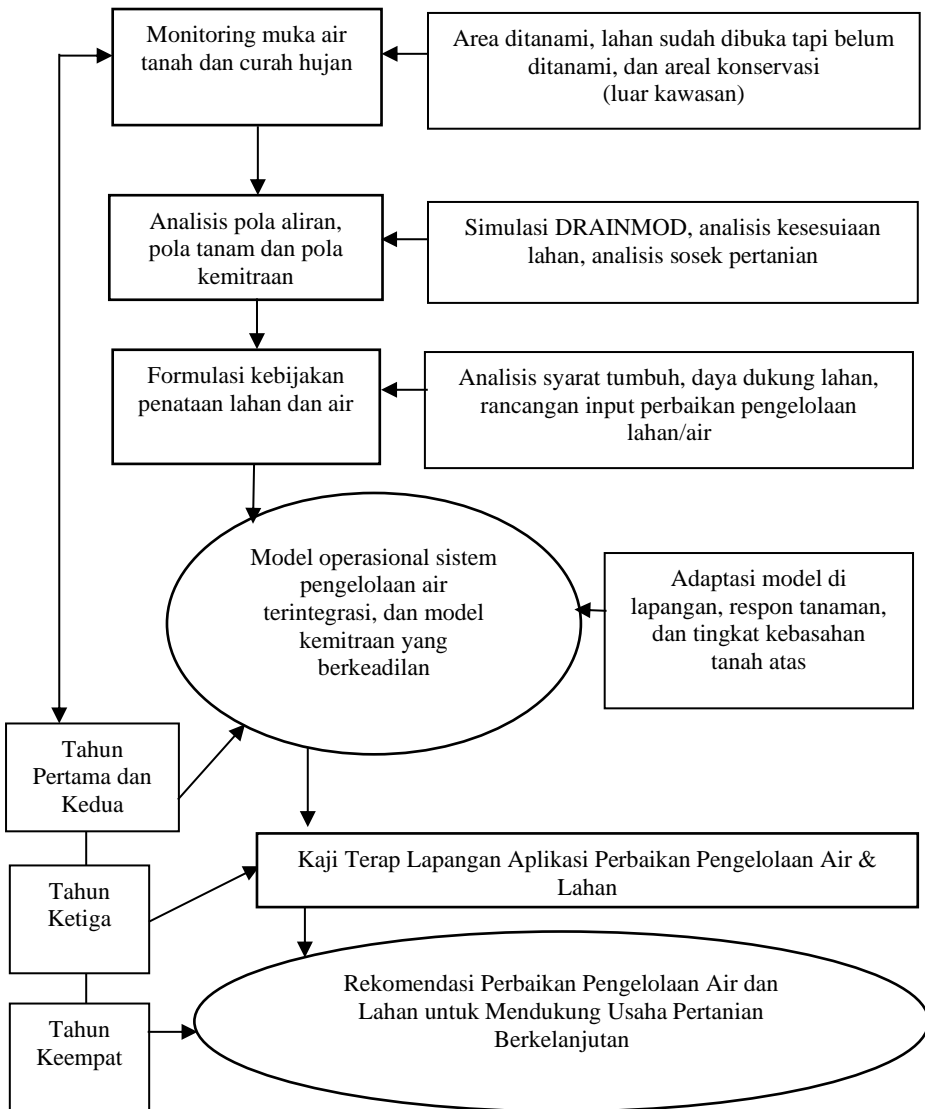
Peta jalan (*road map*) penelitian secara ringkas disajikan pada Gambar 45 yang menggambarkan tujuan akhir yang akan dicapai, yaitu pembuatan sistem pengelolaan air terpadu; peningkatan IP; dan konservasi lahan gambut.

Penelitian ini dibagi menjadi empat tahapan dan setiap tahapan membutuhkan waktu satu tahun, peta jalan penelitian disajikan pada Gambar 46. Tahun pertama adalah penelitian evaluasi lahan untuk menyusun arahan penggunaan lahan (Zona Agro-Ekologi). Tahun kedua adalah proses kaji terap di lapangan, yaitu melakukan pengujian beberapa input perbaikan pengelolaan lahan dan air pada masing-masing tipologi lahan. Tahun ketiga adalah proses penyusunan rekomendasi arahan

pemanfaatan lahan untuk peningkatan produktivitas tanaman. Rekomendasi input perbaikan dianalisis berdasarkan pertimbangan teknis dan sosio-ekonomis. Tahun keempat adalah tahap adaptasi model dan penyusunan buku panduan operasi.



Gambar 45. Peta jalan (*road map*) penelitian



Gambar 46. Tahap-tahapan penelitian

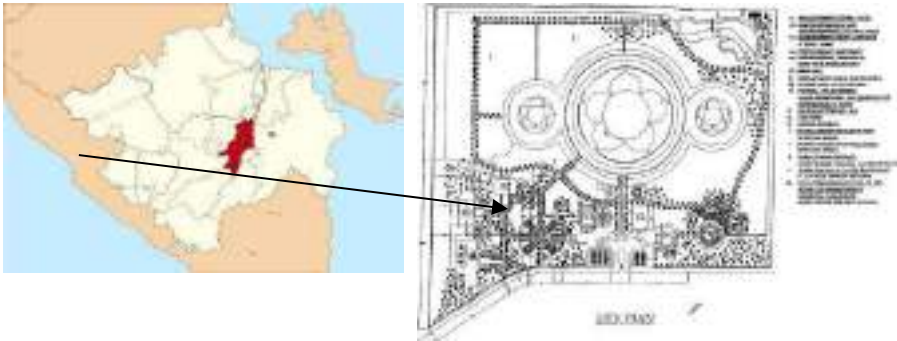
12.4. Kebun Raya Sriwijaya (*Sriwijaya Botanical Garden, KRS*)

Wilayah KRS seluas 100 ha terletak dalam kawasan Desa Bakung Kecamatan Inderalaya Utara Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan, letaknya di kawasan ATP II dekat dengan komplek Agro Techno Park I (ATP I). Jarak dari ibukota Provinsi Sumatera Selatan sekitar 52 km dan dapat ditempuh sekitar dua jam dari Palembang. Jaraknya dari ibukota Kabupaten Ogan Ilir (Indralaya) sekitar 15 km dan dapat ditempuh dalam waktu 30 menit. Kawasan KRS terletak di tepi jalan desa dan sekitar delapan km masuk dari jalan raya lintas Timur Sumatera yang menghubungkan Kota Palembang - Kabupaten Muara Enim atau dapat melalui jalur alternatif, yaitu melalui Desa Bakung sekitar enam km. Luas kawasan KRS adalah sekitar 100 ha (Gambar 47).

Pertama kali KRS digagas pada tahun 2010 dengan tujuan untuk dijadikan pusat pengetahuan botani, kawasan konservasi, pendidikan, penelitian dan tempat rekreasi di alam terbuka. Setelah melalui proses yang cukup panjang, akhirnya pada bulan Juli 2018, KRS resmi di *launching*, sekaligus serah terima dari pihak swasta kepada pihak Pemprov Sumsel.

Pembangunan KRS didasarkan pada SK Menteri Kehutanan RI Nomor: SK.485/Menhut-II/2012 tentang Penetapan Kawasan Hutan untuk Hutan Penelitian dan Pengembangan serta Pendidikan Lingkungan. Pada tahun 2013, KRS menjadi prioritas pembangunan daerah Sumatera Selatan. Penetapan KRS sebagai kawasan konservasi tanaman *ex-situ* sesuai dengan SK Gubernur Sumatera Selatan Nomor: 553/KPTS/Balitbangda/2011 tanggal 2 Agustus 2011. Secara geografis kawasan KRS terletak pada titik koordinat sebagai berikut:

Sebelah Timur (A): $3^{\circ} 09' 49,5''$ LS, $104^{\circ} 32' 48,9''$ BT
Sebelah Utara (B) : $3^{\circ} 09' 33,9''$ LS, $104^{\circ} 32' 53,9''$ BT
Sebelah Barat (C) : $3^{\circ} 09' 18,1''$ LS, $104^{\circ} 33' 09,6''$ BT
Sebelah Selatan (D): $3^{\circ} 08' 58,5''$ LS, $104^{\circ} 32' 49,6''$ BT dan
(E): $3^{\circ} 09' 23,9''$ LS, $104^{\circ} 32' 24,8''$ BT.



