



Penulis dilahirkan di Palembang pada tanggal 13 September 1964 dan merupakan anak kedua dari enam bersaudara buah hati pasangan Bpk. H. Makmun Hoesin (alm) dan Ibu Hj. Saidati Syamsunazilah (alm). Penulis menamatkan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 123 Palembang pada tahun 1976, menamatkan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 10 Palembang pada tahun 1980, menamatkan Sekolah Menengah Atas di SMAN 3 Palembang pada tahun 1983, menamatkan Strata 1 di Jurusan Fisika FMIPA UGM tahun 1988, menamatkan Strata 2 di Program Studi Teknik Geofisika Fakultas Teknologi Mineral ITB tahun 1998, dan menamatkan Strata 3 di Program Studi Doktor Ilmu MIPA Fakultas MIPA UNSRI tahun 2020.

### Muhammad Irfan

Pada tahun 1988 penulis sempat bekerja di P3FT LIPI Serpong sebagai CPNS dan berhenti pada tahun 1989 karena diterima juga sebagai dosen di FMIPA UNSRI Palembang sampai saat ini. Selama bekerja sebagai dosen di FMIPA UNSRI, penulis pernah diberi tugas tambahan sebagai Kepala Laboratorium Geofisika, Sekretaris Jurusan Fisika, Sekretaris Unit Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat FMIPA, Ketua Unit Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat FMIPA, Pembantu Dekan 1 FMIPA UNSRI, dan Dekan FMIPA UNSRI. Penulis juga pernah mendapat tugas tambahan sebagai Sekretaris BKS PTN MIPA Indonesia Wilayah Barat selama 3 periode (6 tahun). Prestasi/ penghargaan yang pernah penulis dapatkan adalah mendapatkan beasiswa dari LIPI selama studi S-1, lulus cumlaude dan tercepat serta IPK tertinggi (3.83) pada Program studi Teknik Geofisika (S-2) ITB tahun 1998, lulus cumlaude dan tercepat serta IPK tertinggi (4.0) pada Program studi Doktor Ilmu MIPA (S-3) UNSRI tahun 2020, pemakalah terbaik sebanyak 2 kali pada seminar hasil penelitian HEDS Project Dikti, dan Satya Lencana Karya Satya dari pemerintah Republik Indonesia. Penulis juga pernah mendapatkan beasiswa untuk mengambil short course di luar negeri, yaitu di University of Technology Sydney (UTS) selama 4 bulan tentang Intellectual Property Right, di Nanyang Technology University (NTU) selama 1 bulan tentang Groundwater, dan di ITC Belanda selama 1 bulan tentang GPS. Pada seminar internasional di luar negeri, penulis pernah sebanyak 3 kali menjadi oral presenter, yaitu di Bangkok, Kuala Lumpur, dan Johor Bahru. Penulis sudah berkeluarga dengan istri bernama Hj. Indah Nurmala Dewi, S.Kp., MHSM., ETN., mempunyai 2 orang anak yaitu Muhammad Idham, S.Kom. dan Muhammad Iman Tauhid.

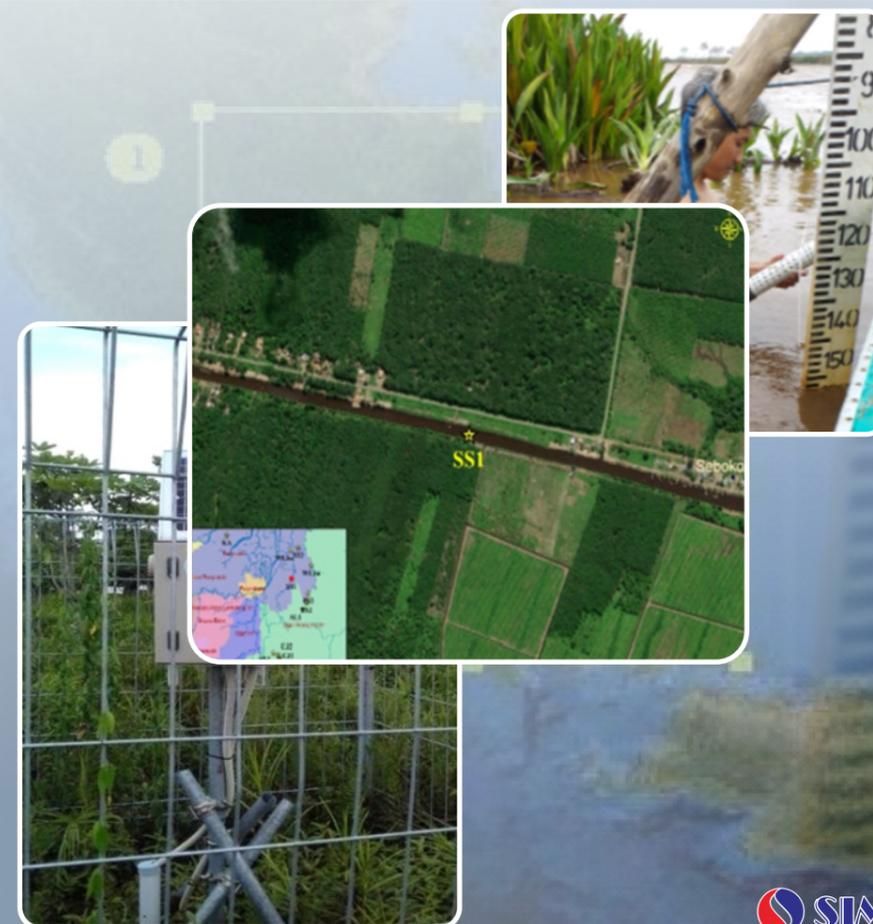
978-602-1160-27-5



Analisis Temporal dan Spasial terhadap Dinamika Parameter Hidrologi dan Klimatologi ... Muhammad Irfan

Muhammad Irfan

# Analisis Temporal dan Spasial terhadap Dinamika Parameter Hidrologi dan Klimatologi pada Lahan Gambut di Sumatera Selatan



**Analisis Temporal dan Spasial  
terhadap Dinamika Parameter Hidrologi dan Klimatologi pada Lahan Gambut  
di Sumatera Selatan**

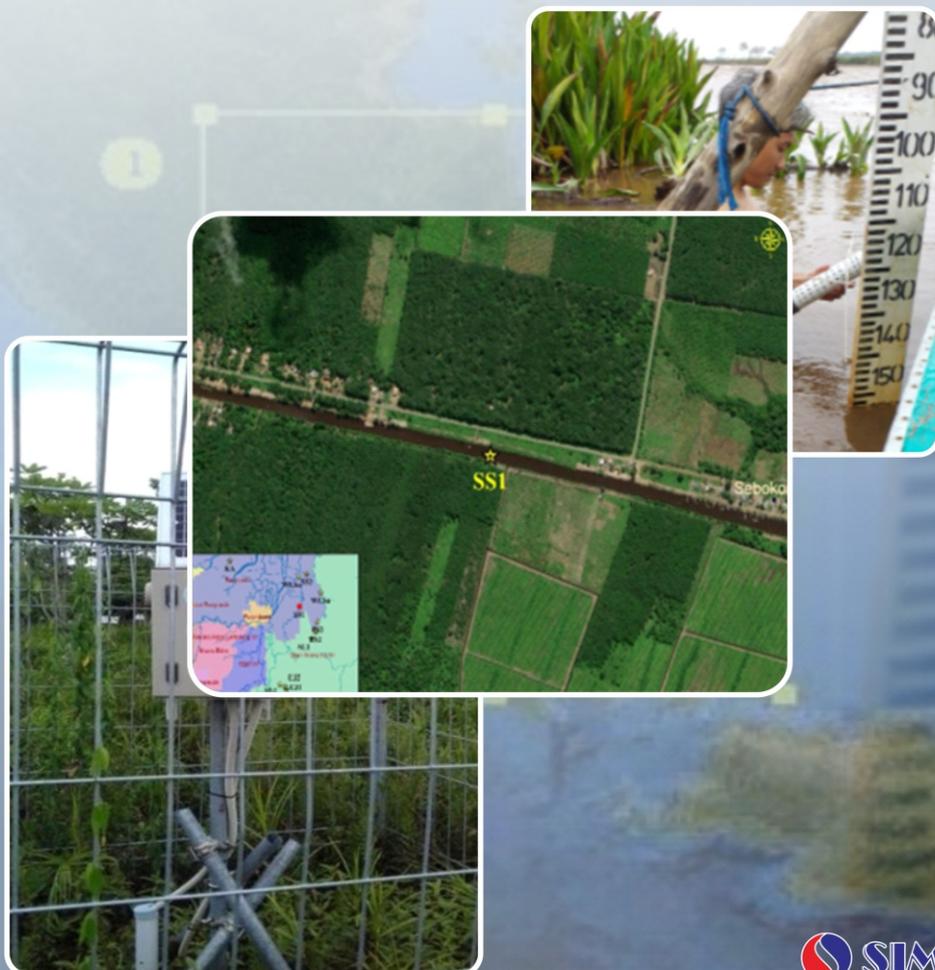
**Muhammad Irfan**



Muhammad Irfan

# Analisis Temporal dan Spasial

terhadap Dinamika Parameter Hidrologi dan Klimatologi  
pada Lahan Gambut di Sumatera Selatan



**Analisis Temporal dan Spasial terhadap Dinamika Parameter Hidrologi dan Klimatologi pada Lahan Gambut di Sumatera Selatan**

Copyright © Muhammad Irfan, 2021

Hak cipta dilindungi undang-undang

*All rights reserved*

Cetakan 1, Agustus 2021

Penyusun:

Muhammad Irfan

Desain sampul & Tata letak: Ahmad Adha Khomeini

Diterbitkan oleh: SIMETRI



Jl. Srijaya Negara Lrg. Jaya Sempurna 2015,

Bukit Besar, Palembang

Telp./Fax. 0711-315321; HP. 081328740911

Email: [simetri\\_penerbit@yahoo.co.id](mailto:simetri_penerbit@yahoo.co.id), [akhmadbama@yahoo.com](mailto:akhmadbama@yahoo.com)

xiv + 80 hlm.; 25 × 20 cm

ISBN: 978-602-1160-27-5

Isi di luar tanggung jawab penerbit

# PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wata'ala yang telah memberi rahmat dan karunia kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan Buku Referensi ini. Sholawat dan salam penulis sampaikan kepada Nabi besar Muhammad Salallahu 'Alaihi Wasallam.

Buku referensi ini ditulis berdasarkan hasil penelitian saat penulis studi S3 dan hasil penelitian Unggulan Kompetitif Universitas Sriwijaya tahun 2019 dan 2021 yang mana penulis adalah ketua penelitiannya. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc. selaku promotor S3, Dr. Albertus Sulaiman dan Dr. Menik Ariani selaku ko-promotor S3 yang dengan sabar dan penuh semangat membimbing, memotivasi, dan memberi solusi pada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian saat studi S3. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sriwijaya yang telah memberi bantuan untuk biaya penelitian khususnya penelitian Unggulan Kompetitif tahun 2019 dan 2021.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

- Prof. Dr. Anis Saggaf, MSCE., sebagai Rektor Universitas Sriwijaya yang telah memberikan kesempatan untuk melanjutkan pendidikan S3 dan memberi bantuan dana penelitian.
- Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc. sebagai Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya beserta staf yang telah memberikan fasilitas dan bantuan selama melaksanakan penelitian.
- Dr. Hary Widjajanti, sebagai Ketua Program Studi S3 Ilmu MIPA Universitas Sriwijaya beserta staf yang telah memberikan fasilitas dan bantuan selama menempuh Pendidikan S3.
- Bpk. Awaluddin, M.T. staff BPPT Serpong yang telah banyak membantu dalam teknis pengumpulan data SESAME.
- Terkhusus pada istriku Hj. Indah Nurmala Dewi, S.Kp., MHSM., ETN., anak-anakku Muhammad Idham, S.Kom. dan Muhammad Iman Tauhid yang telah memberikan do'a dan restu sehingga penulis dapat menyelesaikan buku referensi ini.



### *Kata Pengantar*

---

Semoga Allah Subhanahu Wata'ala memberikan imbalan pahala dan barokah atas semua kebaikan Bapak/Ibu/Sdr/i/Ananda semua. Semoga karya tulis ilmiah ini memberikan kontribusi bagi perkembangan Ilmu Pengetahuan.

Palembang, Agustus 2021  
**Muhammad Irfan**

# DAFTAR ISI

HALAMAN MUKA .....	i
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR SINGKATAN .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Kebaruan Penelitian .....	5
1.6 Kerangka Pikir Penelitian .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>9</b>
2.1 Lahan Rawa Gambut di Sumatera Selatan .....	9
2.2 Parameter Klimatologi .....	12
2.2.1 Curah Hujan .....	13
2.2.2 Temperatur Permukaan Tanah .....	15
2.3 Parameter Hidrologi .....	15
2.3.1 <i>Groundwater Level</i> .....	15
2.3.2 Kelembaban Tanah .....	16
2.3.3 Pasang Surut .....	17
2.4 Titik Api .....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1 Lokasi Kajian .....	23
3.2 Data .....	25
3.3 Analisis Statistik .....	25
3.3.1 Analisis Regresi .....	25
3.3.2 Uji <i>t</i> .....	28
3.3.3 Uji <i>F</i> .....	29
3.4 Tahapan Penelitian .....	31
3.4.1 Tahap Pertama .....	31
3.4.2 Tahap Kedua .....	32



3.4.3 Tahap Ketiga .....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>37</b>
4.1 Analisis Klimatologi .....	37
4.1.1 Curah Hujan .....	37
4.1.2 Temperatur .....	42
4.2 Analisis Hidrologi .....	44
4.2.1 <i>Groundwater Level</i> .....	44
4.2.2 Kelembaban Tanah .....	46
4.2.3 Pasang Surut Lahan Gambut .....	47
4.2.4 Pasang Surut Sungai Saleh dan Sungai Sugihan .....	48
4.2.5 Diskusi tentang Pasang Surut .....	50
4.3 Analisis Dinamika Kebakaran lahan .....	51
4.3.1 Hubungan antara Curah Hujan dengan <i>Groundwater Level</i> .....	51
4.3.2 Hubungan antara Curah Hujan dengan Kelembaban Tanah .....	52
4.3.3 Hubungan antara <i>Groundwater Level</i> dengan Kelembaban Tanah .....	52
4.3.4 Korelasi antara Curah Hujan, <i>Groundwater Level</i> , dan Kelembaban Tanah ...	53
4.3.5 Kecepatan Penurunan <i>Groundwater Level</i> .....	54
4.3.6 Kecepatan Penurunan Kelembaban Tanah Fungsi <i>Groundwater Level</i> .....	56
4.3.7 Penentuan <i>Groundwater Level</i> Minimum .....	59
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>63</b>
5.1 Kesimpulan .....	63
5.2 Saran .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>73</b>
L.1 Hasil Uji <i>F</i> .....	73
L.2 Hasil Uji Regresi Hubungan antara <i>Groundwater Level</i> dan Kelembaban Tanah .....	75

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kerangka pikir penelitian .....	7
Gambar 2.1	Tipe dasar pasang surut .....	18
Gambar 3.1	Peta lokasi penelitian .....	24
Gambar 3.2	Peta lokasi pengukuran level air Sungai Saleh dan Sungai Sugihan.....	33
Gambar 4.1	Grafik <i>time series</i> curah hujan th. 2018 dan 2019 pada lokasi SL1 .....	38
Gambar 4.2	Grafik <i>time series</i> curah hujan th. 2018 dan 2019 pada lokasi SS1 .....	39
Gambar 4.3	Grafik <i>Dipole Mode Index time series</i> .....	41
Gambar 4.4	Grafik <i>time series</i> temperature pada stasiun SL1 & SS1 th. 2018 dan 2019	43
Gambar 4.5	Grafik <i>time series groundwater level</i> .....	45
Gambar 4.6	Grafik <i>time series</i> kelembaban tanah.....	46
Gambar 4.7	Grafik tipe pasut untuk lahan gambut .....	47
Gambar 4.8	Grafik waktu pasang tertinggi dan surut terendah lahan gambut .....	48
Gambar 4.9	Grafik tipe pasut untuk Sungai Saleh dan Sungai Sugihan .....	49
Gambar 4.10	Grafik waktu pasang tertinggi dan surut terendah pada Sungai Saleh dan Sugihan.....	49
Gambar 4.11	Grafik <i>overlay groundwater level</i> dan curah hujan .....	51
Gambar 4.12	Grafik <i>overlay</i> kelembaban tanah dan curah hujan .....	52
Gambar 4.13	Grafik <i>overlay</i> kelembaban tanah dan <i>groundwater level</i> .....	53
Gambar 4.14	Grafik <i>time series</i> dinamika <i>groundwater level</i> .....	55
Gambar 4.15	Peta lokasi stasiun SS1 .....	56
Gambar 4.16	Grafik hasil analisis regresi antara GWL dengan KT .....	57
Gambar 4.17	Grafik <i>overlay groundwater level</i> dan jumlah <i>hotspots</i> .....	60
Gambar 4.18	Grafik korelasi antara <i>groundwater level</i> dengan jumlah <i>hotspots</i> .....	61



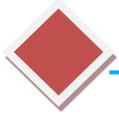
## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Beberapa referensi yang berkaitan dengan keterbaruan penelitian .....	5
Tabel 2.1	Sebaran lahan gambut di Sumatera Selatan .....	10
Tabel 3.1	Nama stasiun penelitian dan koordinatnya .....	23
Tabel 3.2	Nama sungai tempat penelitian dan koordinatnya.....	24
Tabel 3.3	Data yang digunakan dalam penelitian .....	25
Tabel 3.4	Nilai kritis distribusi uji $t$ .....	30
Tabel 4.1	Rincian data curah hujan total bulanan .....	40
Tabel 4.2	Rincian data temperatur rata-rata bulanan .....	44
Tabel 4.3	Data statistik trend penurunan <i>groundwater level</i> .....	45
Tabel 4.4	Data statistik trend penurunan kelembaban tanah .....	46
Tabel 4.5	Rincian data pasang surut pada lahan gambut dan sungai .....	50
Tabel 4.6	Rincian hasil uji $F$ .....	54
Tabel 4.7	Data statistik penentuan kecepatan penurunan GWL .....	55
Tabel 4.8	Data statistik analisis regresi antara GWL dengan KT .....	58
Tabel 4.9	Data statistik perhitungan kecepatan penurunan kelembaban tanah .....	58
Tabel 4.10	Data statistik korelasi antara GWL dengan jumlah <i>hotspots</i> .....	62
Tabel 4.11	Data statistik penentuan GWL minimal .....	62



# DAFTAR SINGKATAN

BA	: Banyu Asin
BRG	: Badan Restorasi Gambut
CH	: Curah Hujan
CJ1	: Cinta Jaya-1
CJ2	: Cinta Jaya-2
GWL	: <i>Groundwater Level</i>
K	: Kecepatan Penurunan Kelembaban Tanah
KA	: Karang Agung
KT	: Kelembaban Tanah
MODIS	: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MUBA	: Musi Banyu Asin
OKI	: Ogan Komering Ilir
Pasut	: Pasang Surut
PS2	: Padang Sugihan-2
PS3	: Padang Sugihan-3
SESAME	: <b>SE</b> nsory data transmission <b>S</b> ervice <b>A</b> ssisted by <b>M</b> idori <b>E</b> ngineering laboratory
SIPALAGA	: Sistem Pemantauan Air dan Lahan Gambut
SL1	: Sungai Lumpur-1
SL2	: Sungai Lumpur-2
SS1	: Sungai Saleh-1
SS2	: Sungai Saleh-2
T	: Temperatur Dekat Permukaan Tanah
TA	: Titik Api ( <i>hotspots</i> )



### Daftar Singkatan

---

- $u$  : Kecepatan Penurunan GWL  
WLSa : *Water Level* Sungai Saleh  
WLSu : *Water Level* Sungai Sugihan

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu tipe ekosistem penting yang ditemukan di Indonesia adalah lahan gambut. Gambut umumnya didefinisikan sebagai akumulasi sisa-sisa tanaman yang ditemukan di bawah kondisi yang tergenang air, bersifat asam dan rendah nutrisi. Suatu daerah yang ditutupi oleh lapisan gambut dikenal sebagai lahan gambut (Yule *et al.*, 2010). Lahan gambut tropis mencakup area seluas sekitar 40 juta ha, dan sekitar 50% berlokasi di Indonesia. Hal ini berarti sekitar 10.8% dari luas lahan di Indonesia adalah lahan gambut. Lahan gambut Indonesia tersebar di beberapa pulau, terutama di pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua. Sekitar 30% dari total lahan gambut di Indonesia ditemukan di Pulau Sumatera. Distribusi utama lahan gambut di Pulau Sumatera ada di Riau, Jambi dan Sumatra Selatan (Kobayashi, 2015; Oshaki *et al.*, 2015; Neoh *et al.*, 2015 & Takeuchi *et al.*, 2015).

Lahan gambut merupakan lahan yang rentan terhadap kebakaran (Hooijer *et al.*, 2013; Syaufina *et al.*, 2014; Atwood *et al.*, 2016; Dohong *et al.*, 2017 & Sloan *et al.*, 2017). Pada tahun 2015, fenomena anomali iklim yang dikenal dengan El Niño terjadi bersamaan dengan *Indian Ocean Dipole* (IOD) positif. Telah diketahui bahwa peristiwa El Niño dan IOD positif menyebabkan defisit curah hujan di wilayah Indonesia yang menyebabkan peristiwa iklim ekstrim di Indonesia dan memicu banyak masalah lingkungan (Iskandar *et al.*, 2017 & Lestari *et al.*, 2018). Selain itu, penelitian sebelumnya juga telah mengungkapkan bahwa kebakaran di lahan gambut dan vegetasi hutan di Indonesia pada tahun 1997 ketika peristiwa El Niño 1997/98 telah melepaskan sekitar 0,81 hingga 2,57 GT karbon ke atmosfer (Margono *et al.*, 2014). Pada tahun 2019 kebakaran lahan gambut terulang kembali akibat adanya fenomena IOD + (Doi *et al.*, 2020).

Sebagai upaya mitigasi kebakaran hutan, khususnya kebakaran gambut, sejak Juli 2017 pemerintah Indonesia melalui Badan Restorasi Gambut (BRG) telah memprakarsai sistem pengamatan langsung parameter hidrologi dan klimatologi pada lahan gambut di Sumatera Selatan yang disebut **SE**nsoy data transmission **S**ervice **A**ssisted by **M**idori



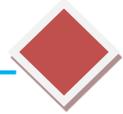
**E**ngineering laboratory (SESAME). Parameter yang diukur adalah curah hujan (CH), temperatur permukaan (T), kelembaban tanah (KT), dan *groundwater level* (GWL). Parameter-parameter tersebut diyakini sebagai parameter pengontrol kebakaran pada lahan gambut. Kemudian pada akhir tahun 2018 BRG telah membangun suatu Sistem Pemantauan Air dan Lahan Gambut (SIPALAGA) dengan jumlah stasiun pengamatan mencapai 142 stasiun yang tersebar di 7 propinsi termasuk propinsi Sumatera Selatan. SIPALAGA mengintegrasikan beberapa sistem pengamatan yang ada termasuk SESAME.

Keberadaan sistem pemantauan parameter hidrologi dan klimatologi ini belum mampu secara signifikan mengurangi kebakaran lahan gambut di Indonesia. Di tahun 2019, terjadi kebakaran hutan dan lahan gambut yang cukup parah sejak terakhir terjadi di tahun 2015 ketika fenomena El Niño terjadi. Sumatera Selatan merupakan propinsi yang paling banyak kehilangan hutan dan lahan gambut yang mencapai 328.457 ha (Osawa & Kajita, 2020). Khusus di wilayah Sumatera Selatan keberadaan SIPALAGA ini belum dapat dimanfaatkan secara optimal untuk mengantisipasi dan mengurangi risiko kebakaran hutan dan lahan gambut.

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan korelasi antar parameter hidrologi dan klimatologi ini diantaranya adalah: penelitian untuk mencari korelasi antara GWL dengan CH dan didapatkan adanya korelasi yang kuat antara GWL dengan CH (Fistikoglu *et al.*, 2016 & Abdullah *et al.*, 2016), korelasi yang kuat dan linier antara GWL dengan KT (Hamada *et al.*, 2016), dan korelasi yang kuat antara CH dengan KT pada lapisan tanah rendah (Li *et al.*, 2016).

Penelitian ini juga mengkaji tipe pasang surut pada lahan gambut dan tipe pasang surut pada sungai di sekitar lahan gambut. Hasil yang didapatkan dijadikan pertimbangan apakah peristiwa pasang surut dapat dijadikan juga sebagai parameter pengontrol kebakaran pada lahan gambut. Penelitian tentang tipe pasang surut sungai di Sumatera Selatan telah dilakukan di perairan Boom Baru dan Tanjung Buyut, keduanya mempunyai tipe pasang surut yang sama yaitu tipe Tunggal (Hasibuan *et al.*, 2015). Penelitian lainnya di perairan Boom Baru, Sungai Iais, Selat Jaran, dan Upang juga menghasilkan tipe seragam yaitu tipe tunggal (Nurisman *et al.*, 2012). Penelitian di Muara Sungai Musi juga menghasilkan tipe tunggal (Subakti, 2012).

Penelitian terdahulu telah dapat menghitung kecepatan penurunan kelembaban tanah pada lahan gambut khususnya pada zona jenuh (Kolay *et al.*, 2007 and Holden *et al.*, 2003). Penelitian ini menganalisis kecepatan penurunan kelembaban tanah pada zona tak jenuh lahan gambut. Hasilnya dapat dijadikan pengetahuan baru tentang kemampuan masing-masing lahan gambut dalam meloloskan air.



Penelitian tentang korelasi antara CH dengan *hotspots* telah dilakukan yang hasilnya menunjukkan adanya hubungan yang erat antara parameter curah hujan dengan jumlah *hotspots* (Syaufina *et al*, 2014 & Prayoga *et al.*, 2017). Pada penelitian ini dicari korelasi antara GWL dengan jumlah *hotspots* pada lahan gambut. Dari persamaan korelasinya didapatkan GWL minimal yang harus dipertahankan untuk meminimalkan jumlah *hotspots* yang muncul.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dinamika parameter hidrologi dan klimatologi memegang peranan penting dalam pengelolaan lahan rawa gambut, khususnya dalam pengendalian kebakaran pada lahan gambut. Dinamika parameter ini dapat berupa variasi curah hujan, variasi temperatur permukaan, naik turunnya GWL, dan variasi nilai kelembaban tanah. Dinamika parameter-parameter ini sangat berkaitan dengan kondisi iklim di kawasan tersebut. Kondisi iklim kering yang ekstrim dapat menyebabkan terjadinya perubahan yang signifikan pada nilai parameter hidrologi dan klimatologi sehingga memicu kebakaran pada lahan gambut. Belum banyak penelitian mengenai dinamika parameter-parameter tersebut khususnya pada lahan gambut di Sumatera Selatan terutama dikaitkan dengan peristiwa kebakaran.

