

MODEL DRAINASE LAHAN GAMBUT UNTUK BUDIDAYA KELAPA SAWIT BERBASIS EVALUASI LAHAN

Oleh

Momon Sodik Imanudin dan Bakri

Dosen Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

Email: momon_unsri@yahoo.co.id

ABSTRAK

Perkembangan investasi perkebunan sawit dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Kondisi ini menyebabkan perluasan areal merambah ke lahan basah, karena lahan kering sudah terbatas. Salah lahan basah yang mulai di kembangkan adalah gambut. Disisilain pembukaan lahan yang tidak meperhatikan fungsi ekologis gambut bisa berdampak kepada kerusakan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi pengembangan kelapa sawit di lahan gambut, dengan pendekatan evaluasi lahan. Metode survai lapang adalah skala tinjau, penialain kesesuaian lahan mengacu kepada standar FAO dengan penyesuaian. HASil penilai menunjukkann lahan memiliki ketebalan gambut diatas 3m seluas 28% dari total area, sehingga lahan bisa di lanjutkan untuk di buka sawit. Pada area yang layak dibuka faktor pembatas utama adalah reaksi tanah, genangan, dan status hara. Semua paremete ini secara potensial bisa diperbaiki. Namun karena investasi cukup besar maka penilaian ahir lahan termasuk kurang sesuai (S2). Budidaya hanya bisa dilakukan bila dilakukan drainase. Dalam pembuatan rancangan saluran terbuka harus hati hati untuk menghindari kelebihan pembuangan air. Oleh karena itu analisis hidrologi cukup berdasarkan periode ulang 5 tahun saja. Simulasi computer DRAINMOD di lakukan untuk menguji pengaruh operasi bangunan pengendali dalam menaikan muka air tanah di musim kemarau. Hasil simulasi menunjukan bahwa pada sat saluran terbuka tanpa ada pengendalian maka muka air di musim kermarau turun ssampai90 cm dibawah permukaan tanah. Upaya penahanan air di saluran tersier 70 cm bisa menaikan air 30-40 dibawah permukaan tanah. Kunci keberhasilan pengembahan kelapa sawit di lahan gambut adalah sangat terletak kepada ada tidaknya bangunan pengendali di pintu tersier. Tipe pintu air kelep bahan fiber sangat sesuai di aplikasikan. Dan untuk tahap awal guna menghemat biaya bisa dilakukan dengan sistem penahanan dengan karung tanah atau pintu papan stoplog.

Kata kunci: Lahan gambut, sawit, drainase, DRAINMOD

I. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk selalu diiringi dengan peningkatan kebutuhan lahan. Disisilain telah terjadi pengurangan lahan produktif akibat kebutuhan industri dan perumahan, pertanian serta sektor perkebunan. Kondisi yang terus berlanjut menyebabkan lahan kering khususnya di daerah Sumatera menjadi sangat terbatas, dan kebutuhan sektor perkebunan khususnya untuk sawit dari tahun ke tahun terus bertambah. Tidak ada jalan lain pembukaan lahan sudah mulai memanfaatkan lahan basah, bahkan lahan basag gambut menjadi pilihan.

1 | Makalah disampaikan pada Seminar dan Lokakarya Kelapa Sawit Tema Pengembangan Kelapa Sawit Terpadu dan Berkelanjutan. Unsri-PERHEPI.Palembang, 23 Maret 2016.

Padahal pembukaan lahan gambut sangat tidak menguntungkan ditinjau dari segi ekonomis, apalagi dari aspek lingkungan.

Indonesia sendiri memiliki lahan gambut terluas di antara negara tropis, yaitu sekitar 21 juta ha, yang tersebar terutama di Sumatera, Kalimantan dan Papua (BBLitbang SDLP, 2008). Lahan gambut di Sumatera Selatan cukup luas yaitu lebih kurang 1,42 juta ha yang tersebar sebagian besar di tiga kabupaten yaitu Ogan Komering Ilir, Musi Banyu Asin, dan Banyuasin (Zulfikar, 2006).