Gambar 47. Lokasi Kebun Raya Sriwijaya di Kabupaten Ogan Ilir

Kawasan KRS memiliki batas yang tegas dan jalan tanah yang memisahkan kawasan KRS dengan lahan penduduk dan area lainnya. Titik batas KRS hanya dinyatakan dengan patok batas permanen dari beton atau pagar batas lokasi.

Batas fisik antara KRS dengan lahan penduduk hanya kondisi tapak datar dan seluruhnya terdiri dari rawa dan kebun kelapa sawit, belum ada batas yang nyata sepanjang perbatasan yang dapat membedakan secara nyata antara kawasan KRS dan lahan penduduk (seperti pagar pembatas keliling). Status kepemilikan awal kawasan KRS adalah lahan milik ATP II (*Agro Techno Park II*). Berdasarkan kondisi di lapangan ternyata telah terjadi penyerobotan lahan oleh pihak yang tidak bertanggung jawab, dengan mengaku sebagai pemiliknya dan mengatasnamakan lahan milik masyarakat. Hal ini perlu segera diatasi oleh pihak Pemkab Ogan Ilir dan lembaga terkait lainnya, untuk segera menyelesaikan masalah status lahan tersebut. Profil lengkap KRS disajikan pada Tabel 45.

Lahan gambut kawasan KRS memiliki karakter yang unik, yaitu dengan kelembaban tanah yang sangat tinggi dan cenderung tergenang. Kondisi ini memungkinkan keberadaan spesies-spesies tumbuhan endemik mampu beradaptasi dengan kondisi ekstrem dan cekaman air. Keanekaragaman tumbuhan yang tinggi dan keberadaan masyarakat di wilayah gambut sudah sejak lama memanfaatkan tumbuhan gambut tersebut, salah satunya sebagai tumbuhan obat. Berdasarkan hal tersebut ditetapkan tema KRS sebagai kawasan konservasi tumbuhan lahan gambut dan tumbuhan obat.

Tabel 45. Profil lengkap kawasan KRS

No	Komponen	Uraian
1.	Kewenangan	Pemerintah Provinsi Sumatera Selatan
2.	<i>Masterplan</i>	Dibuat tahun 2010, dan direview tahun 2013
3.	MOU	Tahun 2010, diperpanjang pada tahun 2015
4.	AMDAL	Tahun 2012
5.	Koordinat lokasi	3° 09' 31.54" LS dan 104° 32' 55.87" BT
6.	Kelembagaan	Unit Pengelola Teknis KRS, Badan Penelitian, Pengembangan dan Inovasi Daerah, Provinsi Sumatera Selatan
7.	Luas lahan	100 ha
8.	Tema koleksi	Tumbuhan obat dan lahan gambut Sumatera
9.	Taman tematik	Taman tematik hias
10.	Alamat	Jl. Patratani, Desa Bakung, Indralaya Utara, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan

Berdasarkan Peraturan Presiden No 93 Tahun 2011 kebun raya merupakan kawasan konservasi tumbuhan secara *ex situ* yang terdokumentasi dan tertata berdasarkan pola taksonomi, bioregion, tematik, atau kombinasi dari pola tersebut. Tujuan dari dibangunnya kebun raya adalah sebagai kegiatan konservasi, penelitian, Pendidikan, wisata dan jasa lingkungan. Setiap kebun raya memiliki potensi alam dan daya tarik tersendiri, seperti keadaan tanah, iklim, komposisi vegetasi, dan

biodiversitas tumbuhan. Umumnya penanaman kebun raya diatur menurut klasifikasi ilmu botani, seperti pengaturan sistemik tumbuhan, ekologis, dan geografis. Namun, pada kebun raya yang besar biasanya ada kebun air, taman bebatuan, kebun *wildflower*, kebun tumbuhan kayu hutan (arboretum).

Pembangunan kebun raya di canangkan oleh pemerintah sebagaimana dalam arahan Presiden RI pada peringatan Hari Kebangkitan Teknologi Nasional tanggal 11 Agustus 2004 di Puspitek Serpong, dan telah ditindaklanjuti dengan surat Menteri Riset dan Teknologi nomor 77/M/VIII/2004 tanggal 23 Agustus 2004 kepada seluruh Gubernur untuk merealisasikan pembangunan kebun raya yang dikoordinir oleh LIPI. Adapun jenis-jenis tanaman yang dikembangkan di kebun raya memiliki kriteria tertentu. Tumbuhan tersebut dikoleksi melalui beberapa tahapan dan kelengkapan data dijadikan sebagai kriteria utama. Keindahan dan informasi ilmiah yang terdapat dalam koleksi tumbuhan di kebun raya merupakan daya tarik utama yang dimaksud.

Pengembangan kebun raya dimulai dengan pembangunan sarana dan prasarana pembibitan, persiapan lahan, dan pembangunan yang tertuang didalam *masterplan*. Pembibitan meliputi dua kategori, yaitu pembibitan tumbuhan koleksi dan pembibitan bukan tumbuhan koleksi untuk tujuan penghijauan dan pertamanan. Terdapat tiga fungsi utama kebun raya menurut Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), yaitu:

- 1) Fungsi konservasi, yaitu berfungsi untuk pelestarian tumbuhan melalui teknik pembiakan yang maju.
- 2) Fungsi penelitian dan Pendidikan, yaitu tempat penelitian dan inventarisasi Pendidikan botani, eksplorasi tumbuhan, serta mengembangkan tanaman budidaya.

- 3) Fungsi rekreasi, yaitu kebun raya terbuka untuk umum sebagai tujuan wisata bagi masyarakat. Dengan demikian, nilai ekonomi juga dapat diperhitungkan dalam fungsi ini.

Salah satu kebun raya yang ada di Sumatera Selatan adalah Kebun Raya Sriwijaya (KRS) yang didirikan pada tahun 2013. Penetapan KRS sebagai kawasan konservasi *ex situ* berdasarkan SK Gubernur Sumatera Selatan No. 553/KPTS/Balitbangda/2011 tanggal 2 Agustus 2011 secara administratif seluas ± 100 ha. Kondisi dengan kelembaban tanah yang tinggi di KRS ini menyebabkan keberadaan spesies endemik mampu beradaptasi dengan kondisi ekstrim dan cekaman. Sumatera Selatan terkenal akan lahan basahnya dan biodiversitas yang tinggi antara tumbuhan serta keberadaan masyarakatnya, hal ini memiliki keterkaitan yang erat, sehingga disepakati bahwa yang menjadi daya tarik utama dari KRS ini adalah kawasan konservasi tumbuhan lahan basah dan tanaman.

12.5. Talang Sepucuk, Kabupaten OKI

Lokasi penelitian adalah areal lahan gambut yang ditanami kelapa sawit yang berada dalam kawasan konsesi perkebunan PT Gading Cempaka Graha (PT GCG). Lokasi penelitian ini merupakan lahan tipe fisiografi rawa lebak gambut yang tidak mendapat pengaruh air pasang baik dari pasang air sungai maupun pasang air laut (Gambar 48).



Gambar 48. Peta areal penelitian di Talang Sepucuk OKI

Dinamika air tanah dan air dalam saluran hanya dipengaruhi oleh curah hujan. Lahan perkebunan ini terletak di daerah rawa gambut Talang Sepucuk yang termasuk dalam Kesatuan Hidrologis Gambut Sungai Sibumbang - Sungai Komerling. Bagian terluas dari areal penelitian terletak di Kecamatan Pedamaran selain Kecamatan Pedamaran Timur, Kayu Agung dan Pampangan, Kabupaten Ogan Komering Ilir (OKI).

Pembukaan lahan dimulai pada tahun 2007, akan tetapi secara umum baru dibuka pada tahun 2009 dan telah dilakukan penanaman juga tahun 2009. Luas lokasi penelitian secara keseluruhan sekitar 10.000 ha yang terdiri dari 6.500 ha lahan kebun inti dimana lahan inti sudah ditanami sebanyak 4.500 ha dan 3.500 ha lahan kebun plasma (sudah ditanam seluas 2.000 ha). Sampai bulan Agustus 2016, luas areal yang sudah dibuka lebih kurang 7.000 ha, dan areal yang sering terbakar lebih kurang 100 ha. Kebakaran selalu bersumber dari luar perkebunan.

Kebakaran sering terjadi di areal yang berbatasan langsung dengan Hutan Produksi Terbatas (HPT) Pedamaran. Api bersumber dari HPT, merambat dan pada akhirnya membakar areal perkebunan. Sekitar 90% areal perkebunan ini merupakan kawasan lahan gambut dengan kedalaman gambut rata-rata 1-6

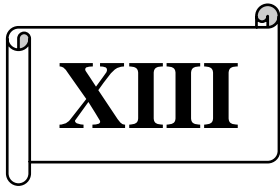
m dan tingkat kematangan gambut tergolong saprik. Kedalaman air tanah pada tanggal 5 Agustus berkisar 50-60 cm dari permukaan tanah.