Sejak bulan Juli 2017, BRG telah memasang sistem terpadu untuk mengukur nilai beberapa parameter hidrologi dan klimatologi secara *in-situ* pada beberapa lahan gambut di Sumatera Selatan. Penelitian ini dirancang untuk mengkaji dinamika parameter hidrologi dan klimatologi sebagai parameter penting pengendali kebakaran pada lahan gambut di Sumatera Selatan dengan memanfaatkan data hasil pengukuran *in-situ* tersebut dan data hasil pengukuran metoda lain.

Berdasarkan uraian tersebut maka pokok-pokok permasalahan yang akan menjadi fokus kajian dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana dinamika variasi temporal dan spasial parameter klimatologi di lahan gambut Sumatera Selatan? Parameter klimatologi ini mencakup curah hujan dan temperatur yang didapatkan secara *in-situ*.
2. Bagaimana dinamika variasi temporal dan spasial parameter hidrologi di lahan gambut Sumatera Selatan dan hubungannya dengan variasi parameter klimatologi? Parameter hidrologi yang dikaji merupakan data dari pengukuran *in-situ* meliputi *groundwater level*, kelembaban tanah, dan level air sungai.
3. Bagaimana memanfaatkan dan menformulasikan dinamika data klimatologi dan hidrologi lahan gambut ini untuk pengelolaan risiko kebakaran lahan gambut Sumatera Selatan?



### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji dinamika parameter hidrologi dan klimatologi pada lahan gambut di Sumatera Selatan. Secara rinci tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengkaji dinamika variasi temporal dan spasial curah hujan pada lahan gambut di Sumatera Selatan
2. Mengkaji dinamika variasi temporal dan spasial temperatur dekat permukaan tanah lahan gambut di Sumatera Selatan
3. Mengkaji dinamika variasi temporal dan spasial groundwater level pada lahan gambut di Sumatera Selatan
4. Mengkaji dinamika variasi temporal dan spasial kelembaban tanah pada lahan gambut di Sumatera Selatan
5. Mengkaji dinamika variasi temporal dan spasial pasang surut untuk mendapatkan informasi tipe pasut di lahan gambut Sumatera Selatan
6. Mengkaji hubungan antar parameter pengontrol kebakaran pada lahan gambut di Sumatera Selatan
7. Menentukan kecepatan penurunan *groundwater level* pada lahan gambut di Sumatera Selatan
8. Menentukan kecepatan penurunan kelembaban tanah pada lahan gambut di Sumatera Selatan
9. Menentukan *groundwater level* minimal yang harus dipertahankan untuk mengurangi atau bahkan mencegah kebakaran lahan gambut.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap kegiatan pengelolaan lahan gambut di Sumatera Selatan, khususnya informasi yang didapat tentang ketinggian minimal *groundwater level* untuk mengurangi risiko kebakaran lahan. Dengan diketahuinya *groundwater level* minimal diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan bagi pemerintah untuk membuat dan menyusun kebijakan mempertahankan *groundwater level* minimal pada lahan gambut untuk mitigasi bencana kebakaran pada lahan gambut di Sumatera Selatan.



## 1.5 Kebaruan Penelitian

Penelitian-penelitian terdahulu umumnya hanya mengkaji salah satu parameter hidrologi atau parameter klimatologi saja untuk memprediksi kejadian kebakaran pada suatu lahan gambut. Selain itu penelitian tersebut masih menggunakan data pengukuran melalui data satelit *remote sensing* meskipun ada beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan data hasil pengukuran secara *in-situ*. Penelitian yang dilakukan umumnya bukan pada lahan gambut di Sumatera Selatan. Perbandingan antara temuan beberapa penelitian terdahulu dengan kebaruan penelitian ini per tahap penelitian disajikan dalam Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Beberapa referensi yang berkaitan dengan kebaruan penelitian

Referensi	Temuan Terdahulu	Kebaruan Penelitian
<b>Tahap 1</b>		
(Li <i>et al.</i> , 2016)	<b>Data:</b> data <b>modelling CH</b> di Namibia <b>Hasil:</b> adanya korelasi antara CH dengan KT	<b>Data:</b> data penelitian ini adalah data <b><i>in-situ</i> BRG (CH dan T)</b> <b>Hasil:</b> adanya korelasi GWL vs CH
(Atwood <i>et al.</i> , 2016)	<b>Data:</b> data <b>prediksi CH</b> dari NCEP/NCAR	
<b>Tahap 2</b>		
(Abdullahi <i>et al.</i> , 2016)	<b>Data:</b> data <b>manual GWL</b> di Trengganu <b>Hasil:</b> adanya korelasi GWL vs. CH	<b>Data:</b> Data pada penelitian ini adalah data <b><i>in-situ</i> BRG (GWL dan KT)</b> yang dipadukan dengan data <b><i>in-situ</i></b> tentang level muka air Sungai Saleh dan Sungai Sugihan. <b>Hasil:</b> Didapatkan dinamika temporal dan spasial GWL dan KT, serta tipe pasang surut pada lahan gambut.
(Hasibuan <i>et al.</i> , 2015)	<b>Data:</b> data <b><i>in-situ</i> GWL</b> di <b>Tanjung Buyut dan Boombaru</b> <b>Hasil:</b> tipe pasang pada kedua lokasi adalah sama yaitu tipe tunggal.	
(Nurisman <i>et al.</i> , 2012)	<b>Data:</b> data <b><i>in-situ</i> GWL</b> di <b>Tanjung Buyut, Boombaru, Sungai Lais, Upang, dan Selat Jaran.</b> <b>Hasil:</b> tipe pasang pada kelima lokasi adalah sama yaitu tipe tunggal	
(Surbakti., 2012)	<b>Data:</b> data <b><i>in-situ</i> GWL</b> di Muara Sungai Musi <b>Hasil:</b> tipe pasang pada lokasi tersebut adalah tipe tunggal (diurnal)	



<b>Tahap 3</b>		
(Hamada <i>et al.</i> , 2016)	<b>Data:</b> data <b>KT</b> diukur di labaratorium pada sampel data yang diambil dari tanah gambut. <b>Hasil:</b> kecepatan penurunan KT meningkat dengan meningkatnya unsur organik	<b>Data:</b> data penelitian ini adalah data <b>in-situ</b> BRG (CH, GWL, dan KT) dan data hotspots dari MODIS. <b>Hasil:</b> Didapatkan kecepatan penurunan GWL dan KT serta GWL minimal yang harus dipertahankan.
(Li <i>et al.</i> , 2016)	<b>Data:</b> data <b>KT</b> diukur langsung di zona jenuh lahan gambut <b>Hasil:</b> Nilai kecepatan penurunan KT tinggi	
(Syaufina <i>et al.</i> , 2014)	<b>Data:</b> <b>hotspots</b> dan <b>CH</b> dari satelit <b>Hasil:</b> korelasi antara CH dengan hotspots	

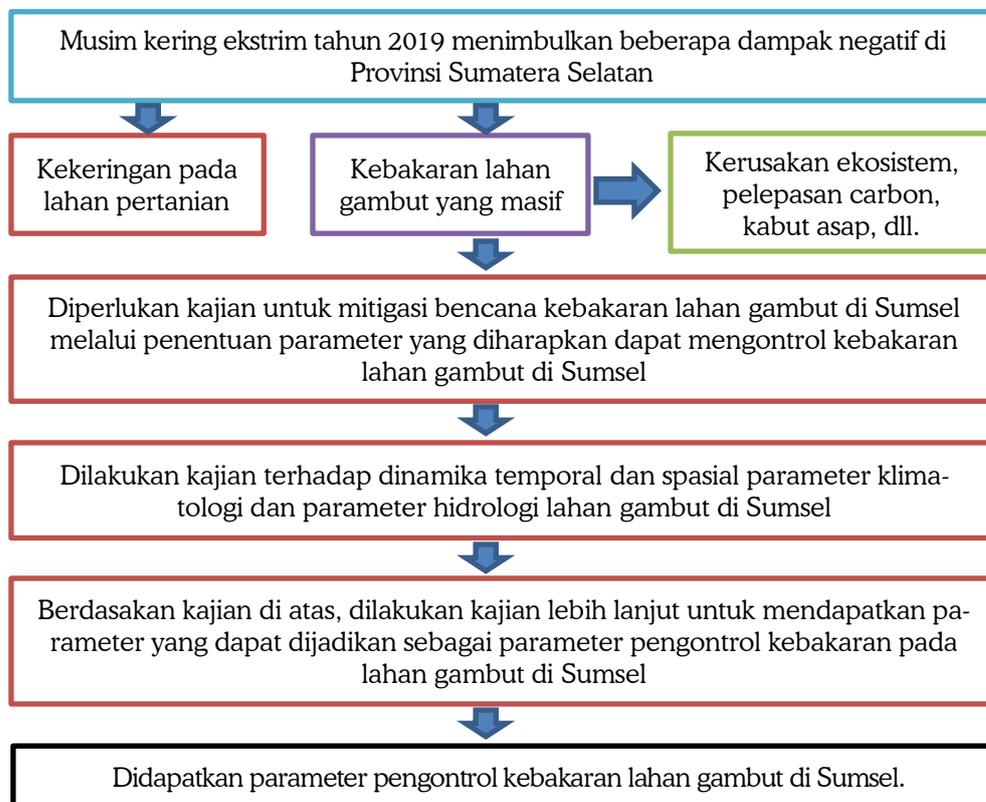
Beberapa bentuk kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini:

1. Penelitian ini merupakan penelitian pertama yang menggunakan data hasil pengukuran *in-situ* yang terpadu dalam satu sistem pengukuran di bawah pengelolaan BRG (SIPALAGA) yang dikombinasikan dengan data hasil *in-situ* tentang level muka air sungai, dan hasil pengukuran satelit MODIS tentang *hotspots* pada lahan gambut di Sumatera Selatan.
2. Informasi tentang tipe pasang surut pada lahan gambut di Sumatera Selatan
3. Kecepatan penurunan *groundwater level* dan kecepatan penurunan kelembaban tanah pada lahan gambut di Sumatera Selatan
4. *Groundwater level* minimal yang harus dipertahankan untuk lahan gambut di Sumatera Selatan.



## 1.6 Kerangka Pikir Penelitian

Alur kerangka pikir penelitian disajikan pada Gambar 1.1 di bawah ini.



Gambar 1.1 Kerangka pikir penelitian



# BAB II

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Lahan Rawa Gambut di Sumatera Selatan

Lahan gambut tropis di dunia meliputi areal seluas  $\pm 40$  juta ha dan  $\pm 50\%$  diantaranya terdapat di Indonesia terutama di Sumatera, Kalimantan dan Papua. Lahan gambut tropis merupakan cadangan karbon yang sangat besar yang harus dijaga kelestariannya. Lahan gambut yang masih alami dapat berfungsi sebagai penyerap karbon yang potensial, sebaliknya apabila gambut mengalami gangguan, misalnya terbakar, karbon yang akan terlepas ke alam juga sangat besar (Kobayashi, 2015; Oshaki *et al.*, 2015; Neoh *et al.*, 2015 & Takeuchi *et al.*, 2015).

Sebagian wilayah di Provinsi Sumatera Selatan yang mencakup sekitar 87.017 km<sup>2</sup> adalah tanah rawa yang tersebar di bagian timur wilayah Sumsel, mulai dari kabupaten Musirawas, Musi Banyu Asin, Ogan Komering Ilir, Muaraenim, dan Banyuasin. Menurut Direktorat Jenderal Irigasi, rawa-rawa yang memiliki potensi pertanian di Provinsi Sumatera Selatan adalah  $\pm 1.602.490$  ha, terdiri dari rawa pasang surut sekitar 961.000 ha dan rawa non-pasang surut  $\pm 641.490$  ha. Sebagian besar lahan rawa (1,25 juta ha) adalah lahan rawa gambut. Saat ini, hutan rawa gambut adalah salah satu jenis lahan basah yang paling terancam dengan tekanan dari berbagai kegiatan (Ananto, 2007).

Adapun sebaran luasan lahan gambut di beberapa kabupaten di Sumsel tercantum pada Tabel 2.1. Pada tabel tersebut terlihat bahwa tiga kabupaten dengan sebaran lahan gambut terluas adalah Ogan Komering Ilir, Musi Banyu Asin, dan Banyu Asin. Pada musim kemarau ekstrim, lahan gambut di tiga kabupaten ini menjadi sumber utama kebakaran lahan di Sumsel (Apriani *et al.*, 2015).



Tabel 2.1 Sebaran lahan gambut di Sumatera Selatan

No.	Sebaran Lahan Gambut di Kabupaten	Luas	
		(ha)	(%)
1	Banyu Asin	283.568,65	22,57
2	Muara Enim & PALI	45.286,77	3,60
3	Musi Banyu Asin	298.131,42	23,73
4	Musi Rawas & MURATARA	58.632,36	4,67
5	Ogan Komering Ilir	570.883,14	45,43
<b>Total</b>		<b>1.256.502,14</b>	<b>100,00</b>

Sumber: Apriani *et al*, 2015

Karakteristik ekologis dan peran lahan gambut adalah (Ananto, 2007):

1. Lahan gambut adalah formasi hutan hujan tropis basah yang memiliki tingkat kelembaban yang sangat tinggi, merupakan ekosistem yang rentan terhadap gangguan eksternal dan sulit untuk dipulihkan dengan tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi.
2. Lahan gambut kering memiliki sifat sangat mudah terbakar, kebakaran gambut bawah permukaan akan sulit dipadamkan dan dapat merusak struktur gambut, mengurangi tingkat permeabilitas pada lapisan permukaan dan menyebabkan lahan gambut mengering dan mengurangi ketinggian kubah gambut.
3. Lahan gambut memainkan peran penting dalam menyimpan karbon.
4. Ada dua bentuk sistem lahan gambut, yaitu: lautan aluvial dengan tekstur tanah mineral dan lapisan gambut tipis, dan rawa belakang yang membentuk kubah gambut yang lebih tebal.
5. Kanalisasi dapat menyebabkan risiko kekeringan jika tidak diimbangi dengan kontrol air yang baik dan benar.
6. Rehabilitasi di kawasan lahan gambut yang sudah rusak parah adalah sangat sulit dan mahal, sehingga dana tidak dapat disediakan hanya dari anggaran pemerintah atau partisipasi masyarakat/swadaya.

Tipe suatu lahan gambut dapat dibedakan berdasarkan jenis kematangannya. Kematangan gambut diartikan sebagai tingkat pelapukan bahan organik yang menjadi komponen utama dari tanah gambut. Kematangan gambut sangat menentukan tingkat produktivitas lahan gambut, karena sangat berpengaruh terhadap tingkat kesuburan tanah gambut, dan ketersediaan hara. Ketersediaan hara pada lahan gambut yang lebih



matang relatif lebih tinggi dibandingkan lahan gambut mentah. Struktur gambut yang relatif lebih matang juga lebih baik, sehingga lebih menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, tingkat kematangan gambut merupakan karakteristik fisik tanah gambut yang menjadi faktor penentu kesesuaian gambut untuk pengembangan pertanian. Berdasarkan tingkat kematangannya, gambut dibedakan menjadi saprik (matang), hemik (setengah matang), dan fibrik (mentah). Tingkat kematangan lahan gambut di Sumatera Selatan umumnya adalah hemik (Wahyunoto *et al.*, 2004).

*Fibrik* adalah bahan organik dengan tingkat penguraian yang masih rendah, kandungan serabut sangat banyak, kerapatan jenis  $< 0,1 \text{ g/cm}^3$ , kadar air tinggi dan berwarna kuning sampai pucat. *Hemik* adalah bahan organik dengan tingkat penguraian menengah, kandungan serabut masing banyak, kerapatan jenis  $0,07\text{--}0,18 \text{ g/cm}^3$ , kadar air tinggi dan berwarna cokelat muda sampai tua. *Saprik* adalah bahan organik dengan tingkat penguraian lanjut, kandungan serabut sedikit, kerapatan jenis  $> 0,2 \text{ g/cm}^3$ , kadar air tidak terlalu tinggi dan berwarna cokelat kelam sampai hitam (Suswati *et al.*, 2011).

Gambut yang terdapat di permukaan (lapisan atas) umumnya relatif lebih matang, akibat laju dekomposisi yang lebih cepat. Namun demikian seringkali juga ditemui gambut matang pada lapisan gambut yang lebih dalam. Hal ini mengindikasikan bahwa gambut terbentuk dalam beberapa tahapan waktu, artinya gambut yang ada pada lapisan dalam pernah berada di posisi permukaan (Dariah *et al.*, 2012).

Ekosistem gambut merupakan ekosistem khas dimana ekosistem ini jika belum terganggu, selalu tergenang air setiap tahunnya. Gambut memiliki manfaat yang khas dibandingkan dengan sumberdaya alam lainnya, karena gambut dapat dimanfaatkan sebagai "lahan" maupun sebagai "bahan" (Ananto, 2007). Hutan rawa gambut memiliki multifungsi, diantaranya:

- sebagai cadangan/penyimpan air (akuifer)
- sebagai penyangga lingkungan/ekologi
- sebagai lahan pertanian
- sebagai habitat flora dan fauna
- sebagai bahan baku briket arang maupun media tumbuh tanaman
- memiliki kemampuan untuk menyimpan/memendam dan menyerap karbon dalam jumlah cukup besar yang berarti dapat membatasi lepasnya gas rumah kaca ke atmosfer.



Lahan gambut kurang bernilai ekonomis tetapi memiliki fungsi ekologis yang sangat penting, seperti fungsi hidrologi yang berperan dalam mengatur aliran dan menyimpan air. Kemampuannya menyerap air yang tinggi menjadikan rawa gambut berperan penting dalam mencegah terjadinya banjir dan mengurangi bahaya banjir.

Pada musim kemarau hutan/lahan di Indonesia sering terbakar. Kebakaran ini umumnya disebabkan oleh manusia, baik disengaja maupun akibat kelalaiannya. Sedangkan sisanya adalah karena alam (petir, larva gunung berapi). Penyebab kebakaran oleh manusia dapat dirinci sebagai berikut:

- a. Konversi lahan: kebakaran yang disebabkan oleh api yang berasal dari kegiatan penyiapan (pembakaran) lahan untuk pertanian, industri, pembuatan jalan, jembatan, bangunan, dan lain lain
- b. Pembakaran vegetasi: kebakaran yang disebabkan oleh api yang berasal dari pembakaran vegetasi yang disengaja namun tidak terkendali sehingga terjadi api lompat, misalnya: pembukaan areal HTI dan perkebunan, dan penyiapan lahan oleh masyarakat
- c. Aktivitas dalam pemanfaatan sumber daya alam: kebakaran yang disebabkan oleh api yang berasal dari aktivitas selama pemanfaatan sumber daya alam. Pembakaran semak belukar yang menghalangi akses mereka dalam pemanfaatan sumber daya alam dan pembuatan api untuk memasak oleh para penebang liar, pencari ikan di dalam hutan. Keteledoran mereka dalam memadamkan api akan menimbulkan kebakaran
- d. Pembuatan kanal-kanal/saluran-saluran di lahan gambut: saluran-saluran ini umumnya digunakan untuk sarana transportasi kayu hasil tebangan maupun irigasi. Saluran yang tidak dilengkapi pintu kontrol air yang memadai menyebabkan lari/lepasnya air dari lapisan gambut sehingga gambut menjadi kering dan mudah terbakar
- e. Penguasaan lahan: api sering digunakan masyarakat lokal untuk memperoleh kembali hak-hak mereka atas lahan atau bahkan menjarah lahan "tidak bertuan" yang terletak di dekatnya.

## 2.2 Parameter Klimatologi

Parameter klimatologi yang dimaksud pada penelitian ini adalah besaran fisika yang terdiri atas curah hujan (CH) dan temperatur dekat permukaan tanah (T). Parameter ini merupakan parameter yang diperkirakan terkait erat dengan kejadian kebakaran di lahan gambut sehingga diharapkan dapat dijadikan sebagai parameter pengontrol kebakaran pada lahan gambut.



### 2.2.1 Curah Hujan

Curah Hujan merupakan ketinggian air hujan yang jatuh pada tempat yang datar dengan asumsi tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. CH 1 (satu) mm adalah air hujan setinggi 1 (satu) mm yang jatuh (tertampung) pada tempat yang datar seluas 1 m<sup>2</sup> dengan asumsi tidak ada yang menguap, mengalir dan meresap. Definisi curah hujan atau yang sering disebut presipitasi dapat juga diartikan jumlah air hujan yang turun di daerah tertentu dalam satuan waktu tertentu. Jumlah curah hujan merupakan volume air yang terkumpul di permukaan bidang datar dalam suatu periode tertentu (harian, mingguan, bulanan, atau tahunan) (Sari *et al.*, 2014).

Berdasarkan ukuran butirannya, klasifikasi hujan dibedakan menjadi empat yaitu (Fauzan, 2019):

1. Gerimis atau *drizzle* merupakan presipitasi hujan dengan jumlah sedikit bahkan bisa disebut ringan yang umumnya memiliki diameter kurang dari 0.5 mm.
2. Hujan salju atau *snow* merupakan hujan dari kristal-kristal kecil air yang menjadi es dan memiliki temperatur di bawah titik beku.
3. Hujan batu es merupakan batu es yang turun dari awan yang memiliki temperatur dibawah 0° Celcius yang terjadi pada cuaca panas.
4. Hujan deras atau *rain* merupakan curahan air yang memiliki butiran kurang lebih 7 mm dan berasal dari awan yang memiliki temperatur di atas 0°.

Proses pembentukan hujan termasuk ke dalam siklus hidrologi dimana air sebagai material utama yang mengalami siklus. Sedangkan temperatur, cahaya matahari, dan angin merupakan unsur yang berpengaruh dalam proses pembentukan hujan. Hujan terjadi melalui proses yang tidak sederhana.

Matahari merupakan sumber energi terbesar yang menyinari bumi secara terus menerus. Efek dari energi matahari yang besar tersebut menjadi awal mula terjadinya hujan di permukaan bumi. Panas yang ditimbulkan dari pancaran matahari menyebabkan semua benda yang mengandung air, kandungan airnya menguap ke udara. Penguapan bisa terjadi dari badan air (laut, danau, sungai dan lainnya), daratan, serta makhluk hidup seperti tumbuhan maupun hewan. Proses perubahan wujud dari zat cair menjadi gas disebut dengan proses penguapan.

Uap air yang tercipta dari proses penguapan akan terus naik ke atmosfer hingga ketinggian tertentu dan mengalami kondensasi. Kondensasi merupakan perubahan wujud dari uap menjadi cair. Udara yang berkondensasi akan membentuk butiran air dalam ukuran tertentu. Peristiwa kondensasi ini terjadi ketika temperatur di sekitar uap air lebih rendah dari pada titik embun uap air. Temperatur yang rendah menyebabkan uap air berubah menjadi embun. Embun terbentuk karena udara menjadi dingin dan udara



sudah tidak dapat menampung semua uap air yang ada, maka uap air tersebut akan berubah menjadi embun.

Dengan adanya tiupan angin, awan tersebut bergerak ke lain tempat. Lalu awan tersebut akan mengumpul dan terbentuklah awan yang lebih besar. Awan yang terkumpul akan bergerak ke tempat yang lebih dingin dan membuat air yang terkandung menjadi jenuh. Akibatnya warnanya menjadi semakin kelabu. Awan yang jenuh membuat titik-titik air semakin berat. Akibatnya titik-titik air tidak dapat terbendung lagi dan membuat butiran-butiran air jatuh ke permukaan bumi yang biasa disebut dengan hujan.

Curah hujan di Indonesia berdasarkan pola umumnya, dibedakan menjadi 3 tipe, yaitu (Fauzan, 2019):

1. Tipe ekuatorial berhubungan dengan pergerakan zona konvergensi ke arah Selatan dan arah Utara yang mengikuti pergerakan semu matahari, yang dicirikan oleh dua kali curah hujan maksimum bulanan dalam satu tahun. Zona ini disebut dengan Daerah Konvergensi Antar Tropik (DKAT) atau *Inter-tropical Convergence Zone* (ITCZ). Keberadaan ITCZ akan mempengaruhi curah hujan pada berbagai tempat yang dilalui ITCZ. Pada bulan Maret dan bulan September, ITCZ berada di garis equator dan menyebabkan peningkatan peluang terjadinya hujan di daerah tersebut. Wilayah Indonesia yang mengikuti pola ini adalah sebagian besar wilayah Sumatera dan Kalimantan.
2. Tipe monsoon dipengaruhi oleh angin darat dan angin laut dalam skala yang sangat luas. Monsun Barat biasanya lebih lembab dan menimbulkan hujan lebih banyak daripada Monsun Timur. Pola monsoon biasanya mempunyai ciri-ciri adanya perbedaan yang sangat jelas antara curah hujan pada musim hujan dan musim kemarau dalam periode satu tahun. Monsun Timur udara bergerak dengan jarak yang pendek di atas laut sehingga kandungan uap airnya lebih sedikit. Sedangkan monsun Barat bergerak dengan jarak yang jauh di atas laut sehingga massa udaranya lebih banyak mengandung uap air. Tipe hujan ini sangat berpengaruh di Pulau Nusa Tenggara seperti Kupang, Bali, dan Jawa.
3. Tipe lokal dicirikan oleh pengaruh kondisi lingkungan setempat yang kuat, seperti keberadaan laut dan badan air, pegunungan, serta pemanasan matahari yang lebih intensif. Faktor pembentuknya diakibatkan oleh naiknya udara ke pegunungan atau dataran tinggi karena terjadi pemanasan lokal yang tidak seimbang. Tipe hujan ini banyak terjadi di Maluku, sebagian Sulawesi seperti Manado dan Papua. Jumlah curah hujan tahunan rata-rata yang turun di berbagai tempat di Indonesia berkisar antara 500 mm sampai lebih dari 5000 mm.



### 2.2.2 Temperatur Permukaan Tanah

Temperatur adalah besaran yang menyatakan derajat panas atau dingin suatu benda. Pada penelitian ini temperatur yang dimaksud adalah derajat panas udara di dekat permukaan lahan gambut yang disebut temperatur permukaan. Besaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah derajat Celcius.

Temperatur permukaan tanah adalah salah satu parameter kunci keseimbangan energi pada permukaan dan merupakan variabel klimatologis yang utama. Data temperatur permukaan digunakan sebagai data masukan dalam model perhitungan salah satunya untuk kebakaran. Besarnya temperatur permukaan tergantung pada kondisi parameter permukaan lainnya seperti kelembaban permukaan. Temperatur permukaan tanah didefinisikan sebagai emisi termal dari tanah, termasuk tumbuhan dan permukaan tanah yang gundul. Temperatur permukaan didefinisikan sebagai temperatur bagian terluar dari suatu objek (Prasasti *et al.*, 2010).

Temperatur permukaan suatu objek adalah tidak sama, tergantung pada sifat fisik permukaan objek. Sifat fisik objek tersebut adalah emisivitas, kapasitas panas jenis dan konduktivitas thermal. Jika suatu objek memiliki emisivitas dan kapasitas panas jenis yang tinggi sedangkan konduktivitas termalnya rendah maka temperatur permukaannya akan menurun, contohnya pada permukaan air. Sedangkan jika suatu objek memiliki emisivitas dan kapasitas panas jenis yang rendah dan konduktivitas termalnya tinggi maka temperatur permukaan akan meningkat, contohnya pada permukaan darat. Temperatur permukaan lahan diambil dari data satelit dapat digunakan untuk memvalidasi dan meningkatkan model prediksi meteorologi global setelah melakukan penggabungan parameter yang tepat (Price, 1982). Temperatur permukaan didefinisikan oleh radiasi yang dipancarkan oleh permukaan tanah yang diamati oleh satelit MODIS.