Tanah gambut adalah tanah yang selalu jenuh air terbentuk dari bahan organik yang masih terdapat sisa-sisa tanaman, sebagian ada yang sudah lapuk. Ketebalan bahan organik lebih dari 50 cm (Noor dan Heyde 2007). Akumulasi bahan organik di tanah ini berlangsung dalam waktu yang lama. Kondisi ini terjadi karena lahan selalu tergenang sehingga proses dekomposisi bahan organik menjadi terhambat. Alih fungsi lahan gambut menjadi lahan pertanian atau perkebunan dapat mempengaruhi karakteristik fisik gambut dan fungsi ekologi gambut.

Usaha perkebunan terutama sawit dewasa ini mengalami peningkatan yang cukup pesat, karena komoditas ini merupakan primadonan dunia, seiring dengan ditemukannya turunan manfaat dari minyak sawit. Tanaman ini mampu produktif sampai umur 25 tahun sehingga menjadikan investor makin tertarik berkebun kelapa sawit. (Krisnohadi, A. 2011). Pembukaan lahan gambut untuk perkebunan diawali dengan pembangunan saluran drainase, untuk menurunkan muka air tanah. Tanaman perkebunan menghendaki kondisi lahan kering sehingga diperlukan penurunan muka air tanah melalui pembuatan saluran drainase. Kedalaman muka air tanah yang optimum untuk tanaman kelapa sawit di lahan gambut adalah berkisar 60-85 cm (Page *et al.*, 2011). Namun, kenyataan di lapangan banyak ditemukan kedalaman muka air tanah pada perkebunan sawit lebih dari 85 cm (Dariah, *et al.*, 2013). Kondisi ini terjadi karena area perkebunan sebagian besar belum memiliki bangunan pengendali (pintu air) baik di tingkat saluran sekunder dan tersier.

Menurut Fajri, dan Agussabti (2009), pembukaan lahan gambut untuk perkebunan kelapa sawit pada lahan dengan kedalaman di atas 3 meter harus mempertimbangkan aspek lingkungan dan ekonomi lahan, terutama untuk pengelolaan jangka panjang, yaitu di atas 100 tahun, atau setelah 3 periode pemberian HGU tanaman kelapa sawit. Drainase berlebih berdampak kepada sifat gambut dalam menahan air menjadi hilang. Perubahan fisik gambut dalam kondisi sulit untuk kembali bahkan tidak memungkinkan lagi (irreversible), dan berdampak kepada kehilangan cadangan air permukaan di wilayah tersebut. Sifat irreversible ini juga menyebabkan tanah menjadi kering seperti arang dan hilangnya kemampuan tanah dalam menyerap hara (Subagyo *et al.*, 1996). Kawasan lahan gambut yang berada di dalam kubah gambut memiliki kemampuan menyimpan air yang sangat besar dibandingkan dengan di luar kubah. Ini disebabkan area gambut di dalam kubah berbentuk cekungan dan memiliki kedalaman bisa mencapai di atas 10m. Sesuai dengan sifat tanah gambut dimana mampu menyimpan air hingga mencapai 1000% (Radjagukguk, 1997). Selain itu menurut Imanudin dan Susanto (2015) lahan akan rentan terjadi kebakaran, karena tanah gambut memiliki porositas yang besar dan pergerakan air kafilir sangat rendah. Pada kedalaman air tanah lebih dari 10 cm maka air kafilir tidak cukup untuk membasahi lahan. Oleh karena itu pengendalian air di level tersier menjadi hal penting dalam pengelolaan air di lahan gambu. Pengendalian tidak hanya bertujuan menahan air tetapi juga pembuangan terkendali (terjadwal) untuk pembilasan zat asam dan senyawa beracun di saluran dan petakan lahan. Pengendalian secara terkendali mampu

menurunkan logam besi dan aluminium di zona perakaran. Kadar besi bisa diturunkan sampai 30 ppm (Imanudin dan Armanto, 2012).