Pada lahan gambut yang belum diolah, khususnya pada hutan rawa gambut umumnya ada tiga lapisan tajuk, yaitu lapisan tajuk teratas yang dibentuk oleh jenis-jenis ramin (*Gonystylus bancanus*), mentibu (*Dactylocladus stenostachys*), jelutung (*Dyera lowii*), pisang-pisang (*Mezzetia parviflora*), nyatoh (*Palaquium* spp), durian hutan (*Durio* sp), kempas (*Koompassia malaccensis*) dan jenis-jenis yang umumnya kurang dikenal. Lapisan tajuk tengah yang pada umumnya dibentuk oleh jenis jambu-jambuan (*Eugenia* sp), pelawan (*Tristania* sp), medang (*Litsea* spp), kemuning (*Xantophyllum* spp), mendarahan (*Myristica* spp) dan kayu malam (*Diospyroy* spp). Sedangkan lapisan tajuk terbawah terdiri dari jenis suku *Annonaceae*, anak-anakan pohon dan semak dari jenis *Crunis* spp, *Pandanus* spp, *Zalaca* spp dan tumbuhan bawah lainnya. Tumbuhan merambat diantaranya *Uncaria* spp.

Areal penelitian difokuskan pada lima jenis penggunaan lahan yang berbeda, yaitu pada lahan yang tidak diolah (rumput rawa, semak belukar dan hutan gambut) dan pada lahan yang diolah (monokultur kelapa sawit dan *intercropping* kelapa sawit dengan nanas). Akan tetapi untuk konsentrasi simulasi penelitian pengelolaan air, akan difokuskan pada lahan yang belum diolah (semak belukar) dan lahan yang telah diolah (Blok D41 pada areal seluas 25 ha yang telah ditanami kelapa sawit sejak tahun 2012).

Perbedaan kedua areal penelitian ini terletak pada tipe penggunaan lahan dan sistem tata air. Pada semak belukar belum dibangun saluran drainase, sedangkan pada Blok D41, sistem tata air sudah dibangun berbentuk huruf L. Panjang

saluran primer 250 m dan saluran sekunder sepanjang 1.000 m. Pertimbangan pemilihan Blok D41 karena pada Blok D41 telah ada instalasi alat penakar hujan, alat pantau tinggi muka air di pertemuan antara saluran primer dan saluran sekunder, telah terpasang sumur bor, dan kondisi kelapa sawit sudah menghasilkan. Pada kedua areal penelitian dipasang sumur pantau untuk memonitor pengaruh jarak dari saluran terhadap tinggi muka air tanah. Pengamatan muka air di saluran, tinggi muka air tanah, dan curah hujan dilakukan setiap hari, selain itu dilakukan pengamatan profil tanah dan pengambilan sampel tanah gambut untuk menganalisis sifat fisik dan sifat kimia gambut.



XIII

REKOMENDASI DAN SARAN

13.1. Rekomendasi

Berdasarkan hasil kajian pembahasan buku ini, maka dapat ditarik berbagai rekomendasi sebagai berikut:

- 1) Eksploitasi lahan gambut menyebabkan kerusakan dan kehancuran lahan gambut (50% dikarenakan perkebunan, 27% kehutanan dan HTI, 10% pertanian pangan, 7% industri atau pemukiman serta 6% faktor lainnya). Oleh karena itu, perlu dikaji ulang pemberian izin konsesi perkebunan industri kelapa sawit di lahan gambut, selain itu kelapa sawit bukanlah tanaman asli gambut, sehingga tanaman ini menuntut dilakukannya drainase. Tindakan drainase yang berlebihan (*overdrained*) ini merupakan akar masalah degradasi lahan gambut.
- 2) Proses umpan balik internal yang melibatkan komposisi vegetasi, mikrotopografi dan tingkat dekomposisi gambut berkontribusi terhadap dinamika perubahan muka air tanah yang cepat, dan sistem rawa gambut mampu beroperasi secara konsisten meskipun kondisi internal dan eksternal berbeda. Terkait dengan umpan balik internal ini, maka direkomendasikan untuk dilakukan kajian komprehensif sebelum lahan gambut dimanfaatkan untuk berbagai tujuan.

- 3) Adanya pemaksaan eksternal (perubahan dalam sirkulasi atmosfer yang disebabkan oleh penurunan aktivitas matahari), kemungkinan sebagian merupakan efek dari sensitivitas sistem rawa gambut yang tinggi pada saat pemaksaan dikembangkan sebagai respons terhadap kondisi yang sebelumnya. Direkomendasikan tidak dibenarkan melakukan pemaksaan terhadap lahan gambut agar sesuai dengan komoditi tertentu, pendekatannya harus dibalik, pengelolaan komoditas harus sesuai dengan tingkat kesesuaian komoditi (tanaman) untuk lahan gambut.

- 4) Tantangan lahan gambut sebagai lahan pertanian, yaitu pengembangan dan penyusutan tinggi; kekeringan tidak balik; subsidensi lahan gambut; daya menahan beban rendah; oksidasi gambut tinggi; kebakaran dan penguapan C; banjir dan kekeringan. Untuk mengatasi tantangan ini, maka BRG telah mengembangkan pendekatan 3-R (*rewetting*, *revegetation* dan *revitalization*) dan hasil pendekatan 3-R ini harus terukur dan dapat dikuantifikasikan.

13.2. Saran

Berdasarkan hasil kajian pembahasan buku ini, maka disarankan hal-hal penting sebagaimana dijelaskan berikut ini:

13.2.1. Rewetting

- 1) Menguji efektivitas sekat kanal. Sebagian besar sekat kanal terdiri dari bendungan kotak sederhana atau bendungan gambut padat yang dibangun oleh perusahaan konsesi. Perlu penilaian komprehensif dan tidak memihak terhadap

bendungan berusia > 10 tahun, sehingga diperoleh pelajaran atas dasar pengalaman lapangan. Evaluasi ini mencakup jenis bendungan (kotak, gambut yang dipadatkan), kondisi bendungan, pemeliharaan, dan fluktuasi muka air tanah dapat dinaikkan (efektifitas hidrologis) dan subsidensi gambut diperlambat.

- 2) Pembuatan kurva pF untuk berbagai kematangan dan ketebalan gambut, sehingga retensi air di berbagai jenis gambut dapat dipahami. Kurva pF ini berimplikasi untuk menentukan kedalaman drainase maksimum yang direkomendasikan (saat ini adalah -40 cm) dan dampak pemadatan gambut terhadap sifat dan ciri lahan gambut.
- 3) Memahami kondisi emisi C yang dilepas oleh lahan gambut. Hilangnya C sebagai POC (*Particulate Organic Carbon*) dan DOC (*Dissolved Organic Carbon*) dari lahan gambut terdegradasi tidak dipahami dengan baik; lebih dari setengahnya POC dan DOC keluar dari sistem kawasan gambut, tetapi sebagian sisanya tidak diketahui nasib dan mekanismenya.

13.2.2. Revegetasi (*Revegetation*)

- 1) Membuat pengaturan hidrologis gambut mandiri. Perlu kajian bagaimana berbagai spesies hutan rawa gambut atau tipe fenologi dengan berbagai adaptasi (misalnya sistem perakaran, akar jangkar, akar serabut, akar permukaan, kanopi daun dan lain-lain), struktur kubah (*peat dome*) dan cekungan dasar hutan rawa gambut berkontribusi terhadap retensi air.