## 2.3 Parameter Hidrologi

Parameter hidrologi yang dimaksud pada penelitian ini adalah *groundwater level* (GWL), kelembaban tanah (KT), dan pasang surut (pasut). Parameter ini juga diperkirakan terkait erat dengan kejadian kebakaran di lahan gambut sehingga diharapkan dapat dijadikan sebagai parameter pengontrol kebakaran pada lahan gambut.

### 2.3.1 Groundwater Level

*Groundwater level* yang dalam hal ini digunakan adalah pengukuran posisi permukaan air terhadap permukaan tanah sebagai acuan (Sulaiman *et al.*, 2017). Salah satu parameter kunci dalam pengelolaan lahan gambut adalah air, yang dinyatakan dalam besaran GWL lahan gambut. Naik turunnya GWL dari suatu lahan gambut berkaitan erat dengan dekomposisi material penyusun gambut, kondisi tutupan dan hidrologisnya. Selain itu



faktor eksternal seperti dinamika curah hujan dan intensitas sinar matahari. Pada saat GWL turun, maka dekomposisi gambut meningkat dan akan melepaskan karbon ke atmosfer. Disamping itu, keadaan gambut akan menjadi kering dan berperan sebagai bahan yang siap dibakar ataupun terbakar' sehingga daerah tersebut menjadi rawan kebakaran (Tata *et al.*, 2013).

Ekosistem rawa gambut merupakan salah satu prioritas penanganan bagi pemerintah Indonesia. Setelah kebakaran besar tahun 2015, pemerintah mulai berupaya merestorasi lahan rawa gambut yang bermasalah dengan mengeluarkan Peraturan Pemerintah No 57 Tahun 2016. PP tersebut merupakan revisi dari PP No 71 Tahun 2014 mengenai Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Rawa Gambut. Beberapa upaya yang telah dilakukan dari tahun 2015 hingga 2017 mampu menurunkan laju kebakaran lahan gambut atas kerjasama Kementerian Lingkungan Hidup dengan perusahaan swasta seperti membuat sekat kanal, sumur bor, dan embung di kawasan tersebut. Salah satu pasal dalam PP No 57 Tahun 2017 menyebutkan bahwa tinggi muka air tanah (*Groundwater level*) yang lebih dari 40 cm dibawah permukaan gambut dapat menyebabkan kerusakan fungsi budidaya.

Solusi yang dapat dilakukan untuk mempertahankan kondisi tinggi muka air tanah gambut yang optimal untuk ekosistem gambut ialah pada lahan bekas kebakaran perlu dilakukan perbaikan tata air dengan berbagai cara seperti membangun sekat kanal dan embung atau kolam penampungan air secara sederhana. Selain itu juga perlu melakukan normalisasi kanal di lahan-lahan bekas terbakar pada areal rawa gambut milik masyarakat. Sekat kanal dapat dilengkapi dengan pintu air sehingga saat musim penghujan pintu air dibuka untuk menampung air sebanyak banyaknya agar masuk ke lahan dan mengisi kanal, sebaliknya saat musim kemarau pintu air ditutup supaya air tetap tersimpan di kanal sehingga lahan tetap basah karena muka air terjaga.

### **2.3.2 Kelembaban Tanah**

Kelembaban tanah adalah perbandingan antara volume air dan volume material pada suatu lahan gambut yang satuannya dinyatakan dalam persen (%). KT yang sangat rendah dapat menimbulkan permasalahan karena permukaan tanah menjadi kering dan mudah terbakar. Pengukuran kelembaban tanah secara akurat dan tepat waktu merupakan kegiatan yang sangat penting dalam memantau bencana alam khususnya banjir dan kekeringan (Desember *et al.*, 2017).

Kelembaban tanah adalah kompartemen hidroekologi utama, yang secara dinamis merespon urutan proses kompleks di dalam tanah. Kelembaban tanah adalah salah satu karakteristik umum terpenting dari tanah. Pertumbuhan dan perkembangan biota, laju proses tanah, akumulasi dan penghilangan senyawa organik dan anorganik sebagian besar bergantung pada kelembaban tanah. Kelembaban tanah memiliki nilai yang sangat



bervariasi dari waktu ke waktu. Ini tergantung pada penerimaan curah hujan, irigasi, dan air tanah di dalam tanah dan konsumsi air dari tanah melalui penguapan, transpirasi, dan limpasan. Keseimbangan kelembaban tanah ditentukan oleh iklim, posisi tanah dalam lanskap, jenis vegetasi, aktivitas manusia, dan musim. Selain itu, kelembaban tanah bergantung pada sifat-sifat tanah: kapasitas air, permeabilitas air, dan keterbasahan. Kelembaban tanah menentukan efisiensi tanaman, dan mengatur keanekaragaman spesies kompleks, kebun binatang, dan mikroba (Larisa *et al.*, 2017).

Saat mengukur kadar air, harus mempertimbangkan dinamisme khusus dari hubungannya dengan temperatur udara dan tanah, jumlah curah hujan, distribusi yang tidak merata di permukaan tanah, dan profil tanah. Untuk mendapatkan data yang akurat tidak hanya perlu metode tradisional, tetapi juga baru, berdasarkan pengukuran sampel yang tidak terusik di lapangan. Data yang diperoleh dengan metode yang berbeda mungkin berbeda dalam pengukuran; Hasil mungkin berbeda tidak hanya berdasarkan metode dan kesalahan tetapi juga karena variabilitas spasial yang tinggi dari distribusi air di tanah alami (Larisa *et al.*, 2017).

### 2.3.3 Pasang Surut

Pasang surut (pasut) merupakan salah satu gejala alam yang tampak nyata di laut, yakni suatu gerakan vertikal (naik turunnya air laut secara teratur dan berulang-ulang) dari seluruh partikel massa air laut dari permukaan sampai bagian terdalam dari dasar laut. Gerakan tersebut disebabkan oleh pengaruh gravitasi (gaya tarik menarik) antara bumi dan bulan, bumi dan matahari, atau bumi dengan bulan dan matahari (Surinati, 2007).

Pasang surut laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal, yakni dorongan ke arah luar pusat rotasi. Hukum gravitasi Newton menyatakan, bahwa semua massa benda tarik menarik satu sama lain dan gaya ini tergantung pada besar massanya, serta jarak di antara massa tersebut. Gravitasi bervariasi secara langsung dengan massa, tetapi berbanding terbalik terhadap jarak. Sejalan dengan hukum di atas, dapat dipahami bahwa meskipun massa bulan lebih kecil dari massa matahari tetapi jarak bulan ke bumi jauh lebih kecil, sehingga gaya tarik bulan terhadap bumi pengaruhnya lebih besar dibanding matahari terhadap bumi. Kejadian yang sebenarnya dari gerakan pasang air laut sangat berbelit-belit, sebab gerakan tersebut tergantung pula pada rotasi bumi, angin, arus laut dan keadaan-keadaan lain yang bersifat setempat. Gaya tarik gravitasi menarik air laut ke arah bulan dan matahari dan menghasilkan dua tonjolan (*bulge*) pasang surut gravitasional di laut (Surinati, 2007).

Pasang-surut purnama terjadi ketika bumi, bulan dan matahari berada dalam suatu garis lurus (matahari dan bulan dalam keadaan oposisi). Pada saat itu, akan dihasilkan pasang tinggi yang sangat tinggi dan pasang rendah yang sangat rendah, karena



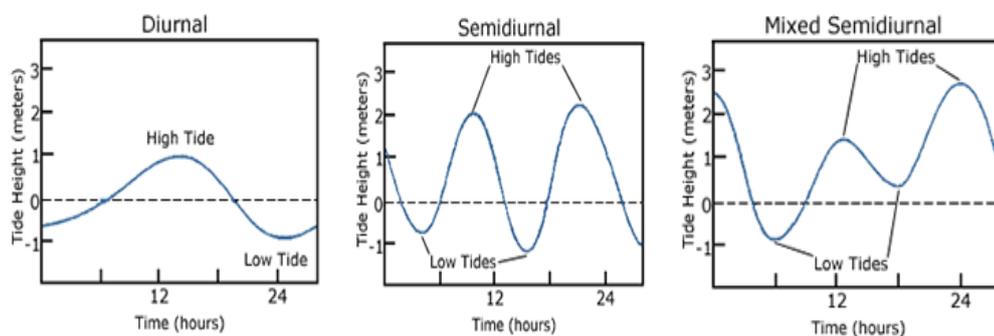
kombinasi gaya tarik dari matahari dan bulan bekerja saling menguatkan. Pasang-surut purnama ini terjadi dua kali setiap bulan, yakni pada saat bulan baru dan bulan purnama.

Pasang-surut perbani terjadi ketika bumi, bulan dan matahari membentuk sudut tegak lurus, yakni saat bulan membentuk sudut  $90^\circ$  dengan bumi. Pada saat itu akan dihasilkan pasang tinggi yang rendah dan pasang rendah yang tinggi. Pasang-surut perbani ini terjadi dua kali, yaitu pada saat bulan  $1/4$  dan  $3/4$  (Surinati, 2007).

Pasut dapat didefinisikan pula sebagai gelombang yang dibangkitkan oleh adanya interaksi antara bumi, matahari dan bulan. Puncak gelombang disebut pasang tinggi dan lembah gelombang disebut surut/pasang rendah. Perbedaan vertikal antara pasang tinggi dan pasang rendah disebut rentang pasang-surut atau tunggang pasut (*tidal range*) yang bisa mencapai beberapa meter hingga puluhan meter. Periode pasang-surut adalah waktu antara puncak atau lembah gelombang ke puncak atau lembah gelombang berikutnya. Periode pasang surut bervariasi antara 12 jam 25 menit hingga 24 jam 50 menit (Surinati, 2007).

Ada tiga tipe dasar pasang surut yang didasarkan pada periode dan keteraturannya, yaitu sebagai berikut (Hasibuan *et al.*, 2015):

1. Pasang surut tipe harian tunggal (*diurnal type*): yakni bila dalam waktu 24 jam terdapat 1 kali pasang dan 1 kali surut.
2. Pasang surut tipe tengah harian/harian ganda (*semi diurnal type*): yakni bila dalam waktu 24 jam terdapat 2 kali pasang dan 2 kali surut.
3. Pasang surut tipe campuran (*mixed tides*): yakni bila dalam waktu 24 jam terdapat bentuk campuran yang condong ke tipe harian tunggal atau condong ke tipe harian ganda.



Gambar 2.1 Tiga tipe dasar pasang surut diadaptasi dari [https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial\\_tides/tides07\\_cycles.html](https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_tides/tides07_cycles.html)

Pasang surut (pasut) di berbagai lokasi mempunyai ciri yang berbeda karena dipengaruhi oleh topografi dasar laut, lebar selat, bentuk teluk dan sebagainya.



Di beberapa tempat, terdapat beda antara pasang tertinggi dan surut terendah (rentang pasut), bahkan di Teluk Fundy (Kanada) bisa mencapai 20 meter. Proses terjadinya pasut memang merupakan proses yang sangat kompleks, namun masih bisa diperhitungkan dan diramalkan. Pasut dapat diramalkan karena sifatnya periodik, dan untuk meramalkan pasut, diperlukan data amplitudo dan beda fasa dari masing-masing komponen pembangkit pasut. Ramalan pasut untuk suatu lokasi tertentu kini dapat dibuat dengan ketepatan yang cukup cermat (Nontji, 2005).

Tipe pasang surut pada lokasi penelitian ini ditentukan secara kuantitatif dengan menghitung nilai bilangan Formzahl, yakni bilangan yang dihitung dari nilai perbandingan antara amplitudo (tinggi gelombang) komponen harmonik pasang surut tunggal utama dan amplitudo komponen harmonik pasang surut ganda utama. Secara matematis bilangan Formzahl diformulasikan sebagai berikut (Fadilah *et al.*, 2014):

$$F = \frac{AO_1 + AK_1}{AM_2 + AS_2} \quad (2.1)$$

dengan:

$F$  = Bilangan Formzahl

$AK_1$  = Amplitudo komponen utama pasut tunggal yang disebabkan oleh gaya tarik matahari

$AO_1$  = Amplitudo komponen pasut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan

$AS_2$  = Amplitudo komponen pasut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari

$AM_2$  = Amplitudo komponen pasut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan

Kriteria tipe pasut adalah, jika nilai  $F$ :

$F \leq 0.25$  = pasut tipe ganda (semi diurnal)

$0.25 < F \leq 1.50$  = pasut tipe campuran dengan tipe ganda lebih dominan

$1.50 < F \leq 3.00$  = pasut tipe campuran dengan tipe tunggal lebih dominan

$F \geq 3.00$  = pasut tipe tunggal (diurnal)



## 2.4 Titik Api (Hotspots)

Titik api merupakan titik-titik panas di permukaan bumi, dimana titik-titik tersebut merupakan indikasi adanya kebakaran hutan dan lahan. Titik api didefinisikan sebagai titik-titik pada citra (*pixel* atau *sub pixel*) yang mempunyai temperatur sangat tinggi ( $T_h$ ) dan berhubungan dengan *active fire* (kobaran api) di permukaan bumi. Suatu *pixel* dianggap sebagai *hotspots* apabila  $T_h > 360$  K pada siang hari atau  $T_h > 320$  K pada malam hari (Handayani *et al.*, 2014; Parwati *et al.*, 2016; Bartel *et al.*, 2017).

Daerah sekitar lokasi titik api merupakan daerah yang rawan terhadap kebakaran. Penginderaan jauh merupakan salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mendapatkan informasi tentang objek atau wilayah, menganalisis data tersebut tanpa harus berhubungan langsung, salah satunya digunakan untuk mendapatkan informasi tentang titik api melalui teknologi penginderaan jauh. Salah satu dari teknologi penginderaan jauh adalah satelit *Terra* MODIS. Satelit *Terra* yang membawa sensor MODIS merupakan satelit pengamatan lingkungan yang dapat digunakan untuk ekstraksi data temperatur permukaan yang bersifat regional (Wang *et al.*, 2012; Vetrina *et al.*, 2012; Kirana *et al.*, 2016; Iriana *et al.*, 2018).

Kebakaran lahan dan hutan merupakan suatu kejadian yang sering terjadi di wilayah Indonesia, khususnya di Pulau Sumatera dan Kalimantan. Kebakaran hutan merupakan salah satu penyebab berkurangnya kualitas ekosistem alam, seperti kerusakan lahan hutan dan vegetasi serta perubahan komposisi ekosistem hutan (Chuvienco *et al.*, 2009), serta gangguan kesehatan masyarakat sekitar lokasi kebakaran (Ferguson *et al.*, 1998), sehingga kebakaran hutan ini merupakan ancaman potensial bagi pembangunan yang berkelanjutan. Bencana yang terjadi di musim kemarau menyebabkan kerusakan ekosistem dan kerugian aspek ekonomi, sosial dan budaya. Tercatat bahwa kebakaran lahan dan hutan merupakan suatu kejadian yang selalu berulang di wilayah Indonesia, khususnya di Sumatera dan Kalimantan.

Kejadian kebakaran lahan dan hutan dengan intensitas yang tinggi di Indonesia khususnya pulau Sumatera dan Kalimantan pada tahun 1982 sampai dengan 1983 bertepatan dengan kejadian El Niño kuat. El Niño merupakan fenomena global yang menjadi salah satu penyebab kekeringan di Indonesia. Beberapa studi menyimpulkan bahwa keragaman curah hujan di Indonesia dipengaruhi oleh variabilitas antar tahunan yang disebut sebagai El Niño -Southern Oscillation. Selain kejadian El Niño tahun 1982-1983, kebakaran hebat juga terjadi pada kejadian El Niño 1987, 1991, 1994 dan 1997 hingga 1998 (Bowen *et al.*, 2001 & van der Werf, 2008).

Periode 2006 sampai dengan 2010 NOAA mencatat puncak jumlah titik hotspots dan kebakaran hutan di Indonesia sebanyak 146.264 titik dengan luas kebakaran hutan 32.200 ha. Kebakaran yang hebat dan sulit dikendalikan umumnya terjadi di lahan



gambut. Dampak kebakaran hutan dan lahan berpengaruh secara langsung dan tidak langsung terhadap manusia dan lingkungannya baik di Indonesia maupun luar negeri (Marlier *et al.*, 2015). *Asian Development Bank* (1999) melaporkan bahwa kerugian akibat kebakaran lahan dan hutan pada tahun 1997/1998 mencapai sebesar 10 milyar dolar AS. Kebakaran tersebut meliputi lahan gambut seluas sekitar 13.450 ha dan kebakaran lahan pertanian seluas 6.069 ha. Selain itu, kebakaran pada tahun 2015 juga menyebabkan kerugian ekonomi sebesar USD 16 milyar (WBG, 2016). Tidak hanya kerugian ekonomi, tetapi juga mempengaruhi kesehatan masyarakat (Watts *et al.*, 2012) dan mengganggu hubungan diplomatik Indonesia dengan negara tetangga, seperti Singapura dan Malaysia. Indonesia telah meratifikasi perjanjian ASEAN dalam pencemaran asap lintas batas (*ASEAN agreement on transboundary haze pollution*) pada tanggal 16 September 2014, sehingga berkewajiban untuk mencegah terjadi kebakaran dan asap yang dapat menimbulkan pencemaran asap di Asia Tenggara (Setyaki *et al.*, 2013).

Informasi kebakaran dengan deteksi titik api dapat dilakukan dengan memanfaatkan kanal-kanal yang ada pada data MODIS. MODIS dirancang untuk dapat memberikan informasi yang meyakinkan tentang lokasi titik api yang memiliki kemungkinan paling tinggi dan tepat dan dapat memberikan pemantauan kebakaran hutan secara multitemporal. MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) adalah sensor utama pada satelit Terra dan satelit Aqua yang mengorbit bumi secara polar (arah Utara-Selatan) pada ketinggian 705 kilometer dan melewati garis khatulistiwa pada jam 10.30 dan pada jam 22.30 waktu lokal. Lebar cakupan lahan pada permukaan bumi setiap putarannya sekitar 2.330 kilometer. Pantulan gelombang elektromagnetik yang diterima sensor MODIS sebanyak 36 kanal (36 interval panjang gelombang), mulai dari 0,620  $\mu\text{m}$  sampai 14,385  $\mu\text{m}$ . Sensor MODIS adalah salah satu sensor utama yang dibawa *Earth Observing System* (EOS) *Terra Satellite*, yang merupakan bagian dari program antariksa Amerika Serikat NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Satelit yang diluncurkan pada tahun 1999, kemudian disempurnakan dengan satelit Aqua yang diluncurkan pada tahun 2002 (Justice *et al.*, 2006).

*Hotspots* merupakan titik-titik panas di permukaan bumi, di mana titik-titik tersebut merupakan indikasi adanya kebakaran hutan dan lahan. Data sebaran titik api (*hotspots*) dari citra satelit dapat dijadikan sebagai indikasi kebakaran hutan/lahan, baik kebakaran tajuk (*Crown fire*), kebakaran permukaan (*Surface fire*) maupun kebakaran bawah (*Ground fire*). Daerah sekitar lokasi *hotspots* merupakan daerah yang rawan terhadap kebakaran (Thoha, 2006).



# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Kajian

Lokasi kajian penelitian ini adalah pada beberapa lahan gambut di Kabupaten Ogan Komering Ilir (OKI) dan Kabupaten Banyuasin, di Sungai Sugihan, dan di Sungai Saleh yang terdapat di provinsi Sumatera Selatan. Pada lahan gambut tersebut terpasang suatu stasiun pengukuran milik BRG untuk mengukur parameter CH, GWL, KT dan T. Pada penelitian ini data diambil dari 9 stasiun, yang terdiri atas: 6 stasiun terdapat di Kabupaten OKI, 2 stasiun di Kabupaten Banyu Asin, dan 1 stasiun di Kabupaten Musi Banyu Asin. Nama stasiun dan titik koordinatnya ditampilkan pada Tabel 3.1. Penelitian ini juga mengukur secara langsung di lapangan data level air sungai pada dua titik pengukuran masing-masing di Sungai Saleh dan Sungai Sugihan. Adapun titik koordinatnya tercantum pada Tabel 3.2. Peta lokasi kajian ditampilkan pada Gambar 3.1.

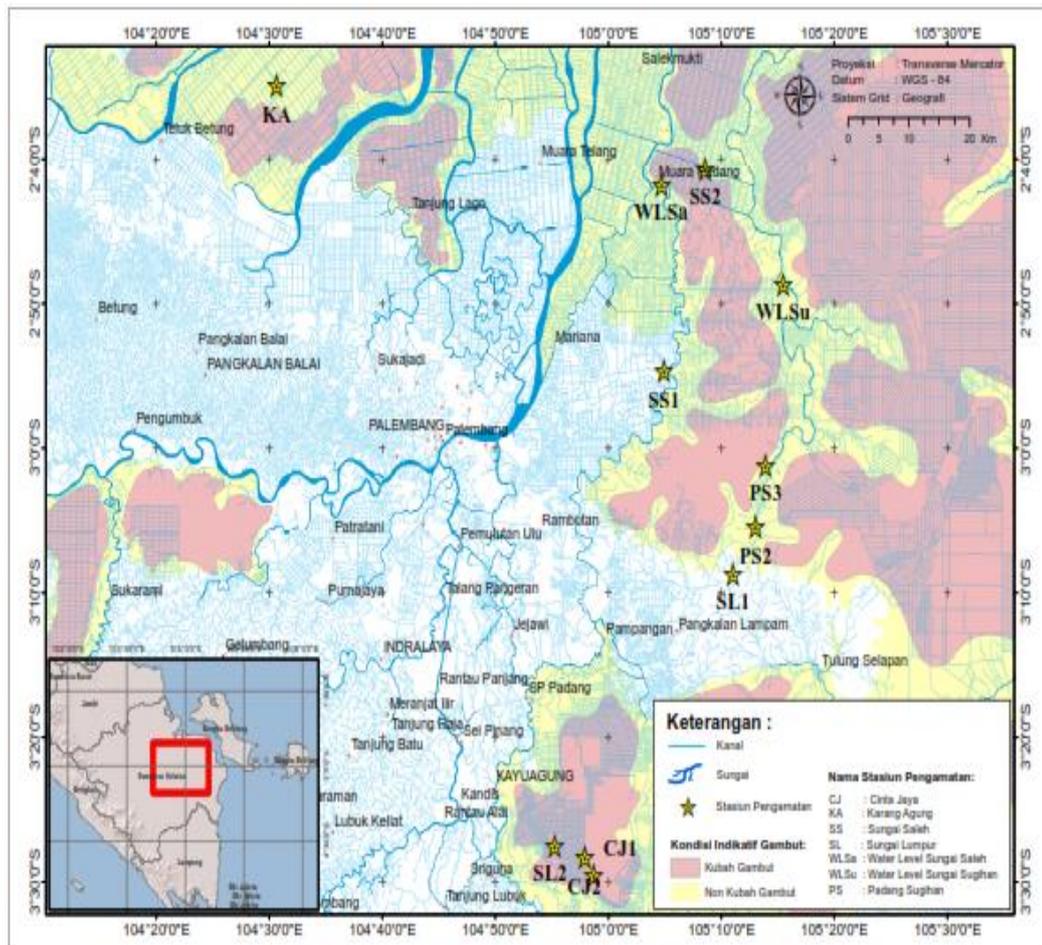
Tabel 3.1 Nama stasiun penelitian dan koordinatnya.

NO.	NAMA STASIUN	KOORDINAT	KETERANGAN
1	Sungai Saleh-1 (SS1)	-2.911, 105.082	Kab. BA
2	Sungai Saleh-2 (SS2)	-2.677, 105.143	s.d.a.
3	Sungai Lumpur-1 (SL1)	-3.144, 105.184	Kab. OKI
4	Sungai Sungai Saleh-1 (SL2)	-3.458, 104.921	s.d.a.
5	Cinta Jaya-1 (CJ1)	-3.492, 104.978	s.d.a.
6	Cinta Jaya-2 (CJ2)	-3.472, 104.965	s.d.a.
7	Padang Sugihan-2 (PS2)	-3.091, 105.217	s.d.a.
8	Padang Sugihan-3 (PS3)	-3.020, 105.232	s.d.a.
9	Karang Agung (KA)	-2.582, 104.511	Kab. MUBA



Tabel 3.2 Nama sungai tempat penelitian dan koordinatnya.

NO.	NAMA SUNGAI	KOORDINAT	KETERANGAN
1	Sungai Saleh (WLSa)	-2.696, 105.078	Kab. Banyu Asin
2	Sungai Sugihan (WLSu)	-2.810, 105.258	Kab. OKI



Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian



## 3.2 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah berasal dari data BRG, data satelit MODIS, dan data pengukuran secara langsung di lapangan. Data BRG adalah data pengukuran secara *in-situ* pada beberapa stasiun milik BRG di beberapa lahan gambut di Sumatera Selatan. Parameter yang diukur oleh stasiun BRG terdiri atas curah hujan, temperatur, *groundwater level*, dan kelembaban tanah. Data satelit MODIS milik NASA adalah data *remote sensing* tentang *hotspots* pada lokasi kajian. Data pengukuran secara langsung di lapangan berupa data level air (*water level*) Sungai Saleh dan Sungai Sugihan. Secara rinci data yang digunakan pada penelitian ini tercantum pada Tabel 3.3 berikut ini:

Tabel 3.3 Data yang digunakan dalam penelitian

No.	Jenis Data	Sumber Data/Keterangan	Periode
1	Curah Hujan	BRG/diukur pada lahan gambut	2018-2019
2	GWL	BRG/diukur dari permukaan tanah lahan gambut.	2018-2019
3	<i>Water Level</i> Sungai	Pengukuran secara <i>in-situ</i> di Sungai Saleh dan Sungai Sugihan	2019
4	Temperatur	BRG/diukur sekitar 1,5 m di atas permukaan tanah lahan gambut	2018-2019
5	Kelembaban Tanah	BRG/diukur pada kedalaman 3-5 cm di bawah permukaan tanah lahan gambut	2018-2019
6	<i>Hotspots</i>	MODIS – NASA/ <a href="https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/data">https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/data</a>	2019

## 3.3 Analisis Statistik

Data yang telah diperoleh dianalisis secara statistik melalui analisis regresi, uji  $F$  dan uji  $t$ . Analisis regresi dan uji  $F$  serta uji  $t$  dilakukan untuk mendapatkan signifikansi hubungan antar parameter yang terkait serta untuk mendapatkan persamaan regresi dan koefisien korelasinya ( $r$ ).

### 3.3.1 Analisis Regresi

Regresi adalah suatu metoda statistik yang berfungsi untuk membantu memperkirakan nilai suatu variabel yang tidak diketahui dari satu atau beberapa variabel yang diketahui. Analisis regresi didefinisikan sebagai kajian terhadap hubungan satu variabel yang disebut



variabel yang dipengaruhi atau variabel tidak bebas dengan variabel yang mempengaruhi atau variabel bebas. Metode regresi yang sering digunakan yaitu analisis regresi linier dan non linier. Jika variabel tidak bebas bersifat diskrit, analisis linier tidak layak digunakan karena variabel tidak bebas di dalam metode regresi linier harus bersifat kontinu.