Berdasarkan kondisi diatas maka muncul peraturan menteri pertanian nomor 14, tahun 2009 yang menyebutkan bahwa lahan dengan kedalaman gambut diatas 3m tidak boleh dibuka dan harus dijadikan area konservasi. Menyikapi peraturan ini tentunya banyak area lahan yang sudah terlanjur di buka kebun atau hutan tanaman industri menyebabkan perlu di kelola ulang. Sebaiknya pemerintah membiarkan dulu agar tanaman bisa berproduksi dulu setidaknya daur pertama, dan untuk berikutnya dihutankan kembali dengan tanaman asli.

Pada makalah ini akan menguraikan strategi penilaian kesesuaian lahan, bila lahan akan dibuka untuk perkebunan sawit, dan juga akan disusun petunjuk operasional di lapangan bila akan melakukan pembangunan sistem tata air. Teknologi yang akan diaplikasikan harus memperhatikan kondisi lokal, kultur masyarakat dan ramah lingkungan. Beberapa hasil kajian lapangan akan disajikan dalam pembahasan.

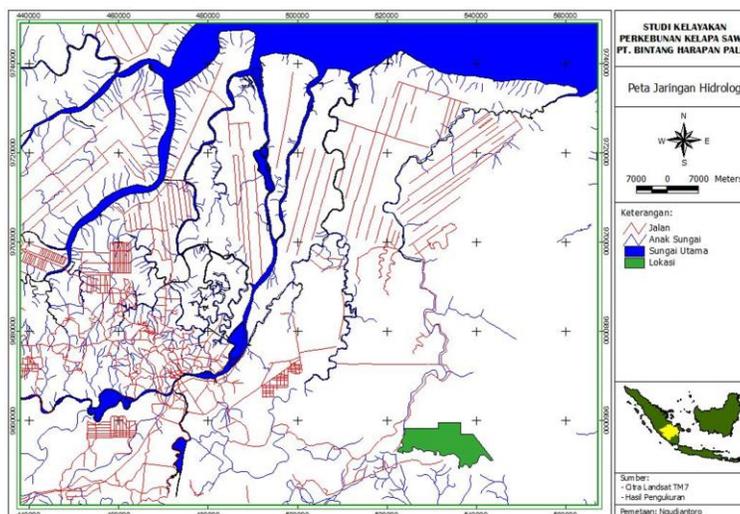
II. METHODOLOGI

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di daerah kawasan Hutan Produksi desa Pangkalan Lampam dan Kecamatan Tulung Selapan Kabupaten Ogan Komering Ilir, Provinsi Sumatera Selatan. Lahan tergolong kedalam tipologi lahan lebak yang mendapat pengaruh pasang surut dari sungai. Beberapa daerah memiliki cekungan. Vegetasi dominan adalah hutan gelam yang sudah banyak terbakar. Peta area studi dapat dilihat pada Gambar 1. Kajian lapangan dilakukan dari bulan November sampai dengan Desember 2015.