- 2) Sekitar 85% hidrologi hutan rawa gambut adalah aliran lateral di lahan gambut yang tidak terganggu, sisanya (15%) adalah aliran air di sepanjang permukaan gambut. Oleh karena itu, kubah dan cekungan di hutan gambut yang tidak terganggu berkontribusi menghasilkan mekanisme pengaturan mandiri untuk retensi air dan pemeliharaan hidrologis. Bagaimana mekanisme ini bisa dipulihkan, masih tidak dipahami dengan baik.
- 3) Produktivitas spesies lahan gambut dan kontribusinya terhadap pengembangan gambut tidak diketahui. Idealnya, hutan rawa gambut yang direstorasi pada titik tertentu akan mulai berkontribusi pada akumulasi bahan organik baru di dalam tanah dan pembentukan gambut. Sekitar > 175 spesies lahan gambut dikenal sebagai spesies pionir (*native species*) yang tumbuh cepat atau spesies hutan sekunder. Apakah spesies yang tumbuh cepat ini juga berkontribusi lebih banyak terhadap akumulasi bahan organik di tanah gambut? Atau apakah mekanisme lain juga berperan, seperti kandungan lignin?
- 4) Produktivitas konsentrasi polifenol dalam spesies lahan gambut. Polifenol merupakan senyawa fitokimia alami terkandung dalam tanaman dan mampu memberikan berbagai warna pada tanaman. Tak hanya itu, polifenol juga berfungsi untuk melindungi tanaman dari berbagai bahaya, menghambat dekomposisi dan memfasilitasi akumulasi gambut. Konsentrasi polifenol dalam spesies lahan gambut kebanyakan belum diketahui.

- 5) Spesies makanan untuk satwa liar. Perlu dipertimbangkan dalam upaya revegetasi adalah kontribusi potensial untuk konservasi biodiversitas juga berguna untuk makanan satwa liar. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi spesies makanan favorit mana yang berhasil dalam upaya restorasi merupakan area potensial yang memerlukan studi lebih lanjut, misalnya spesies untuk lebah madu.
- 6) Kajian Produktivitas Kinerja Spesies Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) potensial pada gambut. Sedikit diketahui tentang bagaimana spesies ini tampil di lahan gambut dan kurangnya pengetahuan tentang spesies-spesies yang menjanjikan di lahan gambut telah menyebabkan kurangnya motivasi petani untuk berinvestasi untuk komoditas ini.
- 7) Dampak budidaya spesies HHBK terhadap hidrologi gambut, seperti kepadatan tanam, potensi tumpangsari, tingkat pertumbuhan, metode panen, evapotranspirasi dan sebagainya. Agroforestri tumpangsari (campuran) cenderung lebih bermanfaat untuk hidrologi gambut daripada monokultur, karena kelembaban cenderung lebih tinggi jika vegetasi memiliki berbagai lapisan (strata). Dampak tersebut saat ini hanya diperkirakan dan memerlukan studi lanjut, untuk mengoptimalkan budidaya HHBK, sehingga dampak positif pada gambut dapat dimaksimalkan.
- 8) Membuat akses berdampak rendah terhadap lahan gambut. Setelah hidrologi gambut dipulihkan (*rewetting*) dan revegetasi dengan spesies HHBK yang menjanjikan,

maka tantangan utama keberhasilan pemeliharaan sistem tersebut adalah menyediakan akses berdampak rendah, sehingga spesies HHBK dapat dipanen. Tiga pendekatan utama untuk memfasilitasi akses berdampak rendah terhadap gambut, yaitu alternatif untuk melintasi sekat kanal, sistem jalan setapak atau rel dan menyesuaikan waktu panen.

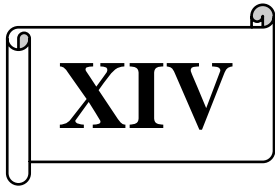
- 9) Kembalinya fungsi ekosistem. Jika gambut direhabilitasi (pengayaan, revegetasi skala besar atau paludikultur), maka perlu diantisipasi bahwa fungsi ekosistem utama akan kembali (misalnya biodiversitas, penyimpanan air, dan sebagainya). Proses atau rehabilitasi fungsi ekosistem ini perlu dipelajari.

13.2.3. Revitalisasi (*Revitalization*)

- 1) Pengetahuan teknis spesies paludikultur. Banyak tersedia spesies paludikultur, tetapi sedikit diketahui tentang budidaya spesies tsb (misalnya pengadaan dan perawatan benih, kebutuhan nutrisi, tumpangsari, metode dan intensitas panen, pemrosesan produk dan sebagainya).
- 2) Kajian potensi dan pengembangan ekowisata rawa gambut sangat minimal dan perlu dikaji komprehensif.
- 3) Perikanan lahan gambut, misalnya studi stok ikan, kualitas air gambut terdegradasi dan perairan lahan gambut yang dipulihkan, untuk menilai potensi pengembangan perikanan (termasuk akuakultur). Penilaian pasar harus dilakukan terhadap ikan yang layak untuk konsumsi

manusia dan ikan hias yang banyak ditemukan di perairan lahan gambut.

- 4) Dampak metode tanpa pembakaran, seperti penambahan mikroba dekomposer vegetasi terhadap emisi dan subsidensi gambut, dan dampak pengelolaan air? Saat ini program tanpa pembakaran hanya terfokus dampak pada produktivitas (misalnya produksi padi, ton/ha), tetapi dampaknya terhadap gambut belum terungkap seluruh, sehingga perlu dipelajari secara terintegrasi.
- 5) Penilaian rantai nilai, studi pasar, kelembagaan dan *stakeholder*. Berbagai penelitian sedang dilakukan (misalnya kayu gelam, kemiri, jelutung, sagu, tengkawang, gemor), tetapi banyak spesies potensial gambut belum diketahui prospek pasar dan persyaratan untuk pengembangannya, misalnya spesies Gaharu, Purun tikus, Paré, Jambu air, Ketapang dan Gambir dsb masih belum diteliti.



XIV

DAFTAR PUSTAKA

- Armanto, M.E. 2019a. Comparison of Chemical Properties of Peats under Different Land Uses in South Sumatra, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, Vol 20(5); 184-192, May 2019 (SCOPUS Q3). IF: 0.22.
- Armanto, M.E. 2019b. Improving Rice Yield and Income of Farmers by Managing the Soil Organic Carbon in South Sumatra Landscape, Indonesia. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences* Vol 50(2): 653-661 (SCOPUS Q3). IF: 0.19.
- Armanto, M.E. 2019c. Soil Variability and Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Biomass along Ultisol Toposequences. *Journal of Ecological Engineering*, Vol 20(7); 196-204, July 2019 (SCOPUS Q3). IF: 0.22.
- Armanto, M.E. and E. Wildayana. 2023. Predictive Mapping for Soil pH and Phosphate based on Kriging Interpolation. *ICOSEAT 2022, ABSR 26*, pp. 254-262.
- Armanto, M.E., M.A. Adzemi, E. Wildayana and M.S. Imanudin. 2013. Land Evaluation for Paddy Cultivation in the Reclaimed Tidal Lowland in Delta Saleh, South Sumatra, Indonesia. *Journal of Sustainability Science and Management*. Vol 8(1): 32-42. June 2013. (SCOPUS Q3) IF: 0.32.
- Armanto, M.E., and E. Wildayana. 2022. Accessibility Impact to Government Programs on the Household Income

- Contribution at the Various Livelihood Sources of Farmers. 2022. *Agriekonomika Journal*, Vol 11(1); 62-75.
- Armanto, M.E., A. Hermawan, E. Wildayana, M.S. Imanudin and D.P. Sulistiyani. 2020. Pengembangan Pertanian Berkelanjutan Berbasis Kemampuan Lahan dan Pencegahan Kebakaran Hutan dan Lahan. Tahun 1. Kontrak Penelitian. No. 0009/UN9/SK.LP2M.PT/2020 Tanggal 28 September 2020.
- Armanto, M.E., A. Hermawan, E. Wildayana, dan M.S. Imanudin. 2021. Kemampuan Lahan untuk Pengembangan Pertanian dan Pencegahan Kebakaran Hutan dan Lahan. Tahun 2. Kontrak Penelitian No. 0127.15/UN9/SB3.LP2M.PT/2021 Tanggal 02 Juni 2021.
- Armanto, M.E., A. Hermawan, E. Wildayana, dan M.S. Imanudin. 2022. Kemampuan Lahan untuk Pengembangan Pertanian dan Pencegahan Kebakaran Hutan dan Lahan. Tahun 3. Kontrak Penelitian No. 0120.21/UN9/SB3.LP2M.PT/2022 Tanggal 17 Mei 2022.
- Armanto, M.E., M.S. Imanudin dan E. Wildayana. 2016. Model Pengembangan Pertanian Pangan di Lahan Gambut Berbasis Kemampuan Lahan untuk Mendukung Pencegahan Kebakaran Hutan dan Lahan. Tahun 1. Kontrak Penelitian No. 1023/UN9.3.1/LPPM/2016 Tanggal 18 Juli 2016.
- Armanto, M.E., M.S. Imanudin dan E. Wildayana. 2017. Model Pengembangan Pertanian Pangan di Lahan Gambut Berbasis Kemampuan Lahan untuk Mendukung Pencegahan Kebakaran Hutan dan Lahan. Tahun 2. Kontrak Penelitian No. 987/UN9.3.1/PP/2017 Tanggal 21 Juli 2017.