Metode analisis regresi digunakan untuk menghasilkan hubungan antara dua variabel atau lebih dalam bentuk numerik dimana telah diketahui variabel mana yang dipengaruhi dan variabel mana yang mempengaruhinya. Persamaan regresi ini merupakan persamaan garis yang paling mewakili hubungan antara dua variabel tersebut.

Beberapa asumsi statistik yang diperlukan dalam melakukan analisis regresi adalah (Aigwln *et al.*, 205):

- a. Variabel tak bebas merupakan fungsi dari variabel bebas
- b. Variabel bebas diukur tanpa kesalahan.
- c. Tidak ada korelasi antar sesama variabel bebas
- d. Nilai variabel tak bebas harus berdistribusi normal atau mendekati normal.

### 3.3.1.1 Analisis Regresi Linier Sederhana

Dalam memperkirakan hubungan antara dua variabel, terlebih dahulu membuat asumsi mengenai bentuk hubungan yang dinyatakan dalam fungsi tertentu. Dalam beberapa hal, bisa dicek asumsi tersebut setelah hubungan diperkirakan. Regresi linier sederhana memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. Menguji hubungan/korelasi/pengaruh satu variabel bebas terhadap satu variabel terikat.
- b. Melakukan prediksi atau estimasi variabel terikat berdasarkan variabel bebasnya.
- c. Data yang dianalisis harus berupa data yang berskala interval/rasio

Fungsi linier, selain mudah interpretasinya, juga dapat digunakan sebagai **pendekatan (approximation) atas hubungan yang bukan linier (non linear)**. Fungsi linier, mempunyai bentuk persamaan sebagai berikut:

$$y = a + bx, \tag{3.1}$$

dengan  $a$  adalah titik potong dengan sumbu  $y$  dan  $b$  adalah kemiringan garis,  $y$  adalah variabel terikat dan  $x$  adalah variabel bebas. Nilai  $a$  dan  $b$  dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini (Aigwln *et al.*, 2015).



$$a = \frac{(\sum y \sum x^2) - (\sum x \sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}, \quad (3.2)$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x \sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}, \quad (3.3)$$

dengan  $n$  adalah jumlah data. Pada penelitian ini analisis regresi non-linier digunakan pada sub-bab 4.3.6. untuk mencari korelasi antara GWL dengan jumlah hotspots

### 3.3.1.2 Analisis Regresi Linier Berganda

Analisis yang memiliki variabel bebas lebih dari satu disebut analisis regresi linier berganda. Teknik regresi linier berganda digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh signifikan dua atau lebih variabel bebas terhadap variabel terikat. Pada penelitian ini analisis regresi linier berganda digunakan pada sub-bab 4.3.4 tentang apakah curah hujan dan *groundwater level* secara simultan berpengaruh terhadap kelembaban tanah.

Persamaan untuk model regresi linier berganda adalah (Aigwln *et al.*, 2015):

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k, \quad (3.4)$$

dengan:

$y$  = variabel terikat

$x$  = variabel bebas

$a$  = titik potong garis dengan sumbu  $y$

$b_1, b_2, \dots, b_k$  = koefisien bagi variabel  $x_1, x_2, \dots, x_k$

Jika variabel bebasnya hanya terdiri atas 2 variabel saja maka nilai  $a, b_1,$  dan  $b_2,$  dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\sum y = an + b_1\sum x_1 + b_2\sum x_2, \quad (3.5)$$

$$\sum x_1y = a\sum x_1 + b_1\sum x_1^2 + b_2\sum x_1x_2, \quad (3.6)$$

$$\sum x_2y = a\sum x_2 + b_1\sum x_1x_2 + b_2\sum x_2^2, \quad (3.7)$$

dengan  $n$  adalah jumlah data.



### 3.3.1.3 Analisis Regresi Non Linier Sederhana

Analisis yang memiliki variabel bebas dan variabel terikat hanya satu dan bentuk hubungannya tidak linier disebut analisis regresi non-linier sederhana. Ada bermacam-macam regresi non-linier namun yang dipakai pada penelitian ini adalah bentuk polinomial. Pada penelitian ini analisis regresi non-linier digunakan pada sub-bab 4.3.6 untuk mencari korelasi antara GWL dengan jumlah *hotspots*. Persamaan untuk model regresi non-linier sederhana adalah:

$$y = a + bx + cx^2, \quad (3.8)$$

dengan:

$y$  = variabel terikat

$x$  = variabel bebas

$a$  = titik potong garis dengan sumbu  $y$

$b, c$  = kofisien variabel  $x$

Nilai  $a, b,$  dan  $c$  dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\sum y = an + b\sum x + c\sum x^2, \quad (3.9)$$

$$\sum xy = a\sum x + b\sum x^2 + c\sum x^3, \quad (3.10)$$

$$\sum x^2y = a\sum x^2 + b\sum x^3 + c\sum x^4, \quad (3.11)$$

dengan  $n$  adalah jumlah data.

### 3.3.2 Uji $t$

Uji  $t$  adalah salah satu uji statistik yang digunakan untuk menguji kebenaran suatu hipotesis yang menyatakan bahwa diantara dua buah sampel yang diambil dari populasi yang sama tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Uji  $t$  suatu sampel tergolong hipotesis deskriptif. Uji  $t$  digunakan untuk mengetahui apakah variabel-variabel independen secara parsial berpengaruh nyata atau tidak terhadap variabel dependen (Ates et al., 2019; Gerald, 2018; Kim 2015). Pada penelitian ini uji  $t$  digunakan pada sub-bab 4.3.5 tentang kecepatan penurunan KT untuk mengetahui signifikansi korelasi antara GWL dengan kelembaban tanah, dan sub-bab 4.3.6 tentang penentuan nilai GWL minimal untuk mengetahui signifikansi korelasi antara GWL dengan jumlah *hotspots*.



Untuk menguji signifikansi dua jenis data dapat dihitung melalui nilai koefisien korelasi antara kedua data tersebut, yaitu dengan menghitung nilai  $t_{hitung}$  menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t_h = r_{xy} \sqrt{\frac{n-2}{1-r_{xy}^2}}, \quad (3.12)$$

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}}, \quad (3.13)$$

dengan  $r_{xy}$  adalah koefisien korelasi yang diperoleh,  $x$  adalah variabel bebas,  $y$  adalah variabel terikat dan  $n$  adalah jumlah data.

Jika suatu hipotesis mengikuti distribusi normal  $t$  dengan derajat kebebasan ( $df$ ) dan batas kritis distribusi normal  $t$  biasanya pada  $\alpha = 0.05$ , maka kita dapat menentukan nilai  $t_{tabel}$  berdasarkan tabel distribusi  $t$  seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.4. Jika diperoleh nilai  $t_{hitung} > t_{tabel}$  maka hipotesis diterima, yang berarti bahwa antara variabel bebas dan variabel terikat terdapat korelasi yang signifikan (Ates *et al.*, 2019).

### 3.3.3 Uji F

Uji  $F$  digunakan untuk mengetahui apakah variabel-variabel independen secara simultan berpengaruh nyata atau tidak terhadap variabel dependen (Ates *et al.*, 2019; Gerald, 2018; Kim 2015). Pada penelitian ini uji  $F$  digunakan pada sub-bab 4.3.4 tentang apakah curah hujan dan *groundwater level* secara simultan berpengaruh terhadap kelembaban tanah.

Untuk menguji signifikansi korelasi variabel terikat dan variabel bebas jika variabel bebasnya hanya terdiri atas 2 jenis data saja maka dapat menggunakan persamaan berikut:

$$F_h = \frac{R^2/k}{(1-R^2)/(n-k-1)}, \quad (3.10)$$

$$R_{yx_1x_2} = \sqrt{\frac{r_{yx_1}^2 + r_{yx_2}^2 - 2r_{yx_1}r_{yx_2}r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2}}, \quad (3.11)$$



dengan  $F_h$  adalah  $F$  hitung,  $R$  adalah koefisien korelasi ganda,  $n$  adalah jumlah sampel, dan  $k$  adalah jumlah variabel bebas. Jika hipotesis tersebut mengikuti distribusi normal  $F$  dengan derajat kebebasan ( $df$ ) dan batas kritis distribusi normal  $F$  biasanya pada  $\alpha = 0.05$ , maka kita dapat menentukan nilai  $F_{tabel}$  berdasarkan tabel distribusi  $F$ . Jika diperoleh nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka hipotesis diterima, yang berarti bahwa semua variabel bebas secara simultan mempunyai korelasi yang signifikan dengan variabel terikat atau dapat dikatakan semua variabel bebas secara simultan mempunyai pengaruh terhadap variabel terikat (Ates et al., 2019).

Tabel 3.4. Nilai kritis distribusi uji  $t$

<b>df</b>	<b><math>\alpha</math></b>				
	<b>0,10</b>	<b>0,05</b>	<b>0,025</b>	<b>0,01</b>	<b>0,005</b>
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,517	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,363	1,796	2,447	3,143	3,707
12	1,356	1,782	2,365	2,998	3,499
13	1,350	1,771	2,306	2,896	3,355
14	1,345	1,761	2,262	2,821	3,250
15	1,341	1,753	2,228	2,764	3,169
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
dst.					



## 3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap, yaitu: analisis klimatologi, analisis hidrologi, dan analisis dinamika kebakaran lahan. Analisis klimatologi mengkaji data curah hujan dan temperatur. Analisis hidrologi mengkaji data GWL, kelembaban tanah pada lahan gambut, serta level air sungai pada Sungai Saleh dan Sungai Sugihan. Analisis dinamika kebakaran lahan mengkaji hubungan antar parameter pengontrol kebakaran, kecepatan penurunan GWL, kecepatan penurunan kelembaban tanah, dan penentuan GWL minimal untuk meminimalisir jumlah *hotspots* yang muncul.

### 3.4.1 Tahap Pertama

Pada tahap ini dilakukan pengolahan dan analisis terhadap data klimatologi tahun 2018 dan 2019 pada beberapa lahan gambut di Sumatera Selatan. Data klimatologi tersebut adalah data curah hujan (CH) dan temperatur (T) yang diukur secara *in-situ* pada stasiun pengukuran milik BRG.

Musim kering ekstrim 2019 telah memicu terjadinya kebakaran hebat pada lahan gambut di Sumatera Selatan. Perlu dilakukan upaya pencegahan agar tidak terjadi lagi kebakaran pada masa yang akan datang. Karena itu perlu dipelajari parameter klimatologi apa saja yang dapat digunakan sebagai parameter pengontrol kebakaran pada lahan gambut.

#### 3.4.1.1 Analisis Dinamika Curah Hujan

Data CH yang dipakai adalah jumlah total CH harian, berasal dari 2 (dua) stasiun BRG yaitu: SL1, dan SS1 untuk periode 1 Januari 2018 s.d. 31 Desember 2018 dan 1 Januari 2019 s.d. 31 Desember 2019. Data tersebut diolah untuk mendapatkan grafik *time series*-nya. Grafik *time series* yang didapat dianalisis untuk mengetahui dinamika variasi temporal dan spasial parameter CH. Dari analisis tersebut dapat diketahui apakah parameter CH mengalami perubahan nilai yang signifikan pada saat terjadinya musim kering ekstrim pada bulan Juli s.d. Oktober 2019. Jika perubahan nilainya signifikan maka dapat dijadikan sebagai parameter pengontrol kebakaran pada lahan gambut di Sumatera Selatan.

#### 3.4.1.2 Analisis Dinamika Temperatur

Data temperatur yang dipakai adalah data T rata-rata harian yang berasal dari 2 stasiun BRG, yaitu: SL1 dan SS1 untuk periode 1 Januari s.d. 31 Desember 2018 dan periode 1 Januari s.d. 31 Desember 2019. Data tersebut diolah untuk mendapatkan grafik *time series*-nya. Grafik *time series* yang didapat dianalisis untuk mengetahui dinamika variasi temporal dan spasial parameter T. Dari analisis tersebut dapat diketahui apakah parameter T mengalami perubahan nilai yang signifikan pada saat terjadinya musim kering ekstrim



pada bulan Juli s.d. Oktober 2019. Jika perubahan nilainya signifikan maka dapat dijadikan sebagai parameter pengontrol kebakaran pada lahan gambut di Sumatera Selatan.

### **3.4.2 Tahap Kedua**

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data hidrologi tahun 2019 pada beberapa lahan gambut dan Sungai di Sumatera Selatan. Data tersebut adalah *groundwater level* (GWL) dan kelembaban tanah (KT) pada beberapa lahan gambut dan data level air Sungai Sugihan dan Sungai Saleh. Data GWL dan KT diukur secara *in-situ* pada stasiun pengukuran BRG, sedangkan data level air sungai dilakukan secara *in-situ* oleh peneliti. Dipilihnya kedua Sungai ini karena letaknya relatif lebih dekat dengan beberapa lahan gambut yang dijadikan daerah kajian.

#### **3.4.2.1 Analisis Dinamika Groundwater Level**

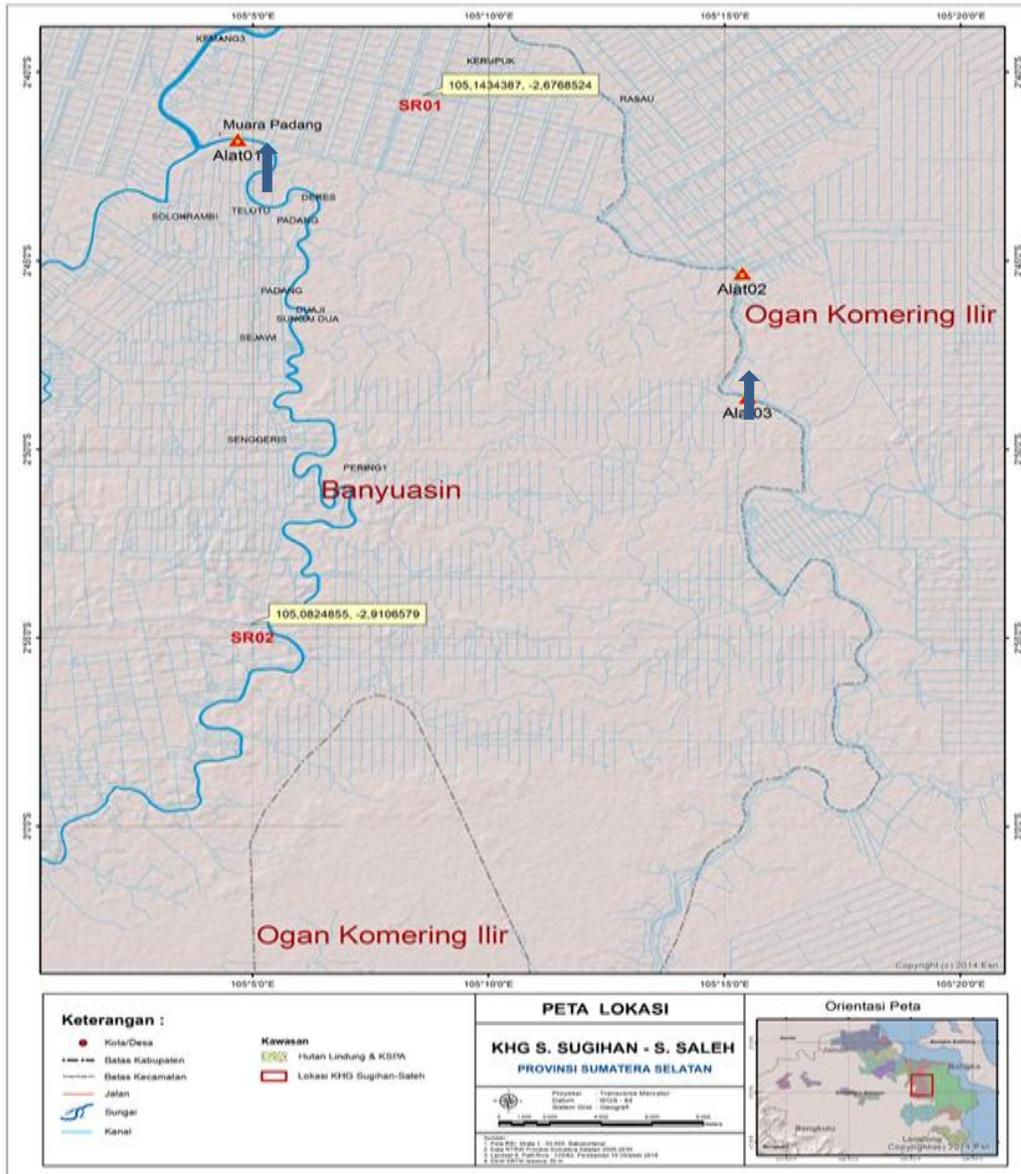
Data GWL yang dipakai adalah data GWL rata-rata harian pada 4 stasiun BRG, yaitu: Karang Agung, Cinta Jaya-1, Cinta Jaya-2, dan Padang Sugihan-2 pada periode 1 Juli 2019 hingga 31 Oktober 2019. Data tersebut diolah untuk mendapatkan grafik *time series*nya. Grafik *time series* yang didapat dianalisis untuk mengetahui dinamika variasi temporal dan spasial parameter GWL. Dari analisis tersebut dapat diketahui apakah parameter GWL mengalami perubahan nilai yang signifikan pada saat terjadinya musim kering ekstrim pada bulan Juli s.d. Oktober 2019. Jika perubahan nilainya signifikan maka dapat dijadikan sebagai parameter pengontrol kebakaran pada lahan gambut di Sumatera Selatan.

#### **3.4.2.2 Analisis Dinamika Kelembaban Tanah**

Data kelembaban tanah yang dipakai adalah data kelembaban tanah rata-rata harian pada 4 stasiun milik BRG, yaitu: Karang Agung, Cinta Jaya-1, Cinta Jaya-2, dan Padang Sugihan-3 pada periode 1 Juli 2019 – 31 Juli 2019. Data tersebut diolah untuk mendapatkan grafik *time series*nya. Grafik *time series* yang didapat dianalisis untuk mengetahui dinamika variasi temporal dan spasial parameter kelembaban tanah. Dari analisis tersebut dapat diketahui apakah parameter kelembaban mengalami perubahan nilai yang signifikan pada saat terjadinya musim kering ekstrim pada bulan Juli s.d. Oktober 2019. Jika perubahan nilainya signifikan maka dapat dijadikan sebagai parameter pengontrol kebakaran pada lahan gambut di Sumatera Selatan.

#### **3.4.2.3 Analisis Dinamika Pasang Surut**

Data yang dipakai adalah data GWL per jam pada periode 1 sampai dengan 31 Juli 2017 pada stasiun pengukuran BRG SL1, SL2, SS1 dan SS2. Untuk pasang sungai, data yang dipakai adalah data level air Sungai Saleh dan Sungai Sugihan per jam pada periode 1 Oktober 2019 sampai dengan 30 Oktober 2019 pada 2 titik lokasi pengukuran seperti terlihat pada Gambar 4.9. Kedua titik tersebut dinamai *Water Level* Sungai Saleh (Alat 01) di Sungai Saleh dan *Water Level* Sungai Sugihan (Alat 03) di Sungai Sugihan (Gambar 3.2).



Gambar 3.2 Peta lokasi pengukuran level air Sungai Saleh dan Sungai Sugihan.

Data dianalisis untuk mengetahui apakah pasut signifikan jika digunakan sebagai parameter pengontrol kebakaran. Analisis data juga dilakukan untuk mengetahui apakah tipe pasang surut pada lahan gambut mempunyai tipe yang sama dengan tipe pasang surut pada sungai di dekatnya.



### 3.4.3 Tahap Ketiga

Pada tahap ini dicari hubungan antara curah hujan dengan GWL, hubungan curah hujan dengan kelembaban tanah, korelasi antara GWL dan curah hujan dengan kelembaban tanah, kecepatan penurunan GWL, kecepatan penurunan KT, dan nilai minimal GWL yang harus dipertahankan untuk meminimalisir munculnya *hotspots*. Berdasarkan hasil penelitian tahap pertama dan tahap kedua, parameter curah hujan, GWL dan kelembaban tanah mengalami perubahan nilai yang signifikan pada saat terjadinya musim kering ekstrim tahun 2019. GWL yang menurun ada korelasinya dengan minimnya jumlah curah hujan. GWL menurun berkaitan dengan menurunnya kelembaban tanah. Kelembaban tanah yang rendah mengakibatkan permukaan tanah pada lahan gambut menjadi kering sehingga memicu munculnya titik api (*hotspots*).

Analisis hubungan antara curah hujan dengan GWL, curah hujan dengan kelembaban tanah, dan GWL dengan kelembaban tanah dilakukan melalui analisis terhadap grafik *overlay* pada masing-masing hubungan tersebut. Korelasi antara curah hujan, GWL dan kelembaban tanah dilakukan melalui uji F.

Pada tahap ini juga dilakukan penghitungan kecepatan penurunan GWL, kecepatan penurunan kelembaban tanah fungsi GWL, dan GWL minimal yang harus dipertahankan untuk meminimalisir jumlah *hotspots* yang muncul.

#### 3.4.3.1 Hubungan antara Curah Hujan dengan *Groundwater Level*

Data yang digunakan adalah data rata-rata harian BRG untuk periode bulan Juli s.d. Oktober 2019 atau musim kering ekstrim dari 4 stasiun, yaitu: Sungai Saleh-1, Cinta Jaya-2, Padang Sugihan-2, dan Karang Agung. Data tersebut diolah menjadi grafik *overlay* antara CH dan GWL dan dianalisis tentang hubungan antara kedua parameter tersebut.

#### 3.4.3.2 Hubungan antara Curah Hujan dengan Kelembaban Tanah.

Data yang digunakan adalah data curah hujan dan kelembaban tanah rata-rata harian BRG untuk periode bulan Juli 2019 yang diambil dari 2 stasiun, yaitu Cinta jaya-2 dan Karang Agung. Data tersebut diolah menjadi grafik *overlay* antara CH dan KT dan dianalisis tentang hubungan antara kedua parameter tersebut.

#### 3.4.3.3 Hubungan antara *Groundwater Level* dengan Kelembaban Tanah

Data curah *Groundwater level* dan kelembaban tanah yang digunakan adalah data rata-rata harian BRG untuk periode bulan Juli 2019 yang diambil dari 4 stasiun, yaitu Karang Agung, Padang Sugihan 3, Cinta Jaya 1 dan Cinta Jaya 2. Data tersebut diolah menjadi grafik *overlay* antara GWL dan KT dan dianalisis tentang hubungan antara kedua parameter tersebut



#### **3.4.3.4 Korelasi antara Curah Hujan, *Groundwater Level*, dan Kelembaban Tanah**

Berdasarkan kajian sebelumnya telah didapatkan bahwa 3 parameter penting pengontrol curah hujan adalah curah hujan, *groundwater level*, dan kelembaban tanah. Telah didapatkan juga bahwa ketiga parameter tersebut mempunyai hubungan satu dengan yang lain. Curah hujan berpengaruh terhadap kelembaban tanah dan *groundwater level*, dan *groundwater level* juga berpengaruh terhadap kelembaban tanah.

Secara teoritis kebakaran terjadi karena kondisi lahan gambut yang sangat kering. Kondisi lahan gambut yang sangat kering akibat berkurangnya kelembaban tanah secara signifikan, sehingga yang harus dijaga dan diperhatikan sebetulnya adalah kelembaban tanah. Kondisi kelembaban tanah dapat dipengaruhi oleh curah hujan dan *groundwater level* sehingga perlu diketahui pada musim kering ekstrim ini parameter mana yang paling berpengaruh pada kelembaban tanah, apakah *groundwater level* ataukah curah hujan, atau kedua-duanya mempunyai pengaruh yang signifikan.

Untuk mencari signifikansi korelasi antara kelembaban tanah, *groundwater level*, dan curah hujan dilakukan uji F. Pada uji ini yang menjadi variabel terikat (variabel yang dipengaruhi) adalah kelembaban tanah dan variabel bebas (variabel yang mempengaruhi) ada 2 yaitu *groundwater level* dan curah hujan. Data penelitian ini adalah data rata-rata harian *groundwater level*, kelembaban tanah (KT), dan curah hujan (CH) pada periode bulan Juli 2019 dari 2 stasiun BRG, yaitu Karang Agung (KA) dan Cinta Jaya 2 (CJ2).

#### **3.4.3.5 Penentuan Kecepatan Penurunan *Groundwater Level***

Penurunan GWL secara teoritis disebabkan oleh penurunan jumlah curah hujan. Karena ada keterkaitan antara penurunan GWL dengan curah hujan maka penentuan kecepatan penurunan GWL dilakukan melalui analisis terhadap grafik *overlay* hubungan antara GWL dengan curah hujan. Untuk menghitung kecepatan penurunan GWL, maka diambil grafik *time series* GWL selama periode 1-25 Agustus 2019, yang mana pada periode tersebut curah hujan mendekati nol.

Data GWL diambil dari 6 lokasi kajian, yaitu: Cinta Jaya-1, Cinta Jaya-2, Sungai Sungai Saleh-1, Padang Sugihan-2, Padang Sugihan-3, dan Karang Agung. Grafik yang didapatkan hampir berbentuk garis lurus seperti nampak pada Gambar 4.15. Penentuan kecepatan penurunan GWL dilakukan dengan menganalisis grafik *time series* hubungan antara GWL dengan CH yang berbentuk garis linier. Persamaan empirik regresi linier dari garis lurus tersebut dianalisis untuk mendapatkan kecepatan penurunan GWL.



### **3.4.3.6 Penentuan Kecepatan Penurunan Kelembaban Tanah**

Penentuan kecepatan penurunan KT fungsi GWL dilakukan dengan menganalisis korelasi antara GWL dengan KT. Kemudian dilakukan uji t untuk mengetahui signifikansi korelasi antara GWL dengan KT. Jika korelasinya signifikan maka persamaan empirik yang menggambarkan korelasi antara GWL dan KT dapat digunakan untuk analisis berikutnya. Analisis terhadap persamaan tersebut dilakukan untuk menghitung kecepatan penurunan KT. Data yang digunakan untuk mencari korelasi antara GWL dan KT adalah data KT dan GWL hasil pengukuran pada 5 stasiun pengukuran BRG untuk periode 1 Juli 2019 sampai dengan 31 Oktober 2019. Stasiun-stasiun tersebut adalah: Cinta Jaya-1, Cinta Jaya-2, Padang Sugihan-2, Padang Sugihan-3, dan Karang Agung

### **3.4.3.7 Penentuan *Groundwater Level* minimal**

Bagian akhir dari penelitian ini adalah mencari parameter yang dapat mengontrol atau bahkan mencegah kebakaran pada lahan gambut. Curah hujan adalah salah satu parameter yang nilainya menurun drastis pada musim kering ekstrim sehingga curah hujan memungkinkan untuk dijadikan parameter pencegah kebakaran lahan dengan membuat hujan buatan. Sayangnya teknologi hujan buatan saat ini belum mampu membuat hujan dengan intensitas yang tinggi sehingga dapat memadamkan kebakaran lahan gambut.