2.2. Alat dan Bahan

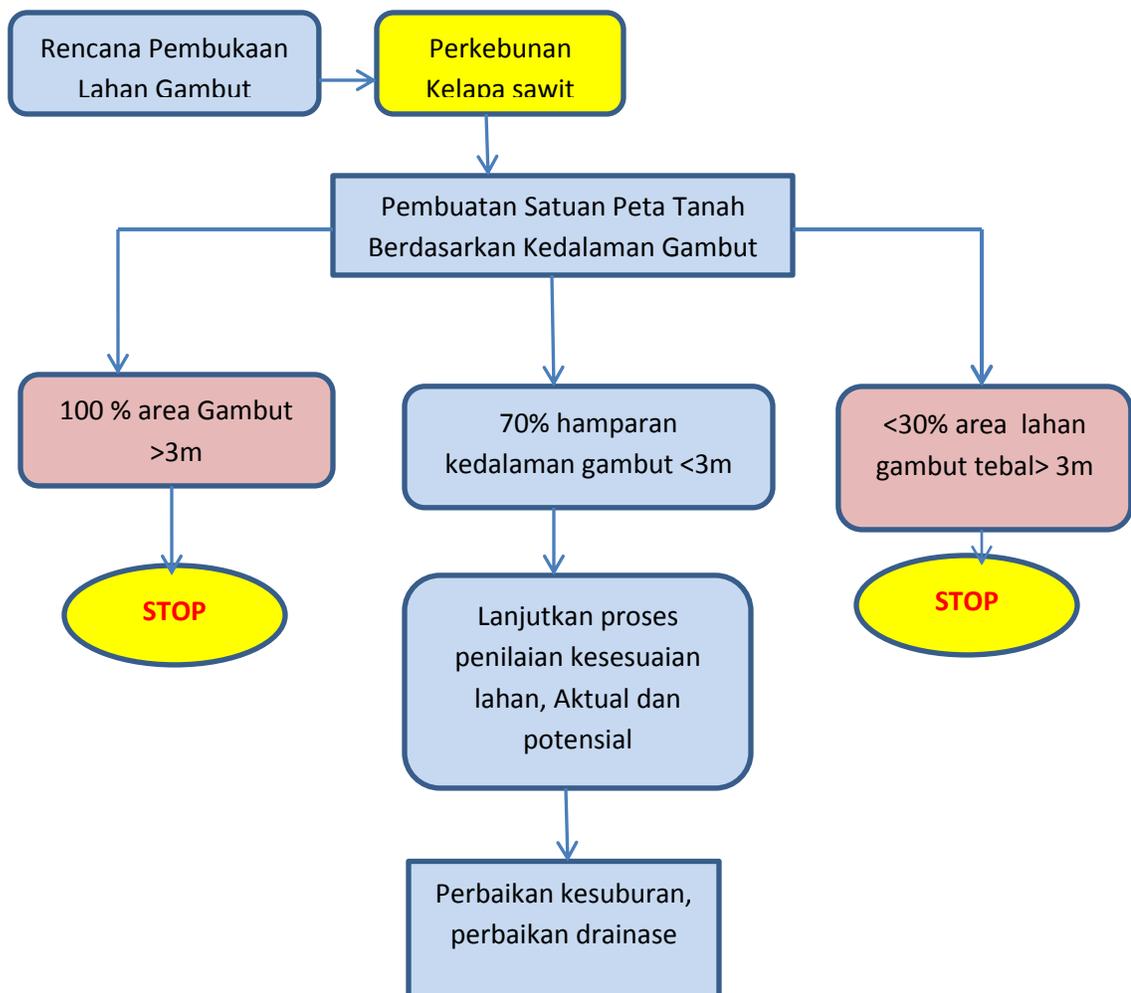
Alat dan bahan yang digunakan adalah bor gambut, pisau lapang, GPS, kertas pH, larutan peroksida dan alat-alat tulis. Komputer model DRAINMOD digunakan untuk simulasi kedalaman air tanah sebagai dampak dari operasi bangunan pengendali air.