- Armanto, M.E., M.S. Imanudin dan E. Wildayana. 2018. Model Pengembangan Pertanian Pangan di Lahan Gambut Berbasis Kemampuan Lahan untuk Mendukung Pencegahan Kebakaran Hutan dan Lahan. Tahun 3. Kontrak Penelitian No. 0006/UN9/SK.LP2M.PT/2018 Tanggal 05 Juni 2018.
- Armanto, M.E., M.S. Imanudin and E. Wildayana. 2019. Model Pengembangan Pertanian Pangan di Lahan Gambut Berbasis Kemampuan Lahan untuk Mendukung Pencegahan Kebakaran Hutan dan Lahan. Tahun 4. Kontrak Penelitian. No. 0014/UN9/SK.LP2M.PT/2019 Tanggal 21 Juni 2019.
- Armanto, M.E., Mohd Zuhdi, D. Setiabudidaya, Ngudiantoro, E. Wildayana, A. Hermawan, and M.S. Imanudin. 2022. Deciphering Spatial Variability and Kriging Mapping for Soil pH and Groundwater Levels. *JLSO Journal*, Vol 11(2); 187-196. Oct 2022.
- Bao, H., Wu, X., Peng, Y., and Han, L. 2022. Key factors influencing household asset allocation of relocated households: A case study of Hangzhou. *Habitat International*, 124(April), Article 102562.
- Bawardi, H., Kaplan, S., and Feitelson, E. 2022. The role of individualistic versus collectivist values in shaping the residential choice of Palestinian knowledge-workers. *Habitat International*, 121, Article 102516.
- Beck, M.W., Heck, N., Narayan, S., Menéndez, P., Reguero, B.G., Bitterwolf, S., Torres-Ortega, S., Lange, G.-M., Pfliegner, K., Pietsch McNulty, V., and Losada, I.J. 2022. Return on investment for mangrove and reef flood protection. *Ecosystem Services*, 56 (May), Article 101440.

- Bourceret, A., Amblard, L., and Mathias, J.D. 2022. Adapting the governance of social-ecological systems to behavioural dynamics: An agent-based model for water quality management using the theory of planned behaviour. *Ecological Economics*, 194.
- Burg, V., Troitzsch, K.G., Akyol, D., Baier, U., Hellweg, S., and Thees, O. 2021. Farmer's willingness to adopt private and collective biogas facilities: An agent-based modeling approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 167(December 2020), Article 105400.
- Cadigan, J.A., N.H. Jafari, C.L. Stagg, C. Laurenzano, B.D. Harris, A.E. Meselhe, J. Dugas, B. Couvillion, 2022. Characterization of vegetated and ponded wetlands with implications towards coastal wetland marsh collapse, *CATENA*, Vol 218, 106547.
- Ceschi, A., Sartori, R., Dickert, S., Scalco, A., Tur, E.M., Tommasi, F., and Delfini, K. 2021. Testing a norm-based policy for waste management: An agent-based modeling simulation on nudging recycling behavior. *Journal of Environmental Management*, 294, Article 112938.
- Chi, Y., J. Sun, D. Liu, Z. Xie, 2022. Reconstructions of four-dimensional spatiotemporal characteristics of soil organic carbon stock in coastal wetlands during the last decades, *CATENA*, Vol 218, 106553.
- Delač, D., I. Kisić, Ž. Zgorelec, A. Perčin, P. Pereira, 2022. Slash-pile burning impacts on the quality of runoff waters in a Mediterranean environment (Croatia), *CATENA*, Vol 218, 106559.
- Dur, R., Fleming, D., van Garderen, M., and van Lent, M. 2021. A social norm nudge to save more: A field experiment at a

- retail bank. *Journal of Public Economics*, 200, Article 104443.
- Gao, B., Z. Chen, Y.B. Gao, M. Hu, X. Li, Y. Pan, 2022. Optimization of the sampling design for multiobjective soil mapping using the multiple path SSA (MP-SSA) method, *CATENA*, Vol 217, 106479.
- Gastineau, P., Mossay, P., and Taugourdeau, E. 2021. Ecological compensation: How much and where? *Ecological Economics*, 190, Article 107191.
- Herawati, H., Kartini, Akbar, A.A., Abdurrahman, T. 2021. Strategy for Realizing Regional Rural Water Security on Tropical Peatland. *Water*, Vol 13(18), 2455.
- Holidi, M.E. Armanto, N. Damiri and D.D.A. Putranto. 2019. Characteristics of Selected Peatland Uses and Soil Moistures based on TVDI. *Journal of Ecological Engineering*, Vol 20(4); 194-200, April 2019 (SCOPUS Q3). IF: 0.22.
- Imanudin MS, Armanto ME, Wildayana E, Bakri, Junedi H. 2021a. Developing Water Management Objective on Tropical Peatlands under Oil Palm Cultivation. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 758 (2021) 012002.
- Imanudin MS, Bakri, Armanto ME, Wildayana E, Al Rasyid S. 2021b. Development of Control Drainage Operation Model and Utilization Planning of Post-Fire Peatlands. *Jurnal JWEM*, 9(1); 1-21.
- Imanudin MS, Priatna SP, Armanto ME, Prayitno MB. 2021c. Integrated Duflow-Drainmod Model for Planning of Water Management Operation in Tidal Lowland Reclamation Areas. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 871 (2021) 012035.

- Imanudin MS, Sulistiyani P, Armanto ME, Madjid A, Saputra A. 2021d. Land Suitability and Agricultural Technology for Rice Cultivation on Tidal Lowland Reclamation in South Sumatra. *Jurnal JLSO*, 10(1); 91-103.
- Imanudin, M. S., Madjid, A., Armanto, M.E., and Miftahul. 2020. Study of Limiting Factors and Land Rehabilitation Recommendations for Corn Cultivation in Tidal Swamp Land of Tipology C. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, Vol 22(2), 46-55. October 2020.
- Imanudin, M.S., M.E. Armanto and Bakri. 2019. Determination of Planting Time of Watermelon under a Shallow Groundwater Table in Tidal Lowland Agriculture Areas of South Sumatra, Indonesia. *Irrigation and Drainage*, Vol 68(3); 488-495, July 2019 (SCOPUS Q2). IF: 0.53.
- Imanudin, M.S., S.J. Priatna, Bakri and M.E. Armanto. 2020. Field Adaptation for Watermelon Cultivation under Shallow Ground Water Table in Tidal Lowland Reclamation Area. *Journal of Wetlands Environmental Managements*. Vol 8(1); 1-10. April 2020.
- Jiang, W., Yan, T., and Chen, B. 2021. Impact of media channels and social interactions on the adoption of straw return by Chinese farmers. *Science of the Total Environment*, 756(X), Article 144078.
- Kaban, S., M.E. Armanto, M.R. Ridho and P.L. Hariani. 2020. Heavy Metal (Mercury and Plumbum) Accumulation of Two Fish Species in Sipin and Teluk Lake, Jambi Province. *Eco. Env. and Cons*. Vol 26(3); 163-167, April 2020. (SCOPUS Q4, IF: 0.14).
- Karimi, M. J., and Vaez-Zadeh, S. 2021. An agent-based model for electric energy policy assessment. *Electric Power Systems Research*, 192, Article 106903.