Kelembaban tanah dan *groundwater level* juga mengalami penurunan nilai yang signifikan pada musim kering ekstrim ini. Pada sub-bab 4.3.5 telah didapatkan bahwa adanya korelasi yang signifikan antara *groundwater level* dengan kelembaban tanah. Kelembaban tanah yang rendah berkaitan erat dengan rendahnya *groundwater level*. Kelembaban tanah yang rendah mengakibatkan lahan gambut menjadi kering, sehingga memudahkan munculnya titik api (*hotspots*). Dengan mengontrol *groundwater level* berarti mengontrol kelembaban tanah juga karena semakin tinggi *groundwater level* maka semakin tinggi pula kelembaban tanah sehingga lahan tidak menjadi kering.

Pada bagian ini dicari nilai *groundwater level* minimal yang harus dipertahankan untuk meminimalisir jumlah *hotspots* yang muncul sebagai upaya pencegahan terjadinya kebakaran pada lahan gambut di Sumatera Selatan. Hasil yang didapatkan diharapkan dapat menjadi acuan berbagai pihak yang berkepentingan dalam mitigasi kebakaran lahan gambut.

# **BAB IV**

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

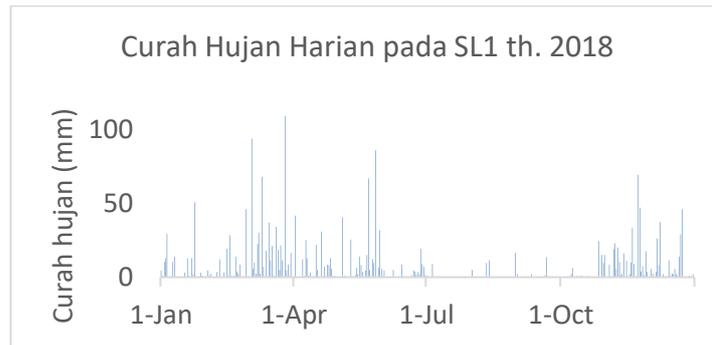
Penelitian ini dilaksanakan dalam 3 tahap. Tahap 1 tentang analisis klimatologi, tahap 2 tentang analisis hidrologi, dan tahap 3 tentang analisis dinamika kebakaran pada lahan gambut.

### **4.1 Analisis Klimatologi**

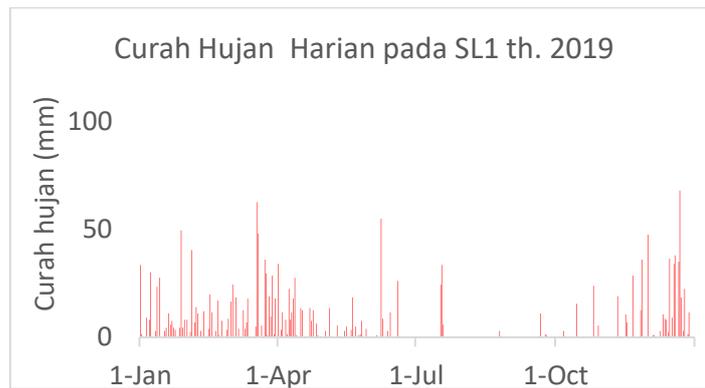
Pada tahap ini dilakukan kajian terhadap data klimatologi yang terdiri atas data curah hujan dan temperatur pada lahan gambut di Sumatera Selatan hasil peng-ukuran stasiun BRG secara *in-situ*.

#### **4.1.1 Curah Hujan**

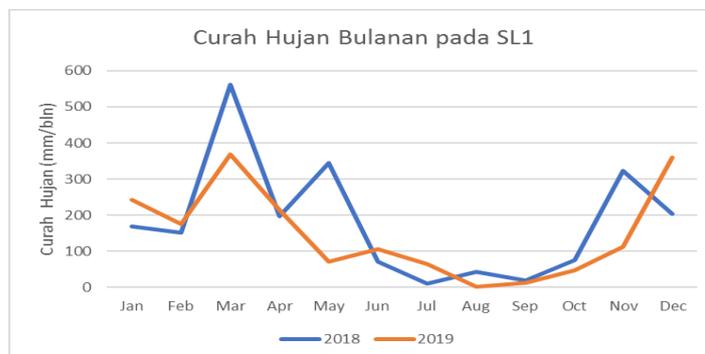
Grafik *time series* dinamika curah hujan untuk stasiun SL1 ditampilkan pada Gambar 4.1, dan untuk stasiun SS1 pada Gambar 4.2. Pada Gambar 4.2 (a) dan (b) juga terlihat bahwa curah hujan pada bulan kering (Juli s.d. Oktober) lebih rendah dibandingkan bulan yang lain. Jika kedua gambar tersebut dibandingkan, maka jumlah curah hujan pada bulan kering tahun 2019 adalah lebih rendah dari tahun 2018. Pada Gambar 4.2 (c) nampak bahwa jumlah curah hujan pada bulan Juli s.d. Oktober 2019 adalah sangat minim, bahkan pada bulan Agustus sampai dengan Oktober 2019 hampir tidak ada hujan yang menandakan adanya periode yang disebut musim kering ekstrim.



(a)

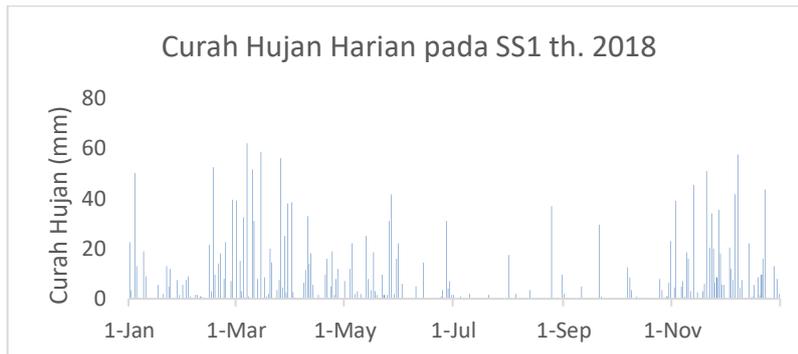


(b)

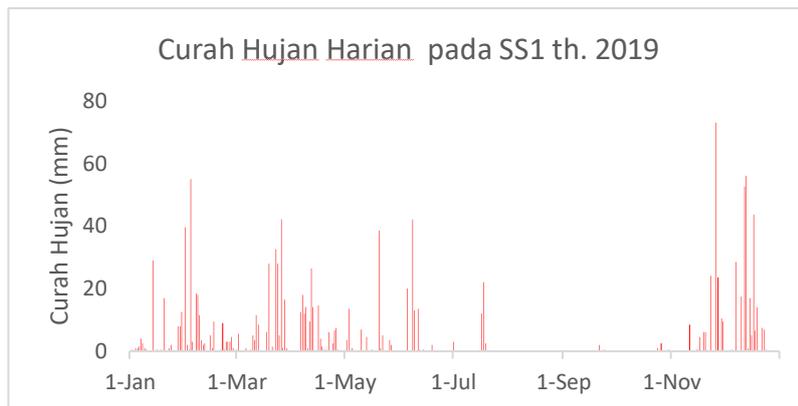


(c)

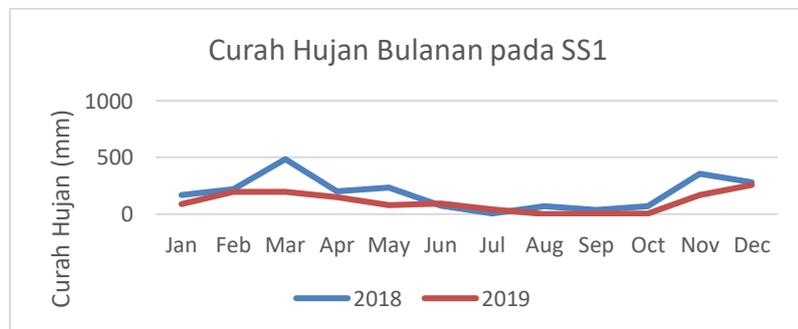
Gambar 4.1 Grafik *time series* jumlah curah hujan th. 2018 dan 2019 pada lokasi SL1



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.2 Grafik time series jumlah curah hujan th. 2018 dan 2019 pada lokasi SS1



Rincian data curah hujan total bulanan tahun 2018 dan 2019 pada stasiun SL1 dan SS1 ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rincian data curah hujan total bulanan

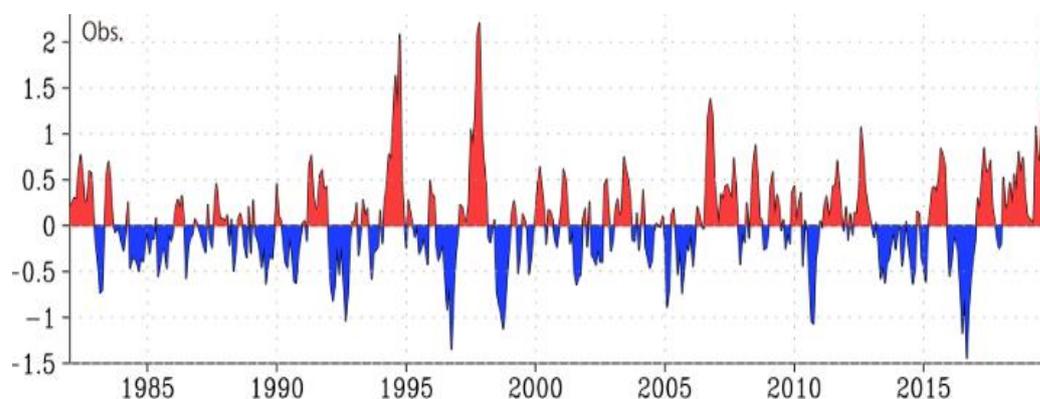
	CH pada SL1 (mm)		CH pada SS1 (mm)	
	2018	2019	2018	2019
Januari	170	243	170.5	90.5
Pebruari	152.5	176	218	196
Maret	560.5	369	485.5	197.5
April	198	215.5	203.5	151.5
Mei	345.5	71	234	80
Juni	72.5	106	75	91.5
Juli	<b>11</b>	<b>64</b>	<b>6</b>	<b>39.5</b>
Agustus	<b>43</b>	<b>3</b>	<b>70</b>	<b>0</b>
September	<b>19.5</b>	<b>14</b>	<b>35.5</b>	<b>2.5</b>
Oktober	<b>76.5</b>	<b>48.5</b>	<b>68.5</b>	<b>4</b>
Nopember	323.5	113.5	357.5	166.5
Desember	203.5	359.5	283	257

Dari Tabel 4.1 dapat dihitung jumlah curah hujan pada bulan Juli 2019 sampai dengan Oktober 2019 pada 2 stasiun tersebut adalah 174.5 mm, sedangkan pada periode yang sama di tahun 2018 jumlah curah hujannya adalah 330 mm. Dengan demikian terjadi penurunan curah hujan sebesar 47%. Jika dihitung pada periode Agustus sampai dengan Oktober terjadi penurunan dari 313 mm menjadi 72 mm atau sebesar 77%. Hasil ini menunjukkan bahwa pada musim kering ekstrim 2019 telah terjadi penurunan jumlah curah hujan yang cukup besar (signifikan) jika dibandingkan tahun 2018, yang berpotensi besar menimbulkan keekringan pada lahan gambut sehingga memicu kebakaran pada lahan gambut.

Kekeringan ekstrim ini berdampak negatif pada sektor pertanian, sumber daya air, kehutanan dan lingkungan. Kekeringan ekstrim ini dipicu oleh fenomena anomali suhu muka laut (SST) di Samudra India dimana suhu muka laut di Timur Afrika lebih hangat dibandingkan dengan suhu muka laut di Barat Daya Sumatera (IOD+) yang menguat sejak April 2019 hingga Desember 2019. Hal ini menyebabkan rendahnya curah hujan pada periode musim kemarau dari bulan Juli hingga Oktober 2019. Secara umum, musim kemarau tahun 2019 menunjukkan kondisi lebih kering dari musim kemarau tahun 2018 dan acuan normal klimatologis tahun 1981-2010, meski tidak lebih kering dari kondisi musim kemarau tahun 2015 saat terjadi fenomena El Nino kuat pada waktu itu.



*Indian Ocean Dipole* (IOD) adalah fenomena lautan-atmosfer di daerah ekuator Samudera India yang mempengaruhi iklim di Indonesia dan negara-negara lain yang berada di sekitar cekungan (basin) Samudera India. Sesuai namanya, IOD dikarakteristikkan oleh anomali suhu muka laut atau *Sea Surface Temperature* (SST) antara 'dua kutub' Samudera India, yaitu Samudera India Barat (50E-70E, 10S-10N) dan Tenggara (90E-110E, 10S-0S). Variasi suhu secara horisontal pada permukaan laut umumnya dipengaruhi oleh posisi (radiasi) matahari dan massa air. Perbedaan anomali SST antara dua daerah ini disebut sebagai *Dipole Mode Index* (DMI), dan digunakan untuk mengukur kekuatan dari IOD itu sendiri. Periode dimana DMI bernilai positif umumnya disebut sebagai periode IOD positif (IOD+), dan sebaliknya, ketika DMI bernilai negatif disebut periode IOD negatif (IOD-). DMI pada tahun 2019 memiliki nilai positif yang tinggi seperti nampak pada Gambar 4.3 (Doi et al., 2020).



Gambar 4.3 Grafik *Dipole Mode Index* time series (Doi et al., 2020)

Pada periode IOD+, perairan di Samudera India bagian Tenggara umumnya lebih “dingin” (suhu lebih rendah dari rata-rata), dimana perairan di Samudera India bagian Barat akan lebih “hangat” (suhu lebih tinggi dari rata-rata). Akibatnya, konveksi (yang merupakan proses awal terbentuknya awan dan hujan) akan bergeser dari Samudera India bagian Timur ke arah Barat, dan membawa banyak hujan ke bagian Timur benua Afrika. Di sisi lain, daerah Samudera India bagian Timur yang “ditinggal lari” konveksi tadi (seperti Indonesia) akan menderita kekeringan.

Karakteristik periode IOD- adalah kebalikan dari IOD+. SST di Samudera India bagian Tenggara akan lebih hangat, sementara di bagian Barat akan lebih dingin. Hal ini akan berakibat pada kekeringan di Afrika bagian Timur dan curah hujan yang meningkat di Indonesia, terutama Indonesia Barat yang berdekatan dengan Samudera Hindia.

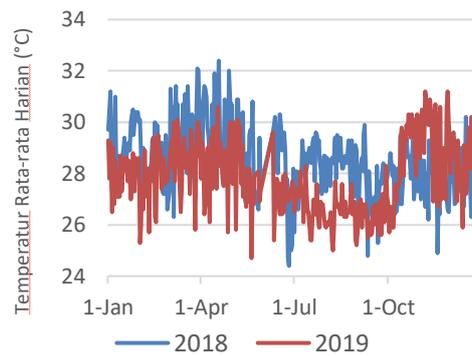
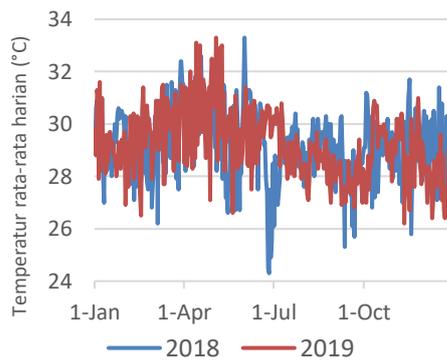


Berdasarkan hasil kajian di atas dapat digarisbawahi bahwa curah hujan yang minim antara bulan Juli sampai Oktober 2019 terjadi akibat adanya fenomena *Indian Ocean Dipole* positif (IOD+). Curah hujan yang minim ini menyebabkan lahan gambut menjadi kering sehingga mudah terbakar. Dengan demikian curah hujan menjadi parameter yang erat kaitannya dengan terjadinya kebakaran pada lahan gambut. Apakah parameter curah hujan dapat kita kendalikan sehingga dapat dijadikan parameter pengontrol kebakaran pada lahan gambut? Secara teoritis bisa yaitu dengan membuat hujan buatan. Namun sampai saat ini teknologi hujan buatan masih belum sanggup menghentikan kebakaran yang hebat pada lahan gambut. Masih diperlukan kebaruan teknologi hujan buatan agar dapat menghentikan kebakaran pada lahan gambut. Alternatif lain adalah mempelajari parameter lain yang terkait erat dengan kebakaran pada lahan gambut yang dapat digunakan untuk mengontrol kebakaran pada lahan gambut.

#### **4.1.2 Temperatur**

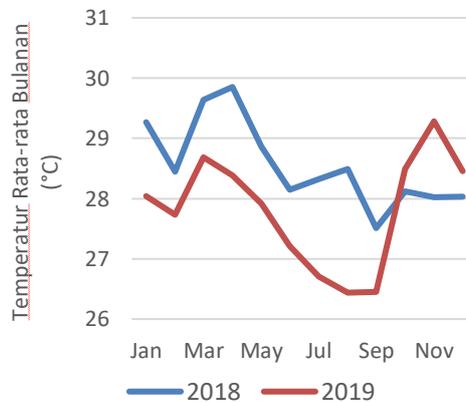
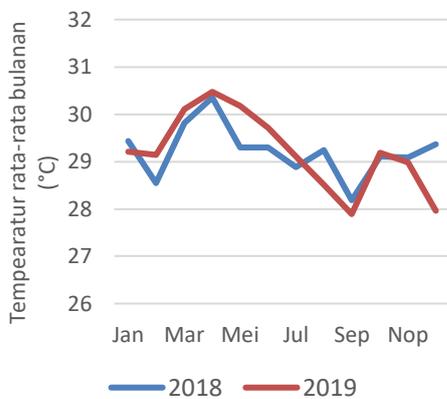
Grafik *time series* dinamika temperatur ditampilkan pada Gambar 4.4. Pada Gambar 4.4 (a) sampai dengan (d) nampak bahwa pada musim kemarau bulan Juli sampai dengan Oktober tahun 2018 dan 2019 terjadi penurunan temperatur. Nampak juga temperatur pada 4 bulan tersebut di tahun 2019 lebih rendah dibandingkan dengan tahun 2018. Data lengkap temperatur tersebut ditampilkan pada Tabel 4.2. Dari Tabel 4.2 nampak bahwa pada lokasi SS1 di bulan Juli sampai dengan Agustus 2019 temperatur lebih rendah jika dibandingkan dengan bulan yang lainnya.

Jika dicari hubungannya dengan peristiwa IOD+ yang mana pada bulan Juli s.d. Oktober 2019 temperatur permukaan air di Samudera India (SST) sebelah Tenggara lebih rendah dari temperatur di sebelah Baratnya, maka penelitian ini menunjukkan bahwa temperatur SST yang lebih rendah tersebut mempunyai kemiripan dengan rendahnya temperatur lahan gambut di dekatnya.



(a) Temperatur Rata-rata Harian pada SL1

(b) Temperatur Rata-rata Harian pada SS1



(c) Temperatur Rata-rata Bulanan pada SL1

(d) Temperatur Rata-rata Bulanan pada SS1

Gambar 4.4 Grafik *time series* temperatur pada stasiun SL1 dan SS1 th. 2018 dan 2019

Dari Tabel 4.2 dapat dihitung temperatur rata-rata pada bulan Juli 2019 sampai dengan Oktober 2019 pada 2 stasiun tersebut, yaitu 27.84°C. Pada periode yang sama di tahun 2018, temperatur rata-ratanya adalah 28.48°C. Dengan demikian terjadi penurunan temperatur sebesar 0.64°C atau sebesar 2.25% suatu angka yang tidak berarti (tidak signifikan) untuk dapat menimbulkan kebakaran pada lahan gambut.



Tabel 4.2. Rincian data temperatur rata-rata bulanan

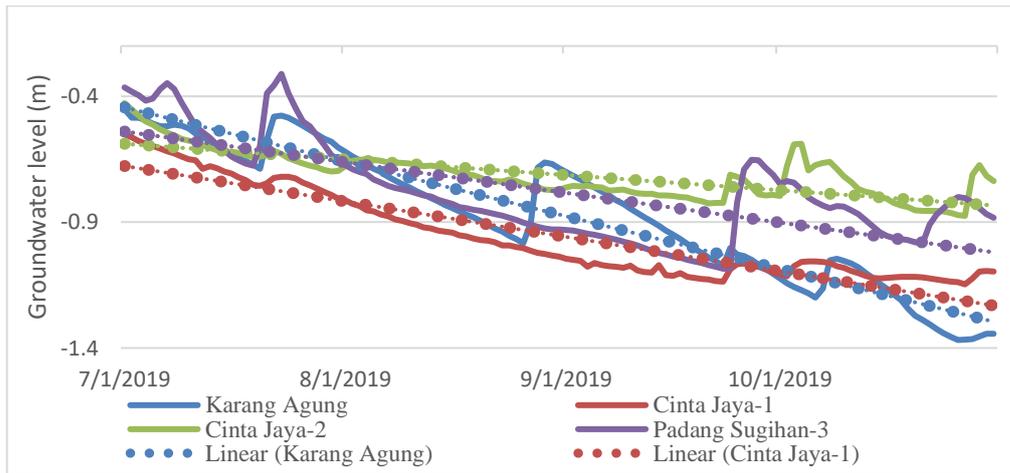
	Temperatur pada SL1 (°C)		Temperatur pada SS1 (°C)	
	2018	2019	2018	2019
Januari	29.43	29.21	29.26	28.04
Pebruari	28.55	29.13	28.44	27.72
Maret	29.82	30.10	29.63	28.68
April	30.35	30.47	29.85	28.38
Mei	29.30	30.17	28.86	27.91
Juni	29.29	29.71	28.14	27.21
Juli	<b>28.88</b>	<b>29.10</b>	<b>28.32</b>	<b>26.70</b>
Agustus	<b>29.24</b>	<b>28.50</b>	<b>28.48</b>	<b>26.43</b>
September	<b>28.18</b>	<b>27.89</b>	<b>27.51</b>	<b>26.45</b>
Oktober	<b>29.10</b>	<b>29.18</b>	<b>28.12</b>	<b>28.48</b>
Nopember	29.08	28.98	28.02	29.28
Desember	29.36	27.96	28.03	28.45

## 4.2 Analisis Hidrologi

Pada tahap ini ditampilkan hasil analisis terhadap dinamika *Groundwater level*, kelembaban tanah, pasang surut pada lahan gambut, dan pasang surut sungai di dekatnya.

### 4.2.1 *Groundwater level*

Grafik *time series* dinamika *groundwater level* ditampilkan pada Gambar 4.5. Pada Gambar 4.5 tampak bahwa GWL mengalami penurunan yang signifikan akibat rendahnya curah hujan pada bulan Juli sampai dengan Oktober 2019. Penurunan tertinggi terjadi pada stasiun Karang Agung yang mencapai  $-1.37$  m. Trend kemiringan grafik penurunan GWL adalah berbeda-beda yang menunjukkan kecepatan penurunan GWL pada setiap stasiun adalah berbeda-beda. Persamaan garis linier untuk trend penurunan nilai GWL dan kemiringannya ditampilkan pada Tabel 4.3. Kemiringan trend penurunan GWL tertinggi terjadi pada stasiun Karang Agung.



Gambar 4.5 Grafik time series groundwater level.

Tabel 4.3 Data statistik trend penurunan groundwater level

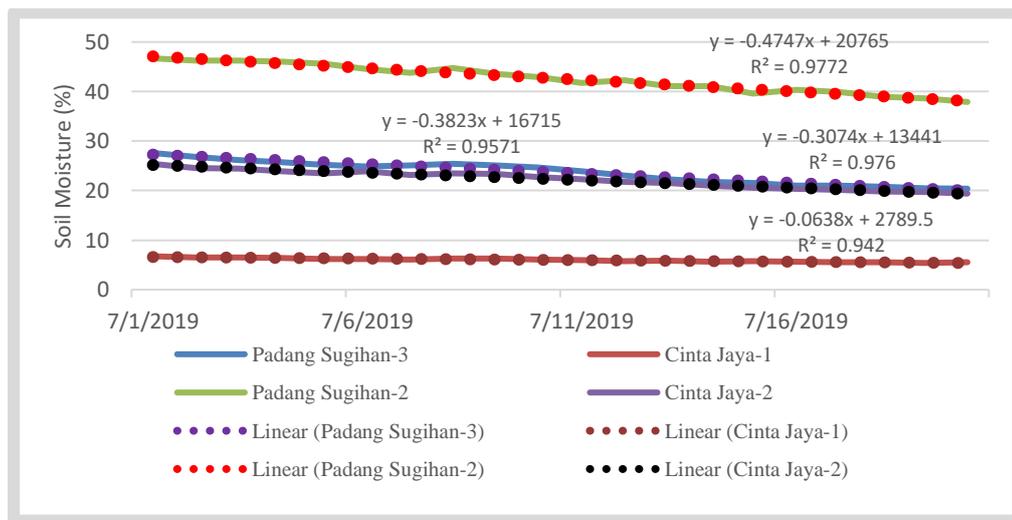
Nama Stasiun	Persamaan Garis untuk Trend Penurunan GWL	Slope (Kemiringan) Trend Penurunan GWL	
		(rad)	(°)
Karang Agung	$Y = -0.0070X + 304.19$	-0.0070	0.40
Cinta Jaya 1	$Y = -0.0045X + 197.70$	-0.0045	0.26
Padang Sugihan 3	$Y = -0.0039X + 170.99$	-0.0039	0.22
Cinta Jaya 2	$Y = -0.0020X + 86.936$	-0.0020	0.15

Curah hujan yang minim membuat debit air yang tersimpan pada lahan gambut menjadi berkurang sehingga GWL menurun. Musim kering ekstrim dapat menurunkan GWL (Wang *et al.*, 2015), namun laju penurunannya sangat dipengaruhi juga oleh aktivitas manusia yang terkait langsung dengan lahan gambut. Salah satu kegiatan yang memiliki potensi paling besar untuk meningkatkan laju penurunan GWL di Indonesia adalah kegiatan pembuatan kanal/parit (kanalisasi), baik yang dibangun secara legal maupun ilegal di dalam dan sekitar hutan lahan gambut. Pada musim kering, kanalisasi menyebabkan gangguan pada sistem hidrologi hutan dan lahan gambut, karena kanal yang dibangun menyebabkan air pada lahan gambut cepat keluar, daya dukung air tanah menjadi kecil, dan GWL di lahan gambut menurun secara drastis. GWL menurun menyebabkan kelembaban tanah dekat permukaan menjadi menurun. Kondisi ini menyebabkan lahan gambut mengering di musim kemarau dan rentan terhadap bahaya kebakaran (Ananto *et al.*, 2007).



### 4.2.2 Kelembaban Tanah

Grafik time series kelembaban tanah ditampilkan pada Gambar 4.6. Pada Gambar 4.6 tampak bahwa kelembaban tanah mengalami penurunan akibat rendahnya curah hujan pada bulan Juli 2019. Penurunan kelembaban tanah terbesar selama bulan Juli 2019 terjadi pada stasiun Padang Sugihan-3, yaitu dari angka 46.7% menjadi 36.9% hanya dalam waktu 1 bulan. Pada Gambar 4.5 nampak bahwa trend penurunan kelembaban tanah pada setiap stasiun berbeda-beda. Persamaan garis linier untuk trend penurunan nilai KT dan kemiringannya ditampilkan pada Tabel 4.4. Kemiringan trend penurunan KT terbesar terjadi pada stasiun Padang Sugihan-2, yaitu sebesar 27.21°.