Gambar 1. Peta Lokasi Studi (Sumber, PT BMH, 2015)

2.3. Metode survai Evaluasi Lahan

Penilaian kesesuaian lahan dilakukan dengan pendekatan matching yaitu membandingkan antara syarat tumbuhan tanaman dengan karakteristik lahan. Kebutuhan tanaman disesuaikan dengan standar kriteria yang dikeluarkan oleh (CSR/FAO, 1983). Selanjutnya Kriteria Kesesuaian Lahan disesuaikan untuk Komoditas Pertanian/Perkebunan" (Djaenudin et al., 2000). Diagram alir proses penilaian kesesuaian lahan dapat dilihat pada Gambar 2. Dalam proses penentuan kebijakan operasi lapangan masih harus mempertimbangkan faktor pembatas utama yaitu ketebalan gambut. Mengacu kepada peraturan menteri pertanian peraturan menteri pertanian nomor 14 tahun 2009. Pedoman Pemanfaatan Lahan Gambut untuk Budidaya Kelapa Sawit. Beberapa poin yang penting mengatur dan dijadikan pedoman bila akan membuka lahan untuk budidaya kelapa sawit di lahan gambut adalah: Faktor pembatas utama adalah kedalaman gambut. Hanya area dibawah 3 m yang bisa dilanjutkan untuk di kelola, selain itu luas area harus mencapai angka 70% dari total area.



Gambar 2. Tahapan penilaian kesesuaian lahan untuk perkebunan sawit di lahan gambut

Bila mengacu kepada peraturan menteri maka tahap awal adalah pembuatan satu peta tanah (SPT). Dalam kajian ini SPT dibuat berdasarkan peta kedalaman Gambut dan genangan. Kedua parameter ini merupakan kunci dasar bila akan membuka lahan gambut. Tahap selanjutnya adalah penilaian kecocokan karakteristik tanah.

Proses penilaian harus berdasarkan kepada faktor pembatas utama. Penilaian kondisi saat ini adalah membandingkan kualitas lahan tanpa input perbaikan. Pada kondisi ini tidak akan ditemukan kualitas lahan di daerah lahan basah yang sesuai untuk tanaman budidaya. Tahap kedua adalah dengan membandingkan ulang setelah ada input perbaikan. Kondisi ini menghasilkan rekomendasi dan kelayakan teknis dan ekonomis bila lahan mau di buka. Bila seluruh parameter memenuhi kriteria optimum maka kelas kesesuaian lahan tergolong sangat sesuai (S1). Bila kualitas lahan berada di bawah optimum merupakan batasan kelas kesesuaian lahan antara kelas yang cukup sesuai (S2), dan/atau sesuai marginal (S3). Dan bila lahan memerlukan input perbaikan yang sulit dan bahkan tidak bisa dilakukan, atau terbentur dengan peraturan yang berlaku maka lahan di klasifikasikan menjadi tidak sesuai (N).

2.4. Perancangan Sistem Drainase Terbuka

Analisis rancangan sistem drainase, dilakukan dengan dua tahap. Tahap awal bisa dilakukan dengan rancang sistem saluran terbuka. Model ini mendasarkan kepada kelebihan air limpasan dari hujan. Diasumsikan kondisi tanah dalam kondisi jenuh sehingga air akan tergenang. Perhitungan awal adalah dengan menghitung modulus pembuang drainase.

Berikut persamaan yang digunakan dalam menghitung modul drainase n harian adalah

$$D_m = [R(n)_5 + n (IR - E_{to} - P) - \Delta s] / (n \times 8.64) \text{ (lt/det/ha)}$$

dimana :

D_m = laju drainase (lt/det/ha);

IR = jumlah pemberian air selama periode drainase (mm/hari);

E_{to} = evapotranspirasi (mm/hari);

P = perkolasi (mm/hari) dan

Δs = selisih simpanan (mm).