- Kasargodu Anebagilu, P., Dietrich, J., Prado-Stuardo, L., Morales, B., Winter, E., and Arumi, J.L. 2021. Application of the theory of planned behavior with agent-based modeling for sustainable management of vegetative filter strips. *Journal of Environmental Management*, 284. March 2020.
- Kheirfam, H. 2022. Spatial prioritization of wind-erosion-prone areas in the dried-up beds of Lake Urmia; using field sampling and in-vitro measurement, *CATENA*, Vol 217, 106507.
- Khokhlova, O.S., A.O. Makeev, A.V. Engovatova, T.N. Myakshina, 2022. Cultural layers and a paleosol of a Late Medieval settlement as proxies of environmental change and anthropogenic influence - A case study of Tula Kremlin, Russia, *CATENA*, Vol 218, 106544.
- Klautau de Araújo, T.L., Sousa, P., de Miranda Azeiteiro, U.M., and da Maia Soares, A.M.V. 2021. Brazilian Amazo[^]nia, deforestation and environmental degradation: Analyzing the process using game, deterrence and rational choice theories. *Environmental Science and Policy*, 117, 46–51.
- Lecciones, A.J.M., Serrona, K.R.B., Devanadera, M.C.E., Lecciones, A.M., and Yu, J. 2022. Creative approaches in engaging the community toward ecological waste management and wetland conservation. *Circular Economy and Sustainability: Vol 2: Environmental Engineering*, 2, 297–317.
- Liang, X., Luo, L., Hu, S., and Li, Y. 2022. Mapping the knowledge frontiers and evolution of decision making based on agent-based modeling. *Knowledge-Based Systems*, 250, Article 108982.
- Lin, S., W. Wang, T. Vancov, D.Y.F. Lai, C. Wang, M. Wiesmeier, Q. Jin, X. Liu, Y. Fang, 2022. Soil carbon, nutrients and their

- stoichiometry decrement in relation to paddy field degradation: Investigation in a subtropical region, *CATENA*, Vol 217, 106484.
- Liu, J., Zhang, M., and Nikita, N. 2021. Agent-based design research to explore the effectiveness of bottom-up organizational design in shaping sustainable vernacular landscapes: A case in Hailar, China. *Landscape and Urban Planning*, 205 (May 2020), Article 103961.
- Luom, T.T., Phong, N.T., Smithers, S., and Van Tai, T. 2021. Protected mangrove forests and aquaculture development for livelihoods. *Ocean and Coastal Management*, 205, Article 105553.
- Lupinacci, C.M., F.T. da Conceição, L.G. Paschoal, 2022. Geomorphic responses due to the second-largest global producer of ceramic tiles in the State of São Paulo, Brazil, *CATENA*, Vol 218, 106550.
- Ma, S., H.Y. Wang, L.J. Wang, J. Jiang, J.W. Gong, S. Wu, G.Y. Luo, 2022. Evaluation and simulation of landscape evolution and its ecological effects under vegetation restoration in the northern sand prevention belt, China, *CATENA*, Vol 218, 106555.
- Marvuglia, A., Bayram, A., Baustert, P., Gutiérrez, T. N., and Igos, E. 2022. Agent-based modelling to simulate farmers' sustainable decisions: Farmers' interaction and resulting green consciousness evolution. *Journal of Cleaner Production*, 332, Article 129847.
- Meteorology, Climatology and Geophysics Agency of West Kalimantan Province. 2021. Total Rainfall and Number of Rainy Days at the BMKG Observation Station, 2000-2020. In. *Climate*. Pontianak. Cited 28 February 2022.

- Migoń, P., F. Duszyński, 2022. Landscapes and landforms in coarse clastic sedimentary tablelands – Is there a unifying theme?, *CATENA*, Vol 218, 106545..
- Molajou, A., Pouladi, P., and Afshar, A. 2021. Incorporating social system into water-food-energy Nexus. *Water Resources Management*, 35(13), 4561–4580.
- Neisi, M., Bijani, M., Abbasi, E., Mahmoudi, H., and Azadi, H. 2020. Analyzing farmers' drought risk management behavior: Evidence from Iran. *Journal of Hydrology*, 590, Article 125243.
- Nie, X., Zhou, J., Cheng, P., and Wang, H. 2021. Exploring the differences between coastal farmers' subjective and objective risk preferences in China using an agent- based model. *Journal of Rural Studies*, 82(100), 417–429.
- Niu, Z., Chen, C., Gao, Y., Wang, Y., Chen, Y., and Zhao, K. 2022. Peer effects, attention allocation and farmers' adoption of cleaner production technology: Taking green control techniques as an example. *Journal of Cleaner Production*, 339, Article 130700.
- Piras, S., Righi, S., Setti, M., Koseoglu, N., Grainger, M. J., Stewart, G. B., and Vittuari, M. 2022. From social interactions to private environmental behaviours: The case of consumer food waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 176, 1–32.
- Pouladi, P., Afshar, A., Molajou, A., and Afshar, M.H. 2020. Socio-hydrological framework for investigating farmers' activities affecting the shrinkage of Urmia Lake; hybrid data mining and agent-based modelling. *Hydrological Sciences Journal*, 65(8), 1249–1261.
- Rahbar, M., Mahdavinejad, M., Markazi, A.H.D., and Bemanian, M. 2022. Architectural layout design through deep learning

- and agent-based modeling: A hybrid approach. *Journal of Building Engineering*, 47, Article 103822.
- Ren, J., Chen, J., Xu, C., van de Koppel, J., Thomsen, M.S., Qiu, S., Cheng, F., Song, W., Liu, Q. X., Xu, C., Bai, J., Zhang, Y., Cui, B., Bertness, M.D., Silliman, B.R., Li, B., and He, Q. 2021. An invasive species erodes the performance of coastal wetland protected areas. *Science Advances*, 7, 8943.
- Reynaldi, F., Herawati, H., Kartini. 2021. Tata Air Mikro dalam Upaya Pengendalian Muka Air Tanah pada Lahan Gambut (Studi Kasus Desa Wajok Hilir). *JeLAST : Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 8(1): 1-9.
- Sadeghi, S.H.R., M. Khazayi, S.Kh. Mirnia, 2022. Effect of soil surface disturbance on overland flow, sediment yield, and nutrient loss in a hyrcanian deciduous forest stand in Iran, *CATENA*, Vol 218, 106546.
- Saputra, S.C., M.E. Armanto, and M.S. Imanudin. 2020. The Impact of Combine Harvester Machine Usage on Soil Compaction and Some Soil Physical Properties in Mulya Sari Village, Tanjung Lago, Banyuasin. *Biovalentia Journal* Vol 6(1); 42-47, May 2020
- Skaggs, R.W., D.M. Amatya, and G. Chescheir. 2020. Effects of Drainage for Silviculture on Wetland Hydrology. *Wetlands*, 40(1), 47-64.
- Su, Y., Qian, K., Lin, L., Wang, K., Guan, T., and Gan, M. 2020. Identifying the driving forces of non-grain production expansion in rural China and its implications for policies on cultivated land protection. *Land Use Policy*, 92 (December 2019), Article 104435.
- Todisco, F., L. Vergni, A. Vinci, D. Torri, 2022. Infiltration and bulk density dynamics with simulated rainfall sequences, *CATENA*, Vol 218, 106542.

- Trialfhianty, T.I., Muharram, F.W., Suadi, Quinn, C.H., and Beger, M. 2022. Spatial multi-criteria analysis to capture socio-economic factors in mangrove conservation. *Marine Policy*, 141, Article 105094.
- Valizadeh, N., Bayat, S.E., Bijani, M., Hayati, D., Viira, A.H., Tanaskovik, V., Kurban, A., and Azadi, H. 2021. Understanding farmers' intention towards the management and conservation of wetlands. *Land*, 10(8), 860.
- Valjavec, M.B., A. Čarni, D. Žlindra, M. Zorn, A. Marinšek, 2022. Soil organic carbon stock capacity in karst dolines under different land uses, *CATENA*, Vol 218, 106548.
- Wang, B., Zeng, D., and Yang, B. 2021. Decomposing peer effects in pro-environmental behaviour: Evidence from a Chinese nationwide survey. *Journal of Environmental Management*, 295, Article 113100.
- Wang, H., Cheng, P., Liang, P., Liu, K., and Nie, X. 2020. Invisible windfalls and wipeouts: What is the impact of spatial regulation on the welfare of land-lost farmers? *Habitat International*, 99(100), Article 102159.
- Wang, H., Yao, Y. C., Dai, X. L., Chen, Z.P., Wu, J., Qiu, G. L., and Feng, T. 2022. How do ecological protection policies affect the restriction of coastal development rights? Analysis of choice preference based on choice experiment. *Marine Policy*, 136.
- Wang, J., Bu, Y., Yang, C., and Tang, J. 2021. Reaserch on potential errors in the measurement of farmers' risk preference- -comparison between experimental and questionnaire methods. *China Soft Science*, 4.
- Wang, L., Lv, T., Zhang, X., Hu, H., and Cai, X. 2022. Global research trends and gaps in ecological compensation