Gambar 4.6 Grafik time series kelembaban tanah.

Tabel 4.4 Data statistik trend penurunan kelembaban tanah

Nama Stasiun	Persamaan Garis untuk Trend Penurunan GWL	Slope (Kemiringan) Trend Penurunan GWL	
		(rad)	(°)
Padang Sugihan-2	$Y = -0.4747X + 20765$	-0.4747	27.21
Padang Sugihan-3	$Y = -0.3823X + 16715$	-0.3823	21.92
Cinta Jaya-2	$Y = -0.3074X + 13441$	-0.3074	17.62
Cinta Jaya-1	$Y = -0.0638X + 2789.5$	-0.0638	3.66

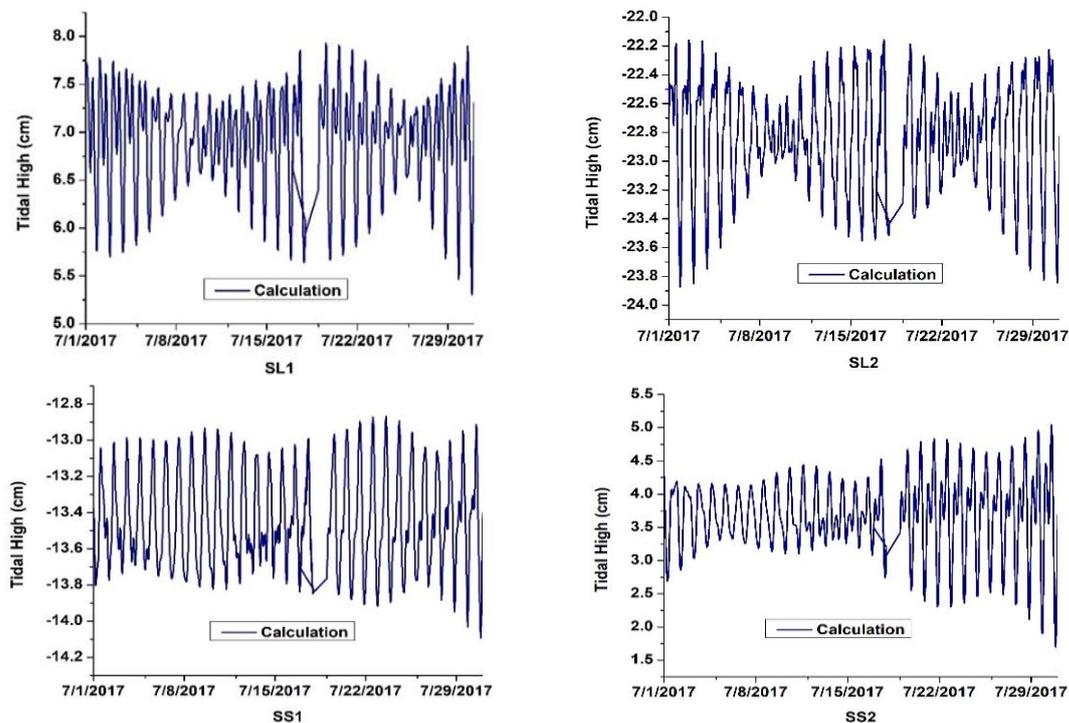


Kelembaban tanah yang rendah mengakibatkan kondisi tanah permukaan lahan gambut menjadi kering sehingga mudah terbakar. Musim kering ekstrim menyebabkan terjadinya penurunan kelembaban tanah. Curah hujan yang minim membuat debit air yang tersimpan pada lahan gambut menjadi berkurang sehingga kelembaban tanahnya menurun (Wang *et al.*, 2015). Dengan menjaga kelembaban tanah dalam kondisi normal maka dapat mencegah terjadinya kebakaran.

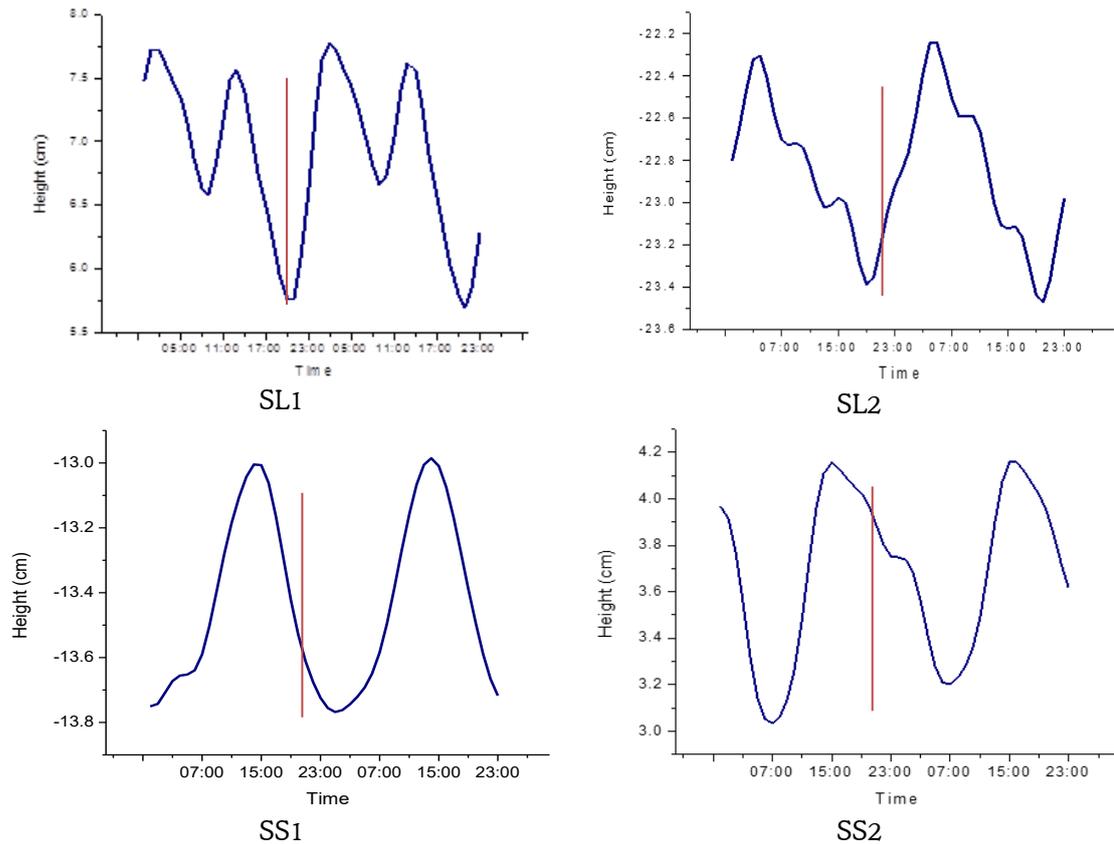
### 4.2.3 Pasang Surut Lahan Gambut

Hasil pengolahan data pasut berupa grafik tipe pasang surut seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.7. Adapun tipe pasutnya adalah: *mixed tide prevailing semidiurnal* untuk lokasi SL1, dan *mixed tide prevailing diurnal* untuk 3 lokasi lainnya.

Dari grafik tipe pasang surut yang diperoleh, dapat dicari waktu terjadinya pasang tertinggi dan surut terendah. Untuk mengetahui kapan waktu pasang tertinggi dan surut terendah digunakan data untuk 2 hari saja, sehingga didapatkan grafik seperti nampak pada Gambar 4.8. Pada grafik tersebut terlihat bahwa waktu pasang tertinggi dan pasang terendah pada semua lokasi adalah tidak seragam, sehingga setiap lokasi mempunyai karakteristik waktu pasang tertinggi dan waktu surut terendah tersendiri.



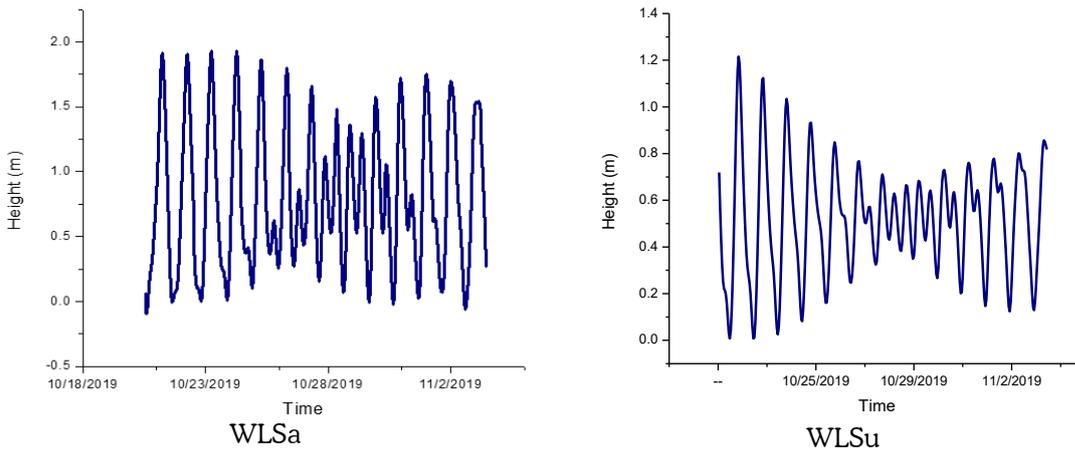
Gambar 4.7 Grafik tipe pasut untuk lahan gambut.



Gambar 4.8 Grafik waktu pasang tertinggi dan surut terendah lahan gambut.

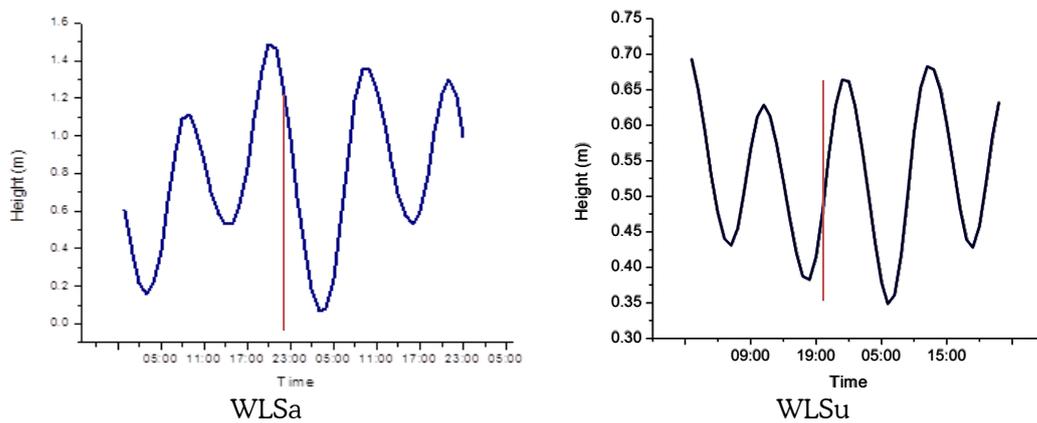
#### 4.2.4 Pasang Surut Sungai Saleh dan Sungai Sugihan

Hasil pengolahan datanya berupa grafik tipe pasang surut seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.9. Adapun tipe pasutnya adalah: *mixed tide prevailing semidiurnal* untuk kedua titik lokasi pengukuran tersebut.



Gambar 4.9 Grafik tipe pasut untuk Sungai Saleh dan Sungai Sugihan

Untuk mengetahui kapan waktu pasang tertinggi dan surut terendah digunakan data untuk 2 hari, sehingga didapatkan grafik seperti nampak pada Gambar 4.10. Pada grafik tersebut terlihat bahwa waktu pasang tertinggi dan pasang terendah pada kedua lokasi adalah berbeda.



Gambar 4.10 Grafik waktu pasang tertinggi dan surut terendah pada Sungai Saleh dan Sungai Sugihan



#### 4.2.5 Diskusi tentang Pasang Surut

Telah didapatkan bahwa tipe pasut pada setiap lahan gambut belum tentu sama, begitu juga dengan waktu pasang tertinggi dan surut terendah. Tipe pasang surut yang didapatkan pada lahan gambut mayoritas *mixed tide prevailing diurnal*. Waktu terjadinya pasang tertinggi dan surut terendah adalah berbeda-beda untuk setiap lokasi pengukuran. Sedangkan tipe pasang surut pada dua titik pengukuran di Sungai Saleh dan Sungai Sugihan adalah sama yaitu *mixed tide prevailing semidiurnal*, namun waktu pasang tertinggi dan surut terendahnya berbeda. Informasi lebih rinci tentang pasut pada lahan gambut dan Sungai di tampilkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rincian data pasang surut pada lahan gambut dan sungai

Lokasi	Tipe Pasut	Pasang Tertinggi (WIB)	Surut Terendah (WIB)	Tanggal	Selisih Pasang & Surut (cm)
SL1	<i>Mixed, prevailing semidiurnal</i>	01.00 dan 13.00	09.00 dan 20.00	01-07-2017	<b>2</b>
SL2	<i>Mixed, prevailing diurnal</i>	04.00	19.00	01-07-2017	<b>1.5</b>
SS1	<i>Mixed, prevailing diurnal</i>	14.00	00.00	01-07-2017	<b>1</b>
SS2	<i>Mixed, prevailing diurnal</i>	15.00	07.00	01-07-2017	<b>3</b>
WLSa	<i>Mixed, prevailing semidiurnal</i>	09.00 dan 20.00	03.00 dan 14.00	28-10-2019	194
WLSu	<i>Mixed, prevailing semidiurnal</i>	11.00 dan 23.00	06.00 dan 18.00	28-10-2019	120

Jika dibandingkan antara tipe pasang surut pada lahan gambut dengan tipe pasang surut pada sungai maka didapatkan bahwa tipe pasang surut mereka belum tentu sama. Hanya satu lokasi yaitu SL1 yang mempunyai tipe pasut yang sama dengan tipe pasut pada sungai (*mixed tide prevailing semidiurnal*). Secara teoritis pasut pada lahan gambut tidak dapat dipengaruhi oleh pasut pada sungai karena kondisi GWL pada lahan gambut lebih tinggi dari *water level* sungai. Ada beberapa faktor yang menentukan tipe pasang surut, di antaranya adalah gaya gravitasi matahari, gaya gravitasi bulan, rotasi bumi, luas perairan, kedalaman perairan, topografi dasar perairan, dan gesekan pada dasar perairan.

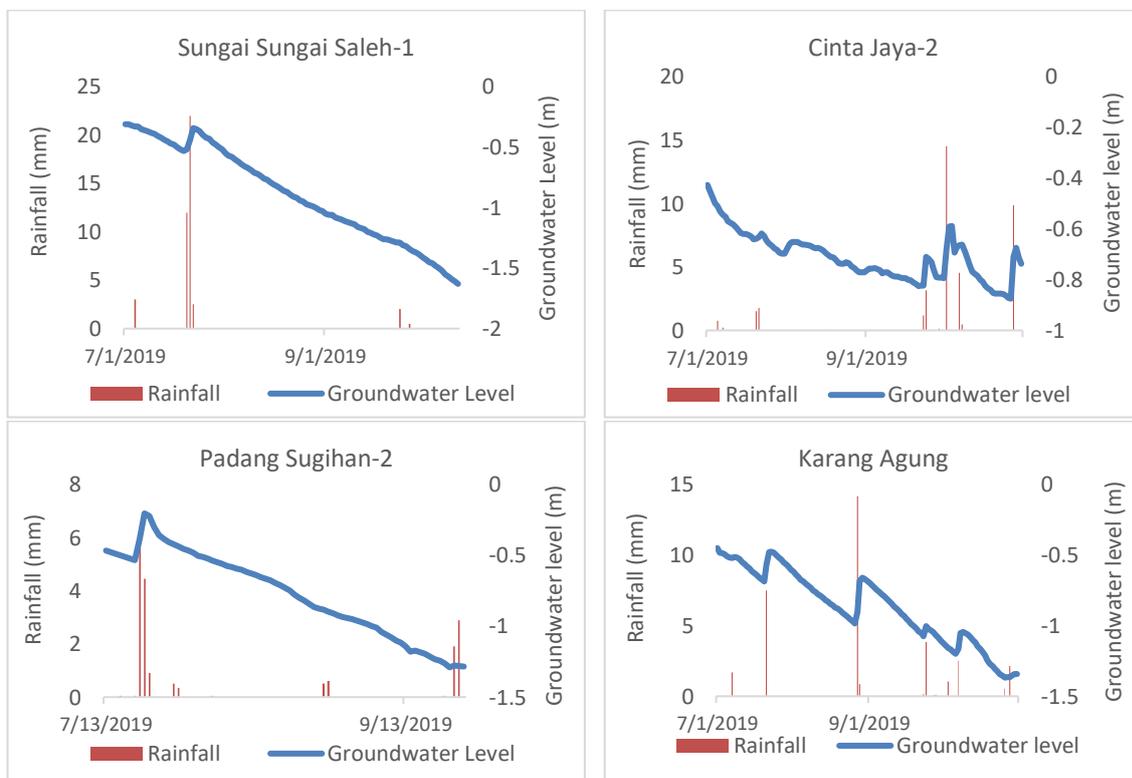
Pada Tabel 4.5 terlihat bahwa selisih maksimal antara pasang tertinggi dan surut terendah pada lahan gambut hanya sekitar 1-3 cm, sehingga peristiwa pasang surut pada lahan gambut tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap peristiwa kebakaran pada lahan gambut. Dapat disimpulkan bahwa peristiwa pasang surut pada lahan gambut tidak dapat dijadikan parameter pengontrol kebakaran pada lahan gambut.



### 4.3 Analisis Dinamika Kebakaran Lahan

#### 4.3.1 Hubungan antara Curah Hujan dengan *Groundwater level*

Grafik *overlay* hubungan antara *GWL* dengan curah hujan pada 4 stasiun yaitu: Sungai Saleh-1, Cinta Jaya-2, Padang Sugihan-2, dan Karang Agung, ditampilkan pada Gambar 4.11.



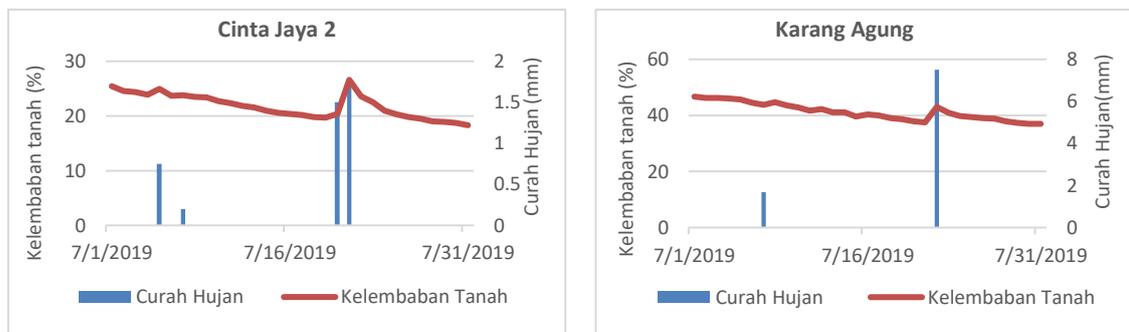
Gambar 4.11 Grafik *overlay* *groundwater level* dan curah hujan

Dari Gambar 4.11 terbukti bahwa *GWL* sangat dipengaruhi oleh curah hujan. Pada saat hujan turun maka *GWL* naik, dan pada saat tidak ada hujan maka *GWL* cenderung turun terus membentuk grafik yang mendekati bentuk garis linier. Pada bulan Agustus 2019 pada keempat lokasi tersebut hampir tidak ada hujan sehingga grafiknya turun terus dan cenderung mendekati linier.



### 4.3.2 Hubungan antara Curah Hujan dengan Kelembaban Tanah

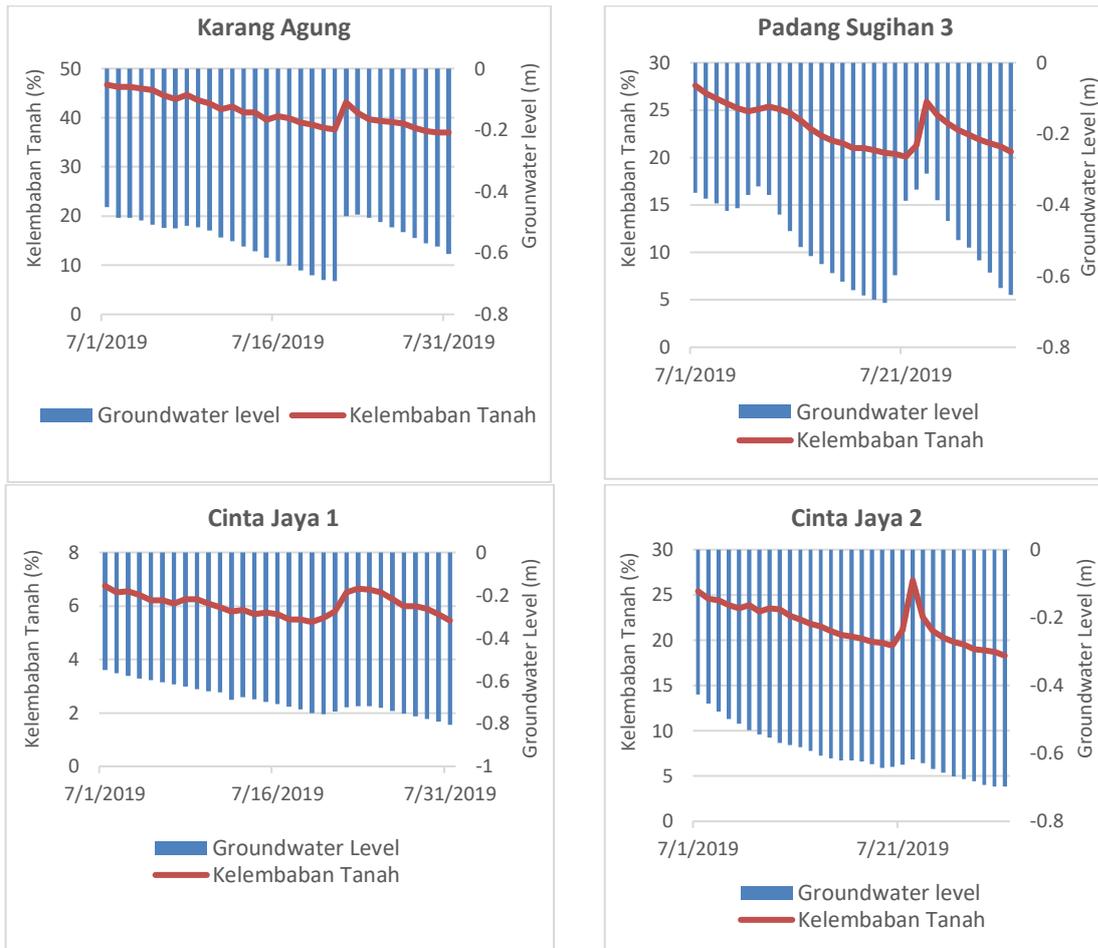
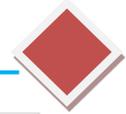
Grafik *overlay* hubungan antara GWL dengan curah hujan pada 2 stasiun BRG tersebut ditampilkan pada Gambar 4.12. Dari gambar tersebut terbukti bahwa kelembaban tanah juga sangat dipengaruhi oleh curah hujan. Pada saat ada hujan maka kelembaban tanah akan naik dan pada saat tidak ada hujan dengan waktu yang lama maka kelembaban tanah akan turun membentuk garis mendekati linier.



Gambar 4.12 Grafik *overlay* kelembaban tanah dan curah hujan

### 4.3.3 Hubungan antara *Groundwater level* dengan Kelembaban Tanah

Grafik *overlay* hubungan antara kelembaban tanah dengan *groundwater level* pada 4 stasiun BRG tersebut ditampilkan pada Gambar 4.13. Pada gambar tersebut terlihat bahwa kelembaban tanah juga sangat dipengaruhi oleh *groundwater level*. Pada saat *groundwater level* turun maka kelembaban tanah berkurang, dan sebaliknya.



Gambar 4.13 Grafik overlay kelembaban tanah dan groundwater level

#### 4.3.4 Korelasi antara Curah Hujan, Groundwater Level, dan Kelembaban Tanah

Hasil uji *F* terhadap hubungan antara Curah hujan, groundwater level, dan kelembaban tanah ditampilkan pada Tabel 4.6 berikut ini.



Tabel 4.6. Rincian hasil uji F

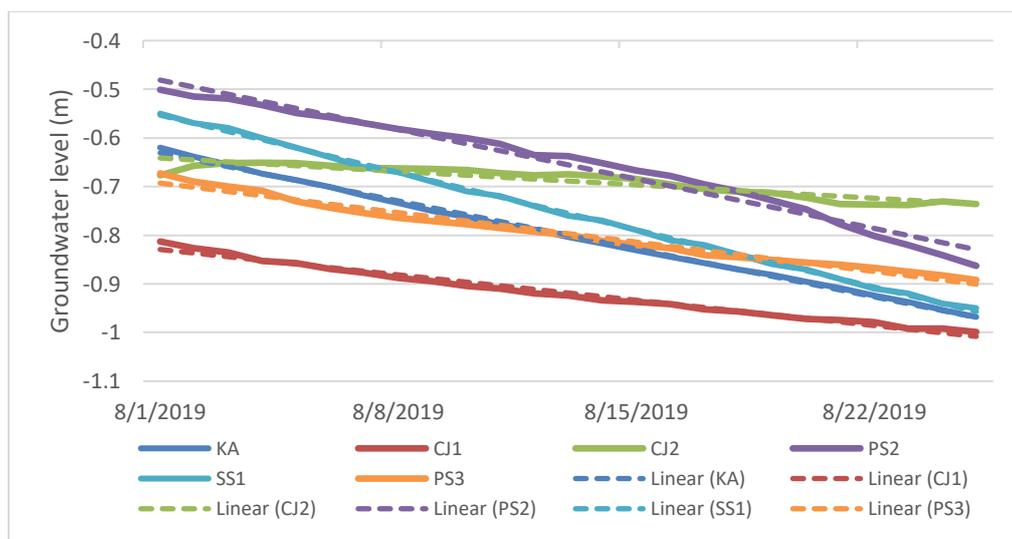
Stasiun	$F_{tabel}$	$F_{hitung}$	$t_{tabel}$	$t_{hitung}$	
				GWL	CH
KA	3.3404	9.6493	2.0484	4.2847	-0.111
CJ2	3.3404	27.6844	2.0484	7.2467	0.4572

Berdasarkan kajian terhadap Tabel 4.4 didapatkan informasi:

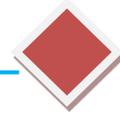
1. Baik pada stasiun Karang Agung (KA) maupun pada stasiun Cinta Jaya 2 (CJ2), nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  sehingga dapat disimpulkan bahwa secara simultan *groundwater level* dan curah hujan mempunyai korelasi yang signifikan dengan kelembaban tanah.
2. Pada kedua stasiun tersebut, untuk parameter *groundwater level* nilai  $t_{hitung} > t_{tabel}$  sehingga korelasi antara *groundwater level* dengan kelembaban tanah adalah signifikan. Sebaliknya untuk parameter curah hujan nilai  $t_{hitung} < t_{tabel}$  sehingga korelasi antara curah hujan dengan kelembaban tanah tidak signifikan. Jadi pengaruh curah hujan terhadap kelembaban tanah dapat diabaikan.

### 4.3.5 Kecepatan Penurunan Groundwater Level

Grafik penurunan GWL ditampilkan pada Gambar 4.14, dan data statistiknya ditampilkan pada Tabel 4.7.



Gambar 4.14 Grafik time series dinamika groundwater level



Pada Tabel 4.7, nilai  $Y_1$  adalah nilai GWL pada tanggal 1 Agustus 2019 yang didapatkan dari persamaan empirik garis linier yang diperoleh pada lokasi bersangkutan (kolom ketiga pada Tabel 4.7) dengan memasukkan nilai  $X = 1$ . Sedangkan nilai  $Y_{25}$  adalah nilai GWL pada tanggal 25 Agustus 2019 yang didapatkan dari persamaan empirik linier pada lokasi bersangkutan dengan memasukkan nilai  $X = 25$ . Pada Tabel 4.7 nampak bahwa lokasi SS1 mempunyai nilai laju penurunan GWL paling cepat dibandingkan dengan lokasi lainnya, yaitu  $v = 1.68 \text{ cm/hari}$ . Hal ini diperkirakan ada kaitannya dengan posisi stasiun pengukuran BRG pada SS1 yang sangat dekat dengan kanal seperti nampak pada Gambar 4.15. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan kanal dapat mempercepat penurunan GWL terutama pada musim kering ekstrim.

Tabel 4.7 Data statistik penentuan kecepatan penurunan GWL

No.	Stasiun	Persamaan Linier Penurunan GWL	$Y_1$ (m)	$Y_{25}$ (m)	$\Delta Y = Y_1 - Y_{25}$ (m)	$\Delta X$ (hari)	$v = \Delta Y / \Delta X$ (cm/hari)
1.	SS1	$Y = -0.0168X + 734.25$	734.2332	733.8300	0.4032	24	<b>1.68</b>
2.	PS2	$Y = -0.0145X + 633.76$	633.7455	633.3975	0.3480	24	1.45
3.	KA	$Y = -0.0141X + 614.69$	614.6579	614.3375	0.3384	24	1.41
4.	PS3	$Y = -0.0086X + 377.05$	377.0414	376.8350	0.2064	24	0.85
5.	CJ1	$Y = -0.0075X + 324.57$	324.5625	324.3825	0.1800	24	0.75
6.	CJ2	$Y = -0.0039X + 171.15$	171.1461	171.0525	0.0936	24	0.39

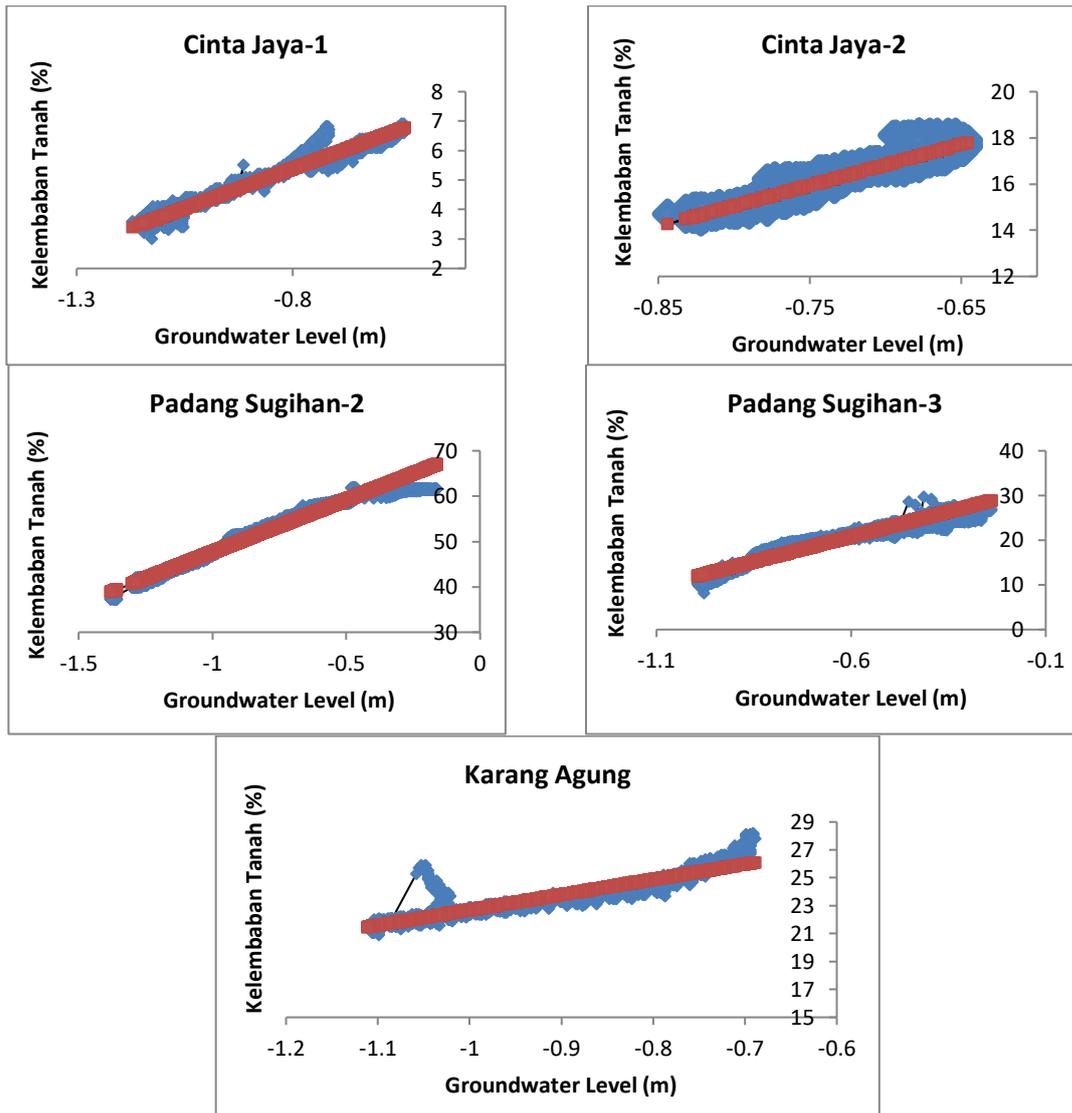
Kanalisisasi dapat menjadi salah satu penyebab mudah terbakarnya suatu lahan gambut. Lahan gambut dapat dibayangkan mirip spons yang mudah terbakar tetapi jika jenuh air maka sangat sulit terbakar. Pada musim kemarau ekstrim yang mana jumlah curah hujan sangat sedikit, deposit air yang ada pada lahan gambut akan mengalir ke kanal-kanal karena posisi kanal yang lebih rendah sehingga lahan gambut menjadi kering dan menjadi mudah terbakar.



Gambar 4.15 Peta lokasi stasiun SS1

#### 4.3.6 Kecepatan Penurunan Kelembaban Tanah Fungsi *Groundwater Level*

Sebelum dapat menghitung kecepatan penurunan kelembaban tanah fungsi *groundwater level* pada musim kering ekstrim 2019, maka dilakukan analisis regresi antara *GWL* dengan *KT*. Grafik hasil analisis regresinya ditunjukkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Grafik hasil analisis regresi antara GWL dengan KT

Informasi selengkapnya tentang hasil analisis regresi antara GWL dan KT tercantum pada Tabel 4.8. Pada Tabel 4.8 tampak bahwa korelasi antara GWL dan KT untuk semua stasiun adalah signifikan karena nilai koefisien korelasinya ( $r$ ) hampir mendekati 1. Hal ini dapat dipahami karena pada musim kemarau ekstrim ini curah hujan sangat minim sehingga yang paling berpengaruh pada kelembaban tanah adalah groundwater level, seperti yang sudah dibahas pada uji  $F$ . Karena korelasinya signifikan maka persamaan



empiris hasil regresi dua variabel ini dapat dimanfaatkan untuk analisis lebih lanjut. Pada bagian ini persamaan tersebut akan digunakan untuk menghitung kecepatan penurunan KT fungsi GWL seperti ditampilkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.8 Data statistik analisis regresi antara GWL dengan KT

No.	Stasiun	r	Persamaan Regresi
1.	Cinta Jaya-1	0.97	$Y = 5.37X + 9.68$
2.	Cinta Jaya-2	0.96	$Y = 17.75X + 29.26$
3.	Padang Sugihan-2	0.98	$Y = 23.11X + 70.75$
4.	Padang Sugihan-3	0.96	$Y = 22.38X + 34.21$
5.	Karang Agung	0.92	$Y = 10.96X + 33,65$

Pada Tabel 4.7, X adalah GWL, Y adalah KT dan K adalah kecepatan penurunan nilai KT terhadap penurunan nilai GWL.  $(X_1, Y_1)$  adalah koordinat pangkal dan  $(X_2, Y_2)$  koordinat ujung untuk garis korelasi linier antara KT dan GWL. Nilai K menunjukkan kemampuan lapisan tanah pada suatu lahan gambut dalam menurunkan kelembabannya, yang menunjukkan juga kemampuannya dalam meloloskan air yang dikenal sebagai **kecepatan penurunan kelembaban tanah**. Sehingga dengan cara ini (empirik) dapat dihitung nilai kecepatan penurunan kelembaban tanah fungsi groundwater level pada suatu lahan gambut pada musim kemarau ekstrim.

Dari Tabel 4.9 terlihat bahwa lahan gambut di Padang Sugihan mempunyai nilai K terbesar, yaitu 23.09%/m untuk Padang Sugihan-2 dan 22.69%/m untuk lokasi Padang Sugihan-3, berarti lapisan lahan gambut pada lokasi ini mempunyai kemampuan menurunkan kelembaban tanah terbesar atau mempunyai kecepatan melepaskan air terbesar (Aguilera *et al.*, 2016; Smith *et al.*, 2010) dibandingkan dengan lokasi lainnya. Dengan demikian permukaan tanah gambut di Padang Sugihan lebih cepat mengering dibandingkan lokasi lainnya.

Tabel 4.9 Data statistik perhitungan kecepatan penurunan kelembaban tanah

No.	Lokasi	Persamaan Linier	X <sub>1</sub> (m)	X <sub>2</sub> (m)	ΔX (m)	Y <sub>1</sub> (%)	Y <sub>2</sub> (%)	ΔY (%)	K=ΔY/ΔX (%/m)
1.	CJ1	$Y = 5.37X + 9.68$	-1.17	-0.54	0.63	3.39	6.78	3.39	5.38
2.	CJ2	$Y = 17.75X + 29.26$	-0.84	-0.65	0.19	14.27	17.79	3.52	18.52
3.	<b>PS2</b>	$Y = 23.11X + 70.75$	-1.38	-0.16	1.22	38.79	66.96	28.17	<b>23.09</b>
4.	<b>PS3</b>	$Y = 22.38X + 34.21$	-0.99	-0.25	0.74	11.94	28.70	16.76	<b>22.69</b>
5.	KA	$Y = 10.96X + 33,65$	-1.11	-0.69	0.42	21.48	26.10	5.38	12.81



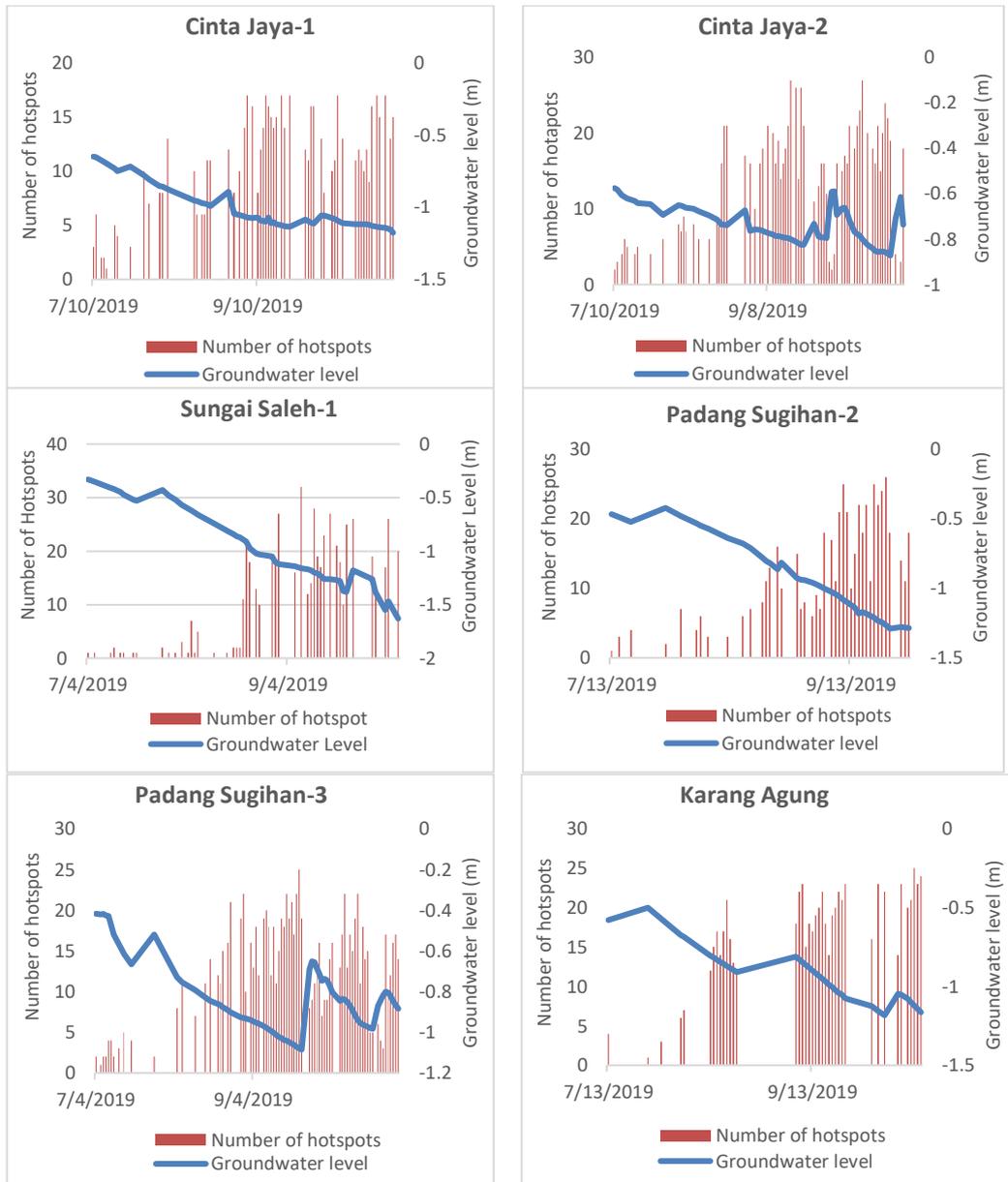
Jika ditinjau dari tingkat kematangan lahan gambut, semakin matang lahan gambut maka semakin kecil kemampuannya dalam menyerap air di musim hujan dan meloloskan air di musim kemarau karena porositasnya yang semakin mengecil. Secara umum tingkat kematangan gambut di Sumsel adalah menengah (hemik) (Wahyunoto *et al.*, 2004). Lahan gambut pada tingkat kematangan hemik mempunyai daya serap air sebesar 4,5-8,5 kali berat keringnya (Sri *et al.*, 2008). Selain karena tingkat kematangannya, kebakaran lahan dapat juga menjadi penyebab turunnya kemampuan tanah dalam menyerap dan melepaskan air karena menurunnya porositas tanah (Hermato *et al.*, 2017). Dengan demikian perlu penelitian lebih lanjut tentang faktor dominan penyebab cepat lambatnya penurunan kelembaban tanah pada suatu lahan gambut, apakah karena tingkat kematangannya atautkah karena faktor kebakaran lahan atau ada faktor lainnya.

#### 4.3.7 Penentuan *Groundwater level Minimum*

Grafik *overlay* yang memperlihatkan hubungan antara GWL dan jumlah *hotspots* ditampilkan pada Gambar 4.17. Pada Gambar 4.18 terlihat bahwa:

- *Hotspots* mulai muncul pada bulan Juli.
- *Hotspots* banyak muncul pada bulan Agustus, September dan Oktober.
- Secara umum pada saat GWL naik karena adanya hujan, *hotspots* yang muncul tidak banyak karena GWL naik menyebabkan kelembaban tanah juga naik. Pada stasiun Karang Agung terlihat jelas bahwa pada saat GWL naik hampir tidak ada *hotspots* yang muncul.

Grafik regresi antara GWL dengan jumlah *hotspots* ditunjukkan pada Gambar 4.18, sedangkan data statistik secara lengkap ditampilkan pada Tabel 4.10. Pada Tabel 4.10 terlihat bahwa korelasi antara GWL dengan *hotspots* pada semua lokasi kajian adalah signifikan sehingga persamaan empirik yang diperoleh dapat digunakan untuk kepentingan kajian lebih lanjut yang terkait dengannya.

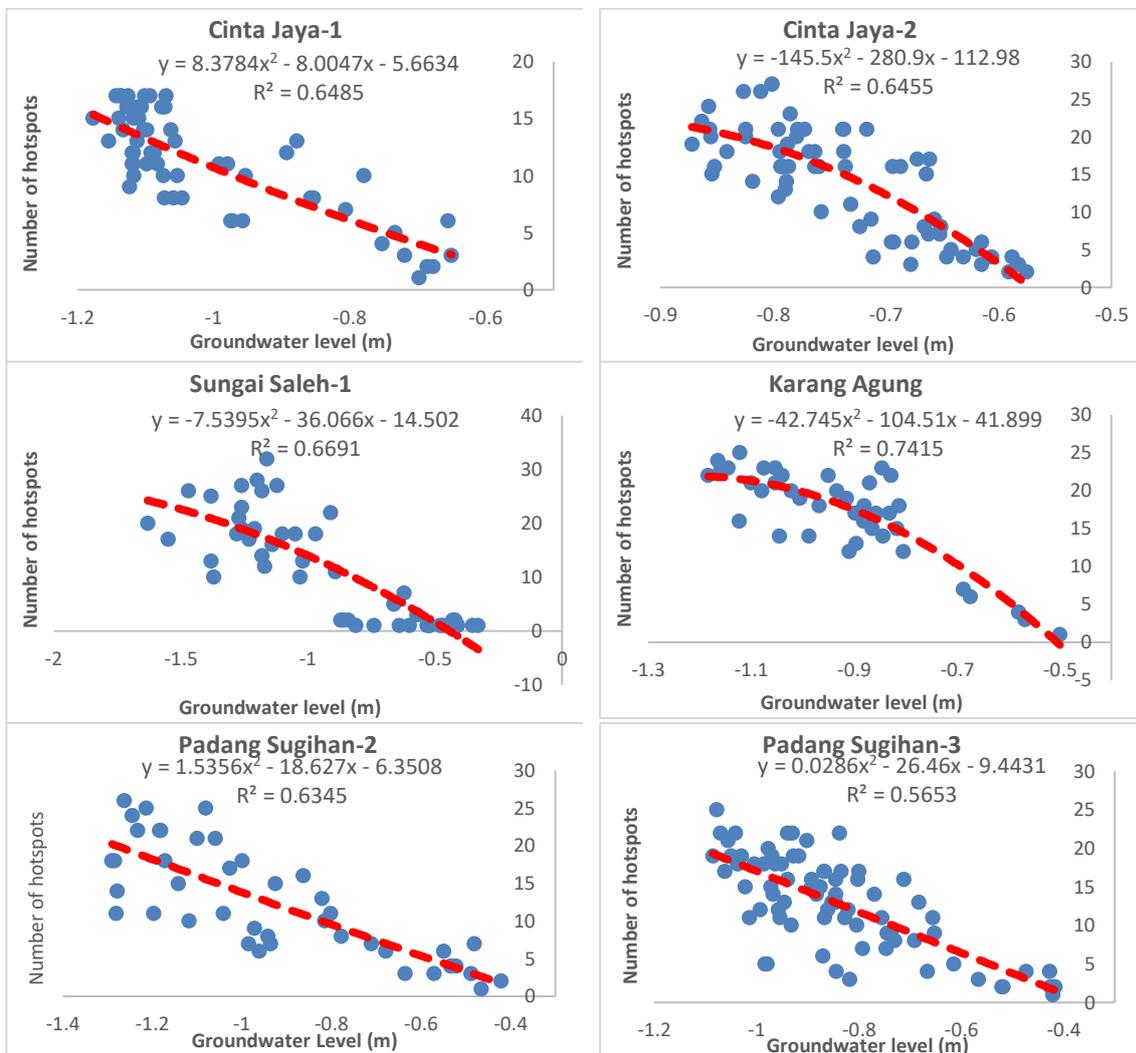


Gambar 4.17. Grafik overlay groundwater level dan jumlah hotspots

Berdasarkan persamaan empirik antara GWL dan jumlah hotspots yang telah diperoleh maka dapat dihitung berapa nilai minimal GWL agar jumlah hotspots menjadi minim. Caranya adalah dengan memberi nilai  $Y = 0$  pada persamaan empirik tersebut



sehingga didapatkan nilai  $X$ .  $Y$  adalah jumlah hotspots dan  $X$  adalah GWL, artinya kita mencari GWL pada saat tidak ada hotspots. Data statistik hasil perhitungan GWL minimal ditampilkan pada Tabel 4.11.



Gambar 4.18 Grafik korelasi antara groundwater level dengan jumlah hotspots



Tabel 4.10 Data statistik korelasi antara GWL dengan jumlah hotspots

No	Stasiun	n	r	t <sub>hitung</sub>	t <sub>tabel</sub>	Signifikansi
1.	Sungai Saleh-1	48	0.82	9.72	2.01	Signifikan
2.	Cinta Jaya-1	50	0.81	9.57	2.01	Signifikan
3.	Cinta Jaya-2	68	0.80	10.83	2.00	Signifikan
4.	Padang Sugihan-2	42	0.80	8.43	2.02	Signifikan
5.	Padang Sugihan-3	72	0.75	9.47	1.99	Signifikan
6.	Karang Agung	40	0.86	10.39	2.02	Signifikan

Tabel 4.11 Data statistik penentuan GWL minimal

No	Stasiun	Persamaan Empirik GWL vs. Hotspots	GWL min (m)
1.	Sungai Saleh-1	$Y = -7.5395X^2 - 36.066X - 14.502$	-0,44
2.	Cinta Jaya-1	$Y = 8.3784X^2 - 8.0047X - 5.6634$	-0,47
3.	Cinta Jaya-2	$Y = -145.5X^2 - 280.9X - 112.98$	-0,57
4.	Padang Sugihan-2	$Y = 1.5356X^2 - 18.627X - 6.3508$	-0,33
5.	Padang Sugihan-3	$Y = 0.0286X^2 - 26.46X - 9.4431$	-0,36
6.	Karang Agung	$Y = -42.745X^2 - 104.51X - 41.899$	-0,50

Data hasil perhitungan GWL minimal pada 6 lokasi kajian tersebut dihitung rata-rata dan deviasi standarnya sehingga diperoleh nilai rata-ratanya: GWL minimal =  $(-0.45 \pm 0.09)$  m. Nilai ini diharapkan dapat dijadikan acuan bagi semua pihak yang terkait dengan kebijakan mitigasi bencana kebakaran pada lahan gambut. Dengan mempertahankan nilai **GWL minimal =  $(-0.45 \pm 0.09)$  m** diharapkan jumlah hotspots yang muncul menjadi minimal.

# BAB V

## SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Secara temporal dan spasial curah hujan pada musim kering ekstrim 2019 mengalami penurunan yang signifikan yaitu rata-rata sebesar 77% dibandingkan dengan musim kering normal tahun 2018. Selama bulan Agustus 2019 pada stasiun Sungai Saleh 1, jumlah curah hujan adalah 0 mm dan pada stasiun Sungai Lumpur 1 jumlah curah hujan hanya 3 mm, sehingga berpotensi menimbulkan kebakaran pada lahan gambut. Jika kita dapat mengendalikan jumlah curah hujan maka kebakaran pada lahan gambut di Sumatera Selatan dapat dicegah.

Secara temporal dan spasial temperatur pada musim kering ekstrim 2019 mengalami perubahan yang sangat kecil yaitu rata-rata hanya 0.64°C atau sebesar 2.25% dibandingkan musim kering normal 2018, suatu angka yang tidak berarti untuk dapat menimbulkan kebakaran pada suatu lahan gambut, sehingga temperatur tidak signifikan untuk dijadikan sebagai parameter pengontrol kebakaran pada lahan gambut di Sumatera Selatan.

Perbedaan pasang tertinggi dan surut terendah pada peristiwa pasang surut (pasut) di lahan gambut hanya berkisar antara 1-3 cm sehingga pasut pada lahan gambut tidak signifikan untuk dijadikan sebagai parameter pengontrol kebakaran pada lahan gambut di Sumatera Selatan. Penelitian ini juga telah berhasil menemukan bahwa tipe pasut pada setiap lahan gambut ternyata tidak seragam, sedangkan tipe pasut pada sungai-sungai di dekatnya seragam.

Secara temporal dan spasial pada musim kering ekstrim 2019 *Groundwater level* mengalami penurunan yang berarti, bahkan pada stasiun Karang Agung *groundwater level* mengalami penurunan sampai dengan -1.37 m yang sangat berpotensi menimbulkan kebakaran pada lahan gambut. Jika penurunan *groundwater level* dapat dikendalikan maka kebakaran pada lahan gambut dapat dicegah.



Secara temporal dan spasial pada musim kering ekstrim 2019 kelembaban tanah mengalami penurunan yang berarti. Pada stasiun Padang Sugihan-2 selama bulan Juli 2019 saja telah terjadi penurunan kelembaban tanah sebesar 9.8% yang sangat berpotensi menimbulkan kekeringan lahan dan memicu kebakaran pada lahan gambut. Jika penurunan kelembaban tanah dapat dikendalikan maka kebakaran pada lahan gambut dapat dicegah.

Curah hujan dan *groundwater level* secara simultan mempunyai korelasi yang signifikan dengan kelembaban tanah, atau dapat dikatakan bahwa kedua parameter ini secara simultan berpengaruh terhadap kelembaban tanah. Namun secara parsial curah hujan tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kelembaban tanah. Hal ini dapat dipahami karena pada musim kering ekstrim curah hujan sangat minim sehingga yang paling berpengaruh pada penurunan kelembaban tanah adalah penurunan *groundwater level*.

Kecepatan penurunan *groundwater level* pada setiap lahan gambut adalah berbeda-beda. Kecepatan penurunan *groundwater level* tertinggi terjadi pada stasiun Sungai Saleh-1 yaitu 1.68 cm/hari. Stasiun ini berada paling dekat dengan kanal sehingga keberadaan kanal terbukti dapat mempercepat penurunan *groundwater level*.

Kecepatan penurunan kelembaban tanah fungsi penurunan *groundwater level* pada setiap stasiun adalah berbeda-beda. Kecepatan tertinggi kelembaban tanah terjadi pada stasiun Padang Sugihan-2 yaitu 23.09%/m, sehingga lahan gambut pada daerah ini lebih cepat mengering.

*Groundwater level* minimal yang harus dipertahankan untuk meminimalisir munculnya *hotspots* pada lahan gambut di Sumatera Selatan adalah  $(-0,45 \pm 0,09)$  m.