- studies from 1990 to 2020: A scientometric review. *Journal for Nature Conservation*, 65, Article 126097.
- Wang, L., Z. Li, D. Wang, S.S. Liao, X. Nie, Y. Liu, 2022. Factors controlling soil organic carbon with depth at the basin scale, *CATENA*, Vol 217, 106478.
- Wang, T. 2021. Social foundation and system construction of urban and rural ecological integration in China from the perspective of rational choice. *Theory Monthly*, 8, 114–122.
- Wang, W., Zhao, X., Li, H., and Zhang, Q. 2021. Will social capital affect farmers' choices of climate change adaptation strategies? Evidences from rural households in the Qinghai-Tibetan plateau, China. *Journal of Rural Studies*, 83(March), 127–137.
- Wang, Y., Zhang, Q., Li, Q., Wang, J., Sannigrahi, S., Bilsborrow, R., Bellingrath- Kimura, S.D., Li, J., and Song, C. 2021. Role of social networks in building household livelihood resilience under payments for ecosystem services programs in a poor rural community in China. *Journal of Rural Studies*, 86 (October 2020), 208–225.
- Ward, E.J. 2022. Wetlands under global change. In *Encyclopedia of Inland waters* (2nd ed., Vol. 1980). Elsevier Inc.
- Wei, J., Sun, R., Liu, W., and Li, L. 2020. Bird diversity in mangrove wetlands at Shankou, Guangxi. *Journal of Subtropical Resources and Environment*, 15(1), 1–10.
- Wen, L., Chatalova, L., Butsic, V., Hu, F.Z.Y., and Zhang, A. 2020. Capitalization of land development rights in rural China: A choice experiment on individuals' preferences in peri-urban Shanghai. *Land Use Policy*, 97 (January), Article 104803.
- Wen, Y., Zhang, X., Li, K., Sun, W., and Zheng, H. 2022. Generalized morality and the provision of public goods:

- The role of social trust and public participation. *Habitat International*, 125, Article 102584.
- Wen, Z., Junen Wu, Yanzheng Yang, Ruonan Li, Zhiyun Ouyang, Hua Zheng, 2022. Implementing intercropping maintains soil water balance while enhancing multiple ecosystem services, *CATENA*, Vol 217, 106426.
- Wildayana E, Armanto ME. 2021. Empowering Indigenous Farmers with Fish Farming on South Sumatra Peatlands. *Jurnal Habitat*, 32(1); 1-10.
- Wildayana, E. and M.E. Armanto. 2019. The Role of Subsidized Fertilizers on Rice Production and Income of Farmers in Various Land Typologies. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, Vol 20(1); 100-107. April 2019.
- Wu, B., Li, Y., Zhao, Q., Zhang, W., and Lu, R. 2020. The service value and driving mechanism of coastal wetland ecosystem in Beibu Gulf of Guangxi. *Ecological Economy*, 36(9), 151-157.
- Wu, W., Zhi, C., Gao, Y., Chen, C., Chen, Z., Su, H., Lu, W., and Tian, B. 2022. Increasing fragmentation and squeezing of coastal wetlands: Status, drivers, and sustainable protection from the perspective of remote sensing. *Science of the Total Environment*, 811, Article 152339.
- Xu, M., Hanyu Liu, Qi Zhang, Zhenjiao Zhang, Chengjie Ren, Yongzhong Feng, Gaihe Yang, Xinhui Han, Wei Zhang, 2022. Effect of forest thinning on soil organic carbon stocks from the perspective of carbon-degrading enzymes, *CATENA*, Vol 218, 106560.
- Xu, Z., Yuting Wang, Dejing Sun, Hongkai Li, Yanmin Dong, Zucheng Wang, Shengzhong Wang, 2022. Soil nutrients and nutrient ratios influence the ratios of soil microbial

- biomass and metabolic nutrient limitations in mountain peatlands, *CATENA*, Vol 218, 106528.
- Yang, Q., Nan, Z., and Tang, Z. 2022. Influencing factors of the grassland ecological compensation policy to herdsman's behavioral response: An empirical study in Hexi corridor. *Acta Ecologica Sinica*, 42(2), 74-79.
- Ye, M., Zino, L., Mlakar, Z., Bolderdijk, J.W., Risselada, H., Fennis, B.M., and Cao, M. 2021. Collective patterns of social diffusion are shaped by individual inertia and trend-seeking. *Nature Communications*, 12(1), 1-12.
- Yin, S., Chen, J., and Yang, X. 2020. Adaptive behavior of farming household and influential mechanism in the background of social-ecological system reconstruction. *Human Geography*, 35(2), 112-121.
- Zeng, Y., Dong, P., Shi, Y., Wang, L., and Li, Y. 2020. Analyzing the co-evolution of green technology diffusion and consumers' pro-environmental attitudes: An agent-based model. *Journal of Cleaner Production*, 256, Article 120384.
- Zhang, N., Shihao Huang, Heng Lei, Xinzhe Lei, Puling Liu, Jiakun Yan, 2022. Changes in soil quality over time focusing on organic acid content in restoration areas following coal mining, *CATENA*, Vol 218, 106567.
- Zhang, X., De-Qiang Xiang, Chao Yang, Wei Wu, Hong-Bin Liu, 2022. The spatial variability of temporal changes in soil pH affected by topography and fertilization, *CATENA*, Vol 218, 106586.
- Zhao, Q., Zhendong Hong, Yaru Jing, Mengwen Lu, Zihan Geng, Pengwei Qiu, Peng Wang, Xunling Lu, Shengyan Ding, 2022. Spatial and temporal changes in nutrients associated with dam regulation of the Yellow River, *CATENA*, Vol 217, 106425.

- Zheng, W., and Luo, B. 2022. Understanding pollution behavior among farmers: Exploring the influence of social networks and political identity on reducing straw burning in China. *Energy Research and Social Science*, 90, Article 102553.
- Zuhdi, Mohd., M.E. Armanto, D. Setiabudidaya, Ngudiantoro, and Sungkono. 2019. Exploring Peat Thickness Variability Using VLF Method. *Journal of Ecological Engineering*, Vol 20(5); 142-148, May 2019 (SCOPUS Q3). IF: 0.22.

PENULIS



M. Edi Armanto. Staf pengajar tetap pada Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya (Unsri) sejak tahun 1986, lahir di Palembang pada tanggal 02 September 1959. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Pertanian pada Fakultas Pertanian Unsri tahun 1985, memperoleh Dipl. Ing. Agr. (tahun 1989) dan Dr .Sc. Agr.di *Kiel University, Germany*

(tahun 1992). Sejak 2004 sampai sekarang dipercaya sebagai Full Professor di Unsri (Gol IV/e). *Post-Doctorate Program in Kiel University Germany* tahun 1998 & tahun 2005 in *Freiburg University, Germany*. Tahun 1992-2006, aktif sebagai staf peneliti PPLH Unsri, 1996-1998 sebagai Kepala Bidang Penyajian Data dan Informasi Lingkungan BAPEDAL Jakarta dan 1999-2000 dipercaya sebagai *Management Training Specialist* di Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian, Jakarta. Sejak 2001 sampai sekarang mengajar di Program Pascasarjana Unsri. 2009-2015 sebagai University Professor di UMT Malaysia. 2017-2019 sebagai Kaprodi Program Doktor Ilmu-Ilmu Pertanian Unsri. Bidang kajian Ilmu Tanah yang diminati adalah *Soil Variability Analyses* dan tanah sebagai *Natural Body* dikaitkan dengan produktivitas lahan. Pada saat ini mengajar mata kuliah pada Strata I (Geologi, Analisis Bentang Lahan, Pemetaan, Morfologi dan Klasifikasi Tanah, *Landuse Planning* serta Perencanaan dan Pengembangan Wilayah), pada Strata II dan Strata III (Pengelolaan Lahan dan Ruang, Perencanaan dan Pengembangan Wilayah, Survai dan Evaluasi Lahan, Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, GIS dan Perwilayahan Komoditas, Konservasi Sumberdaya Lahan serta Pengelolaan *Wetlands* dan Gambut). Penulis telah membimbing mahasiswa sebanyak 125 orang Sarjana Strata I, 38 orang Magister Strata II

(Master), dan 20 orang Doktor Strata III (Doktor). Aktif melakukan penelitian dengan tema: *Soil Variability Analyses* dan *Soil Productivity*. Penulis aktif melakukan publikasi sebanyak 215 paper di jurnal international dan internasional bereputasi dan melakukan seminar (sebagai *keynote, invited speaker and participants*). Sebagian besar publikasi bertemakan: *Soil Variability Analyses, Soil Productivity and Sustainable Development Planning*. Penulis aktif menulis berbagai buku ajar, buku referensi dan praktikum yang merupakan buku pegangan mahasiswa Strata I, Strata II dan Strata III, antara lain:

- 1) Armanto, M.E., D. Fardiaz, Z. Idrus, S.A. Umar dan E. Wildayana. 2022. Pendekatan Pengembangan Wilayah dengan SWOT dan Kerangka Kerja Logis. Unsri Press. ISBN 978-979-587-987-9. 274 pages.
- 2) Armanto, M.E., Z. Idrus, S.A. Umar dan E. Wildayana. 2021. Perencanaan dan Pengembangan Wilayah. Unsri Press. ISBN 978-979-587-933-6. 266 pages.
- 3) Armanto, M.E. 2020. Sistem Informasi Sumberdaya Lahan. Unsri Press, Palembang. ISBN 978-979-587-822-3. 272 pages.
- 4) Armanto, M.E. 2013. Pemetaan Tematik Sumberdaya Lahan. Unsri Press, Palembang. ISBN 979-587-468-3. 180 pages.
- 5) Armanto, M.E. 2005. Kompetisi, Konflik, Strategi dan Paket Perencanaan Penggunaan Sumberdaya Lahan. Pidato Pengukuhan sebagai Guru Besar dalam Bidang Ilmu Tanah pada FP Unsri. Unsri Press. 03 Maret 2005. ISBN 979-587-263-X. 57 pages.
- 6) Armanto, M.E. 2003. Agrogeology and Soil Parent Materials. Unsri Press, Palembang. ISBN 979-587-000-0. 136 pages.

- 7) Armanto, M.E. 1992. Soil Variability as an Indicator of Soil Erosion in Sloping Landscapes - Comparative Investigations in Eastern Holstein and South Sumatra. Institute for Plant Nutrition and Soil Science, Kiel University, Germany. ISSN 0933-680X. 202 pages.
- 8) Armanto, M.E. 1989. Effects of Soil Erosion - an Experimental Study at a Catena of the Research Farmland Hohenschulen near Kiel, Germany. Institute for Plant Nutrition and Soil Science, Kiel University, Germany. 150 pages.
- 9) Adriani, D., I. Zahri, E. Wildayana, M.E. Armanto dan M. Yazid. 2019. Ekonomi Rumah Tangga Petani Padi Lahan Pasang Surut (Keragaan Ekonomi Usaha, Alokasi Waktu, Pengangguran, Inovasi Teknologi dan Diversifikasi). Unsri Press. ISBN 978-979-587-805-6. 198 pages.
- 10) Wildayana, E., M.E. Armanto, I. Zahri, A. Mulyana, L. Husin dan D. Adriani. 2019. Kelembagaan KUD PIR Kelapa Sawit. Unsri Press. ISBN 978-979-587-777-6. 226 pages.
- 11) Wildayana, E., M.E. Armanto, I. Zahri, A. Mulyana, L. Husin dan D. Adriani. 2018. Perilaku Rumah Tangga Petani Plasma Kelapa Sawit. Unsri Press. ISBN 978-979-587-765-3. 235 pages.
- 12) Adzemi, M.A., M.E. Armanto and E. Wildayana. 2017. BRIS Soil Improvement for Sustainable Crop Production. LAP LAMBERT Academic Publishing. 76 pages. ISBN-13: 978-620-2-01853-1 ISBN-10: 6202018534 EAN: 9786202018531.
- 13) Sjarkowi, F., A. Arbain, M.E. Armanto, U. Santoso, J. Arjuna, Rifardi, A. Setiawan, J. Syahrul, Khairijon dan Azizah. 2007. Kualitas Lingkungan Hidup Sumatera 2007. PPLH Regional Sumatera, Kementerian Lingkungan Hidup RI, Pekanbaru, Riau. ISBN 978-602-8107-00-6. 393 pages.

- 14) Susanto, R.H., I. Zahri, M.E. Armanto, C. Nancy, C. Anwar, A. Mulyana, N. Abuchatam, U. Harun, Bakri, Hasbi, Thomas, A. Supriono, K. Yuliati and M. Solichin. 2005. Blue Print of South Sumatra Estate Industry 2020. Estate Agency of South Sumatra Province Government, Palembang. 300 pages.
- 15) Susanto, R.H., C. Nancy, C. Anwar, A. Mulyana, M.E. Armanto, I. Zahri, M. Solichin and A. Supriono. 2004. Long Term Direction and Policy of Estate Development in South Sumatra Province 2020. Estate Agency of South Sumatra Province Government, Palembang. 278 pages.



Elisa Wildayana. Staf Pengajar Tetap Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya (Unsri) Palembang, Indonesia sejak Maret 1987, lahir di Manggar Belitung tanggal 26 April 1961. Menyelesaikan Pendidikan Sarjana Pertanian (Ir.) pada Fakultas Pertanian Unsri (1985), memperoleh Magister Sains (M.Si.) dari IPB Bogor

(1999) dengan Beasiswa SEAMEO-SEARCA dan Doktor Pertanian (Dr.) dari Unsri (2013) dengan dana BPPS Dikti. Sejak 2022 sampai saat sekarang dipercaya sebagai *Full Professor* di Unsri (Gol IV/c). Tahun 1987-1992 aktif mengikuti berbagai jenis *courses* bersamaan dengan menemani suami sekolah di Kiel University Germany. Tahun 2004-2010 aktif sebagai Peneliti Sosial Ekonomi di berbagai Perusahaan Swasta. Tahun 2009-2015 aktif menulis dan mengikuti berbagai jenis *courses* sekaligus menemani suami sebagai University Professor di UMT Malaysia. Penulis telah membimbing mahasiswa sebanyak 130 orang Sarjana Strata I, 20 orang Magister Strata II (Master), dan 10 orang Doktor Strata III (Doktor). Aktif melakukan penelitian Sosial Ekonomi Pertanian dengan tema: Ekonomi Rumah Tangga Petani. Penulis aktif melakukan publikasi sebanyak 120 paper di jurnal internasional dan internasional bereputasi dan melakukan seminar (sebagai *keynote, invited speaker and participants*). Sebagian besar publikasi bertemakan: Ekonomi Rumah Tangga Petani dan *Sustainable Development Planning*. Penulis aktif menulis berbagai buku ajar, buku referensi dan praktikum yang merupakan buku pegangan mahasiswa Strata I, Strata II dan Strata III, antara lain:

- 1) Wildayana, E. 2022. Keberlanjutan Plasma Kelapa Sawit berdasarkan Efisiensi Produksi. Pidato Pengukuhan sebagai Guru Besar dalam Bidang Sosek Pertanian. Unsri Press. 26 Oktober 2022. 60 pages.

- 2) Armanto, M.E., D. Fardiaz, Z. Idrus, S.A. Umar dan E. Wildayana. 2022. Pendekatan Pengembangan Wilayah dengan SWOT dan Kerangka Kerja Logis. Unsri Press. ISBN 978-979-587-987-9. 274 pages.
- 3) Armanto, M.E., Z. Idrus, S.A. Umar dan E. Wildayana. 2021. Perencanaan dan Pengembangan Wilayah. Unsri Press, Palembang. ISBN 978-979-587-933-6. 266 pages.
- 4) Wildayana, E., M.E. Armanto, I. Zahri, A. Mulyana, L. Husin dan D. Adriani. 2019. Kelembagaan KUD PIR Kelapa Sawit. Unsri Press. ISBN 978-979-587-777-6. 226 pages.
- 5) Wildayana, E., M.E. Armanto, I. Zahri, A. Mulyana, L. Husin dan D. Adriani. 2018. Perilaku Rumah Tangga Petani Plasma Kelapa Sawit. Unsri Press. ISBN 978-979-587-765-3. 235 pages.
- 6) Adriani, D., I. Zahri, E. Wildayana, M.E. Armanto dan M. Yazid. 2019. Ekonomi Rumah Tangga Petani Padi Lahan Pasang Surut (Keragaan Ekonomi Usaha, Alokasi Waktu, Pengangguran, Inovasi Teknologi dan Diversifikasi). Unsri Press. ISBN 978-979-587-805-6. 198 pages.
- 7) Adzemi, M.A., M.E. Armanto and E. Wildayana. 2017. BRIS Soil Improvement for Sustainable Crop Production. LAP LAMBERT Academic Publishing. 76 pages. ISBN-13: 978-620-2-01853-1 ISBN-10: 6202018534 EAN: 9786202018531.
- 8) Wildayana, E. 2015. Pengelolaan Perkebunan Kelapa Sawit. Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian, FP Unsri, Indralaya.
- 9) Wildayana, E. 2014. Hutan Konversi untuk Perkebunan Kelapa Sawit. Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian, FP Unsri, Indralaya.