## 5.2 Saran

Penelitian ini telah berhasil menghitung kecepatan penurunan *groundwater level* dan kecepatan penurunan kelembaban tanah pada beberapa stasiun di lahan gambut Sumatera Selatan. Meskipun demikian penelitian ini belum mengkaji secara rinci faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan penurunan *groundwater level* dan kelembaban tanah pada setiap stasiun tersebut karena membutuhkan pengetahuan yang multidisiplin. Berdasarkan hal tersebut penulis menyarankan perlu dilakukan penelitian lanjutan, berupa penelitian kolaborasi multidisiplin untuk menganalisis beberapa faktor yang diperkirakan dapat mempengaruhi kecepatan penurunan *groundwater level* dan kelembaban tanah pada setiap lahan gambut. Faktor-faktor tersebut diantaranya: keadaan tutupan lahan, jenis tanaman tutupan lahan, porositas lapisan gambut, permeabilitas lapisan gambut, jumlah kanal, kedalaman kanal, posisi kanal, dan sebagainya.



Perlu upaya lebih masif lagi dari semua pihak dalam menangani masalah penurunan *groundwater level*, karena data menunjukkan bahwa pada musim kering ekstrim 2019 beberapa lahan gambut di Sumatera Selatan mengalami penurunan *groundwater level* yang cukup tajam, misalnya pada stasiun Karang Agung yang mencapai  $-1,37$  m. Hal ini jauh melewati batas minimal *groundwater level* yang harus dipertahankan pada lahan gambut di Sumatera Selatan seperti hasil penelitian ini yaitu  $(-0,45 \pm 0,09)$  m.

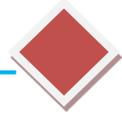


# DAFTAR PUSTAKA

- Abdullahi M G and Garba I 2016 Effect of Rainfall on GWL Fluctuation in Terengganu Malaysia *J. Remote Sens.* 4 (2) pp. 1-5
- Aguilera H, Moreno L, Wesseling J G, Jiménez-Hernández M E, and Castaño S 2016 Soil moisture prediction to support management in semiarid wetlands during drying episodes *Catena* 147 pp. 709–724.
- Aigwin N and Martin K 2015 Simple linear regression *BMJ* 346 (7904) pp. 999–1000.
- Ananto E E and Pasandaran E 2007 Pengolahan Lahan Gambut di Sumatera Selatan *Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian* pp. 193-211
- Apriani I, Kosar M, Rosalina L 2015 Intip Hutan: Nasib Hutan Alam Indonesia *For. Watch Indonesia*, pp. 1–48.
- Ateş C, Kaymaz O, Kale H E, and Tekindal M A 2019 Comparison of Test Statistics of Nonnormal and Unbalanced Samples for Multivariate Analysis of Variance in terms of Type-I Error Rates *Comput. Math. Methods Med.* pp. 1-8
- Atwood E C, Enghart S, Lorenz E, Halle W, Wiedemann W, and Siegert F 2016 Detection and characterization of low temperature peat fires during the 2015 fire catastrophe in Indonesia using a new high-sensitivity fire monitoring satellite sensor (FireBird) *PLoS One* 11 (8) pp. 1–25.
- Barthel M, Fava J, James K, Hardwick A, Khan S 2017 Hotspots Analysis *United Nation Environment Programme* pp. 1-86.
- Bowen M R, Jean M B, Ivan P A, Philippe G, Anne G 2001 Anthropogenic fires in Indonesia, a view from Sumatera. *Departemen Kehutanan dan Perkebunan Republik Indonesia*.
- Chuvienco E, Aguado I, Yebra M., Nieto H, Salas J, Martin M P, Vilar L, Martinez J, Martin S, Ibarra P, Riva J D L, Baeza J, Rodriguez F, Molina R J, Herrera M A, Zamora R 2009 Development of a Framework for Fire Risk Assessment using Remote Sensing and Geographic Information System Technologies *Ecological Modelling*. 221 pp. 46-58.
- Dariah A, Maftuah E, Maswar 2012 Karakteristik Lahan Gambut *Panduan Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Tergradasi* pp. 1-29.
- Desember J, Tanah K 2017 Rancang Bangun Alat Ukur Temperatur Tanah, Kelembaban Tanah, dan Resistansi *J. Tek. Elektro* 9 (2) pp. 80–86.
- Dohong A, Aziz A A, Dargusch P 2017 A Review of The Drivers of Tropical Peatland Degradation in South-East Asia *Land Use Policy* 69 (September) pp. 349–360.



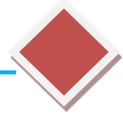
- Doi T, Behera S K, Yamagata, T, 2020. Predictability of the super IOD event in 2019 and its link with El Nino Modoki *Geophysical Research Letters* pp. 1-9.
- Fadilah, Suripin, Sasongko D P 2014 Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty *Maspari* 6 (1) pp. 1–12.
- Fauzan A M 2019 Curah Hujan: Pengertian, Klasifikasi, Pengukuran, dan Alat Ukur *Forester Act*.
- Ferguson S A, Sandberg D V, Ottmar R. 1998 Modelling The Effect of Landuse Change on Global Biomass Emissions Seattle *Forestry Sciences Laboratory*.
- Fistikoglu O, Gunduz O, Simsek C 2016 The Correlation Between Statistically Downscaled Precipitation Data and GWL Records in North-Western Turkey *Water Resour. Manag.* 30 (15) pp. 5625–5635.
- Gerald B 2018 A Brief Review of Independent, Dependent and One Sample t-tes *Int. J. Appl. Math. Theor. Phys.* 4 (2) pp. 50-55..
- Hamada Y, Tsuji N, Kojima Y, Qirom 2016 Guidebook for estimating carbon emissions from tropical peatlands in Indonesia p. 47
- Handayani T, Santoso A J, Dwiandiyanta Y 2014 Pemanfaatan Data Terra Modis untuk Identifikasi Titik Api Pada Kebakaran Hutan Gambut (Studi Kasus Kota Dumai Provinsi Riau) *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Komun* (Sentika) pp. 2089–9813.
- Hasibuan R D and Surbakti H 2015 Analisis Pasang Surut Dengan Menggunakan Metode Least Square Dan Penentuan Periode Ulang Pasang Surut Dengan Metode Gumbel Di Perairan Boom Baru Dan Tidal Analysis *Maspari* 7 (1) pp. 35–48.
- Hermanto and Wawan 2017 Sifat-sifat Tanah pada Berbagai Tingkat Kebakaran Lahan Gambut di Desa Rimbo Panjang *JOM Faperta* 4 (2) pp. 1-13.
- Holden J, and Burt T P 2003 Hydraulic Conductivity in Upland Blanket Peat: Measurement and Variability *Hydrol. Process.* 17 (6) pp. 1227–1237.
- Hooijer A, Moore S, Limin S H, Jones T G 2013 Deep Instability of Deforested Tropical Peatlands Revealed by Fluvial Organic Carbon Fluxes *Nature* 493 (7434) pp. 660–663.
- Iriana W, Tonokura K, Inoe G, Kawasaki M, Kozan O 2018 Ground-based measurements of column-averaged carbon dioxide molar mixing ratios in a peatland fire-prone area of Central Kalimantan, Indonesia *Sci. Rep.* 8 (1) pp. 1–8.
- Iskandar I, Utari P A, Lestari D O, Sari Q W, Setiabudidaya D, Khakim M Y N, Yustian I, and Dahlan Z. 2017 Evolution of 2015/2016 El Niño and Its Impact on Indonesia *AIP Conf. Proc.* 1857 pp.1-6
- Justice C, Giglio L, Boschetti L, Roy D, Csiszar I, Morisette J & Kaufman, Y 2006 MODIS Fire Products Algorithm Technical Background Document Version 2.3
- Kim T K 2015 Statistic and Probability *Korean Journal of Anesthesiology* Table 2 pp. 1-7



- Kirana A P, Sitanggang I S, Syaufina L 2016 Hotspots Pattern Distribution in Peat Land Area in Sumatera Based on Spatio Temporal Clustering *Procedia Environ. Sci.* 33, pp. 635–645.
- Kobayashi S 2015 Peatland and peatland forest in Brunei Darussalam *Tropical Peatland Ecosystem* pp.75-89
- Kolay P K, and Shafiee S 2007 Hydraulic Conductivity of Tropical Peat Soil From Sarawak no. 1968 pp. 19–25
- Larisa L and Marisa N 2017 17 – Chemical Sensor for Soil New Presticides & Soil Sencor pp. 637-678
- Lestari D O, Sutriyono E, Sabaruddin, and Iskandar I 2018 Severe Drought Event in Indonesia Following 2015/16 El Niño/positive Indian Dipole Events *J. Phys. Conf. Ser.* 1011 (1) pp. 1-5
- Li B, Wang L, Kaseke K F, Li L, and Seely M K 2016 The Impact of Rainfall on Soil Moisture Dynamics in A Foggy Desert *PLoS One* 11 (10) pp. 1-17
- Li S, Liu L, Cai S, Wang G 2019 Tidal Harmonic Analysis and Prediction With Least-Squares Estimation and Inaction Method *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 220 (March) pp. 196–208.
- Liew S C, Lim O K, Kwoh L K, Lim H 1998 A Study of The 1997 Forest Fire in South East Asia using SPOT quicklook mosaics Geoscience and Remote Sensing Symposium *Proceedings IEEE International* 2 pp. 879-881.
- Marlier M E, Defries R S, Kim P S, Koplitz S N, Jacob D J 2015 Fire Emissions and Regional Air Quality Impacts from Fires in Oil Palm, Timber, And Logging Concessions in Indonesia *Environmental Research Letters* 10 (8) pp. 1-9
- Margono B A, Potapov P V, Turubanova S, Stolle F, and Hansen M C 2014 Primary forest cover loss in indonesia over 2000-2012 *Nat. Clim. Chang.* 4 (8) 730–735.
- Nurisman N, Fauziyah, Surbakti H 2012 Karakteristik Pasang Surut di Alur Pelayaran Sungai Musi Menggunakan Metode Admirality [Tidal Fluctuation Characteristics in Musi River Navigation Channel using Admirality Method *Maspari J.* 4 (1) pp. 110–115.
- Neoh K B, Bong L J, Muhammad 2015 Understanding The Impact of Fire on Termites in Degraded Tropical Peatlands and The Mechanisms for Their Ecological Success: Current Knowledge and Research Needs *Ecol. Res.* 30 (5) pp. 759–769, 2015.
- Nontji 2005 Laut Nusantara Jakarta Penerbit Djambatan pp. 1-372
- Osaki M and Tsuji N 2015 Tropical Peatland Ecosystems Mitsuru Osaki (Sapporo Japan: *Springer*) pp. 1–651.
- Osawa T and Kajita R 2020 03 News of Indonesian Fires in 2019 Newsletter, Toward the Regeneration of Tropical *Peatland Societies Project* (8) pp.8-10
- Parwati, Widipaminto A, Suwarsono, Zubaidah A, Indrajat A, Salyasari N D 2016 Informasi Titik Panas (Hotspots) Kebakaran Hutan/Lahan *Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh Deputi Bidang Penginderaan Jauh – LAPAN* pp. 1-15



- Prasasti I, Sambodo K A, Carolita I 2007 Pengkajian Pemanfaatan Data Terra-Modis untuk Ekstraksi Data Suhu Permukaan Lahan (SPL) Berdasarkan Beberapa Algoritma *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Digital* **4**(1).
- Prayogo M B R, Yananto A, Kusumo D D 2017 Correlational Analysis between Hotspots Density and Rainfall in Sumatera and Kalimantan *J. Sains Teknol. Modif. Cuaca*, **18** (1) pp. 17–24.
- Price J C 1982 On The Use of Satellite Data to Infer Surface Fluxes at Meteorological Scales *Journal of Applied Meteorology* 21 pp. 1111–1122.
- Sari H L 2017 Pengclusteran Data Curah Hujan Fuzzy Clustering AlgoriGWL Mixture *Pseudocode*, **1** pp. 60–71.
- Setyaki A, Rufaida F, Ratnasari R, Sugasri A, Fauzi A, Isbandi S, Septiana C 2013 ASEAN Agreement on Transboundary Haze Pollution *Kementerian Lingkungan Hidup*.
- Sloan S, Locatelli B, Wooster M J, Gaveau D L A 2017 Fire Activity in Borneo Driven by Industrial Land Conversion and Drought During El Niño Periods, 1982–2010 *Glob. Environ. Chang.* **47** (November) pp. 95–109
- Smits K T, Sakaki T, Limsuwat A, and Illangasekare T H 2010. Thermal Conductivity of Sands under Varying Moisture and Porosity in Drainage–Wetting Cycles *Vadose Zo. J.* **9** (1) p. 172.
- Sri N H U, Azwar M, Bustang R, Benito H P 2009 Sifat Fisika, Kimia dan FTR Spektrofotometri Gambut Hidrofobik Kalimantan Tengah *J Tanah Trop.* 14 (2) pp. 159-166
- Sulaiman A, Sari E N N, Saad A 2017 Sistem Telemetri: Tinggi Muka Air *Badan Restorasi Gambut*, Jakarta.
- Surbakti H 2012 Karakteristik Pasang Surut dan Pola Arus di Muara Sungai Musi, Sumatera Selatan *J. Penelit. Sains* **15** (D) pp. 35–39.
- Surinati D 2007 Pasang Surut dan Energinya *Oseana* **32** (1) pp. 15-22
- Suswati D, Hendro S B, Shiddieq D, Indradewa D 2011 Identifikasi Sifat Fisik Lahan Gambut Rasau Jaya III Kabupaten Kubu Raya untuk Pengembangan Jagung *J. Tek. Perkebunan & PSDL* **1** pp. 31-40
- Sutanto 1994 *Penginderaan Penerbit Gadjah Mada University Yogyakarta*
- Syaufina L, Siwi R, Nurhayati A D 2014 Perbandingan Sumber Hotspots sebagai Indikator Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut dan Korelasinya dengan Curah Hujan di Desa Sepahat, Kabupaten Bengkalis, Riau *J. Silvikultur Trop.* **05** (2) pp. 113–118.
- Takeuchi W, Hirano T, Roswintiarti O 2015 Estimation Model of Groundwater Table at Peatland in Central Kalimantan, Indonesia *Trop. Peatl. Ecosyst* pp. 445–453
- Tata M H L and Pradjadinata 2013 Regenerasi Alami Hutan Rawa Gambut Terbakar dan Lahan Gambut Terbakar di Tubang Nusa, Kalimantan Tengah dan Implikasinya terhadap Konservasi *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* **10** (3) pp. 327-342.
- Thoha, A S 2006 Application of Remote Sensing On Peat Fire Detection In Bengkalis District Riau



- Province *Peronema Forestry Science Journal* **2**(2)
- Van der Werf G R, Dempewoll J, Trigg S N, Randerson J T, Kasibhatla R S, Giglio L, Murdiyarso D, Peter W, Morton D C, Collatz G J, Polman A J, Defries R S 2008 Climate regulation of fire emission and deforestation in equatorial Asia *PNAS* 10 pp. 20350-20355.
- Velázquez J M A V, Montiel A, Fleitas D, Ahmed S, Quevedo R 2017 Walled off infected in patient with situs totalis inversus *Pancreatology* 17 (4) pp. S62–S63.
- Vetrita Y, and Haryani N S 2012 Validasi Hotspots MODIS Indofire di Provinsi Riau *J. Ilm. Geomatika* 18 (1) pp. 17–28
- Wahyunoto, Ritung S, Suparto, Subagio H 2004 Sebaran Gambut dan Kandungan Karbon di Sumatera dan Kalimantan *Canadian International Development Agency* pp. 1-281
- Wang D, Morton D, Masek J 2012 Impact of Sensor Degradation on The MODIS NDVI Time Series *Remote Sens. Environ.* 119 (2012) pp. 55–61.
- Wang H, Gao J E, Zhang M J, Li X H, Zhang S L, and Jia L Z 2015 Effects of Rainfall Intensity on Groundwater Recharge Based on Simulated Rainfall Experiments and a Groundwater Flow Model *Catena* 127 pp. 80–91
- Watts A C, Kobziar L N, Snyder J R 2012 Fire Reinforces Structure of Pondcypress (*Taxodium distichum varimbricarium*) domes in a wetland landscape *Wetlands* 32 pp. 439-448
- WBG 2016 The Cost of Fire an Economic Analysis of Indonesia's 2015 *Fire Crisis. Sustainable Landscapes Knowledge Note*: 1.
- Yule C M 2010 Loss of biodiversity and Ecosystem Functioning in Indo-Malayan Peat Swamp Forests *Biodivers Conserv.* 19 (2) pp. 393–409



# LAMPIRAN

## L.1 Hasil Uji F

### L.1.1 Karang Agung

SUMMARY OUTPUT									
<i>Regression Statistics</i>									
Multiple R	0.638763								
R Square	0.408018								
Adjusted R Square	0.365733								
Standard Error	2.457632								
Observations	31								
<i>ANOVA</i>									
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>				
Regression	2	116.5632	58.28162	9.649349	0.000649				
Residual	28	169.1187	6.039953						
Total	30	285.6819							
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>	
	Intercept	58.6208	4.093269	14.32127	2.07E-14	50.23612	67.00548	50.23612	67.00548
<b>GWL</b>	X Variable	31.47721	7.346461	4.284677	0.000195	16.42867	46.52575	16.42867	46.52575
<b>CH</b>	X Variable	-0.00375	0.335689	-0.01116	0.991178	-0.69137	0.683882	-0.69137	0.683882



### L.1.2 Cinta Jaya-2

SUMMARY OUTPUT								
<b>Regression Statistics</b>								
Multiple R	0.81495							
R Square	0.664143							
Adjusted R Square	0.640153							
Standard Error	1.340527							
Observations	31							
<b>ANOVA</b>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	2	99.49848	49.74924	27.68441	2.32E-07			
Residual	28	50.31635	1.797013					
Total	30	149.8148						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	36.81498	2.101742	17.51641	1.27E-16	32.50975	41.1202	32.50975	41.1202
X Variable 1	25.04604	3.456214	7.24667	6.88E-08	17.96631	32.12577	17.96631	32.12577
X Variable 2	0.701677	1.534818	0.457173	0.651074	-2.44225	3.845609	-2.44225	3.845609



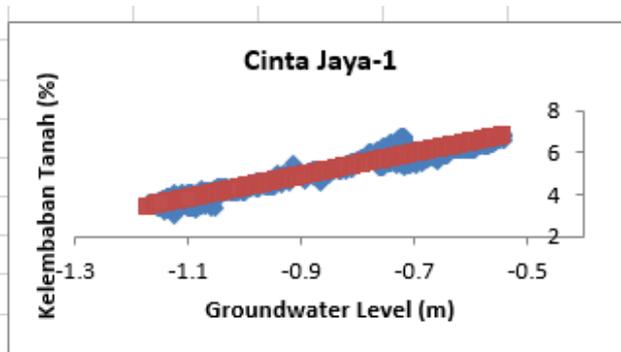
## L.2 Uji Regresi Hubungan antara *Groundwater Level* dan Kelembaban Tanah

### L.2.1 Cinta Jaya 1

#### SUMMARY OUTPUT

##### Regression Statistics

Multiple R	0.974971
R Square	0.950568
Adjusted R Square	0.950551
Standard Error	0.215683
Observations	2911



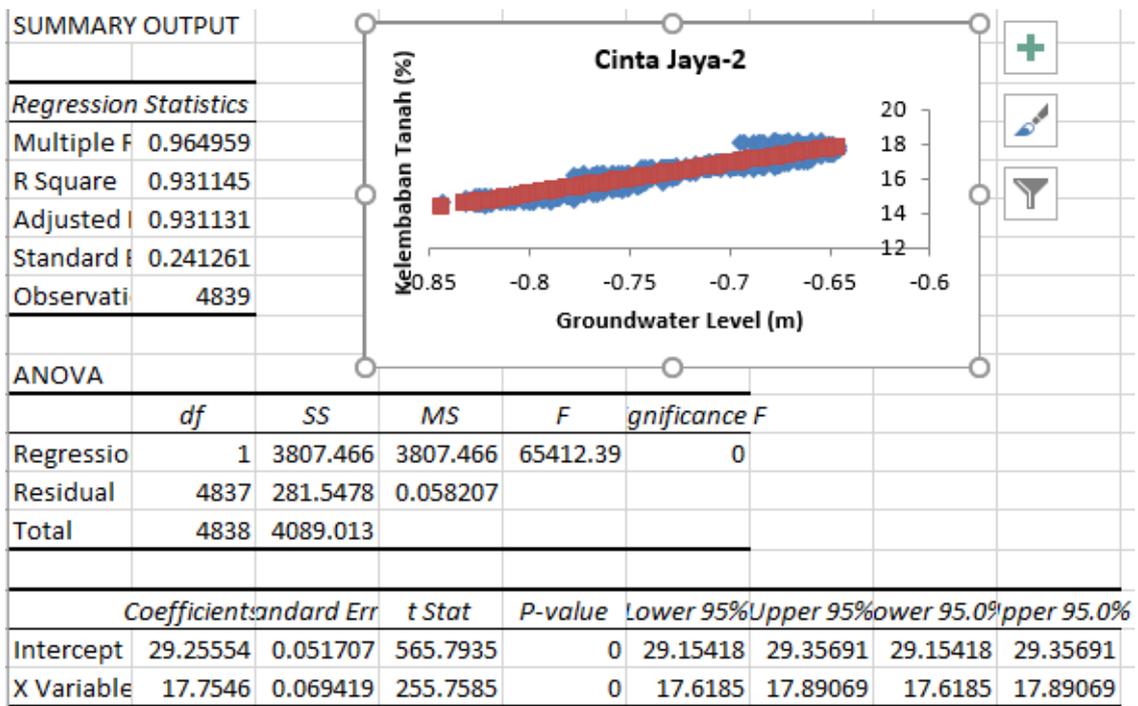
#### ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	2602.263	2602.263	55939.7	0
Residual	2909	135.324	0.046519		
Total	2910	2737.587			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	9.683066	0.022851	423.7542	0	9.638261	9.727871	9.638261	9.727871
X Variable	5.373712	0.02272	236.5157	0	5.329163	5.418262	5.329163	5.418262

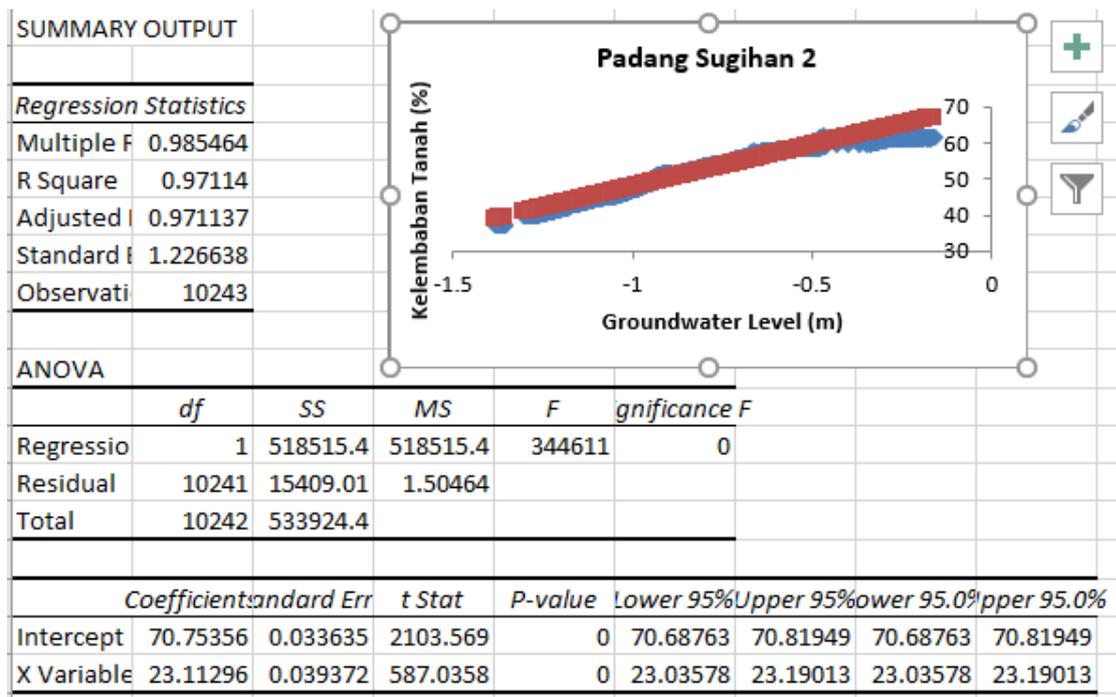


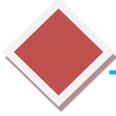
### L.2.2 Cinta Jaya 2





### L.2.3 Padang Sugihan 2



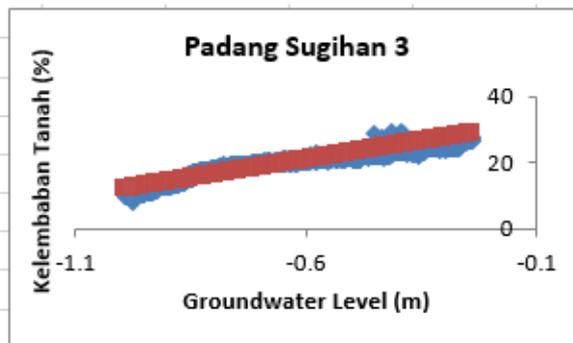


### L.2.4 Padang Sugihan 3

**SUMMARY OUTPUT**

*Regression Statistics*

Multiple R	0.959057
R Square	0.91979
Adjusted R Square	0.919781
Standard Error	1.350376
Observations	8468



**ANOVA**

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	177031.1	177031.1	97082.36	0
Residual	8466	15437.88	1.823515		
Total	8467	192469			

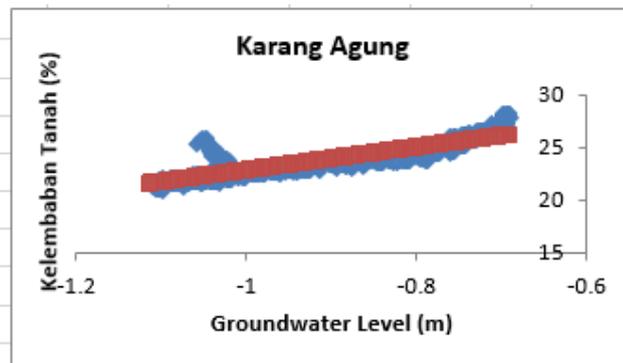
	<i>Coefficient</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	34.20575	0.051807	660.2595	0	34.10419	34.3073	34.10419	34.3073
X Variable	22.37843	0.071822	311.5804	0	22.23764	22.51922	22.23764	22.51922



### L.2.5 Karang Agung

#### SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.92136
R Square	0.848905
Adjusted R Square	0.848865
Standard Error	0.58286
Observations	3766



#### ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	7184.331	7184.331	21147.47	0
Residual	3764	1278.726	0.339725		
Total	3765	8463.058			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	33.65287	0.069924	481.2793	0	33.51578	33.78996	33.51578	33.78996
X Variable	10.95729	0.075348	145.4217	0	10.80956	11.10501	10.80956	11.10501