Menurut Masimin (2009), Apabila area layanan drainase tidak terlalu yaitu dibawah 30 ha satu petak, pada kondisi air irigasi dan kondisi lahan tidak terjadi proses infiltrasi dan perkolasi serta tidak adanya storage, sehingga persamaan modulus drainase menjadi fungsi dari curah hujan dan penguapan. Curah hujan dihitung untuk $n = 1$ harian, sehingga persamaan menjadi seperti berikut.

$$D_m = [R_5 - E_{to}] / (8.64) \text{ (lt/det/ha)}$$

Untuk analisis keseimbangan air di mungkinkan bahwa nilai penguapan dapat diabaikan dengan pertimbangan bahwa curah hujan pendek dimana waktu hujan lebih kecil dari waktu konsentrasi, sehingga persamaan di atas menjadi seperti berikut ini.

$$D_m = R_5 / (8.64) \text{ (lt/det/ha)}$$

Nilai curah hujan rencana dihitung dengan melakukan analisis statistik dengan analisa frekuensi ($R_T = \bar{R} + S_D * K$) maka diperoleh besarnya curah hujan rencana untuk berbagai periode ulang. Dianjurkan untuk lahan gambut menggunakan periode ulang maksimal 5 tahun, sehingga rancangan tidak menyebabkan lahan terjadi over drainase.

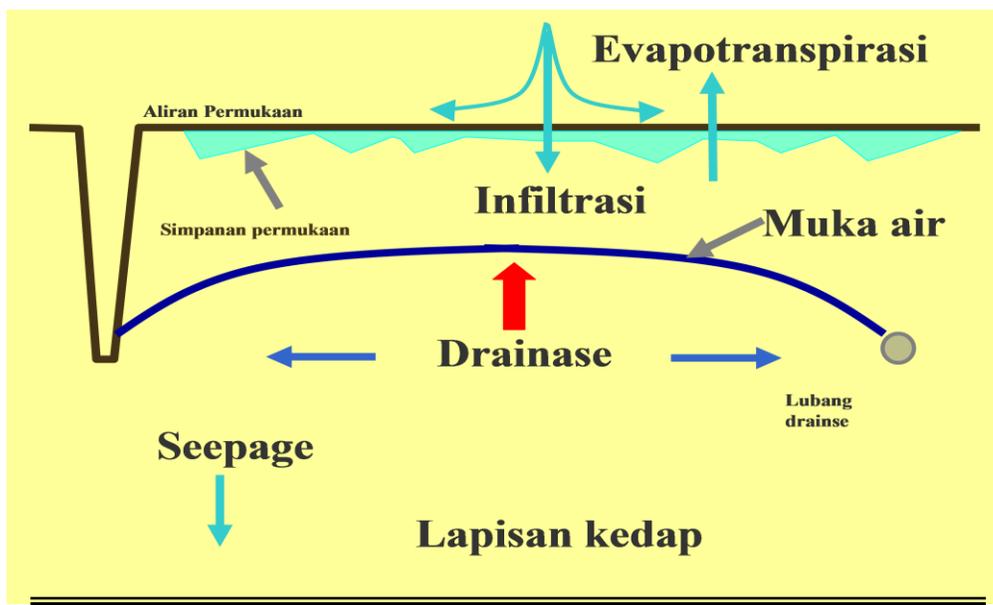
2.5. Evaluasi kinerja Jaringan

Untuk melakukan analisis kinerja jaringan dilakukan computer simulasi. Komputer model DRAINMOD akan digunakan dalam proses evaluasi. DRAINMOD adalah model hidrologi untuk menduga fluktuasi muka air tanah harian selama setahun, sebagai dampak dari pengendalian muka air. Model ini dibangun berdasarkan analisis keseimbangan air dalam suatu unit kolom tanah vertikal per unit luas bidang permukaan lahan. Kolom tanam dibatas dari permukaan tanah sampai kedalam lapisan kedap, lahan berada di antara dua saluran drainase (Skaggs, 1982; 1991). Persamaan keseimbangan dalam kolom tanah pada periode waktu Δt dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\Delta Va = F - D - Ds \quad [7]$$

$$P = F + RO + \Delta S \quad [8]$$

dimana ΔVa adalah perubahan simpanan (cm), F adalah infiltrasi (cm), ET adalah evapotranspirasi (cm), D adalah aliran lateral (tanda negative artinya pada aliran drainase dan positif bila dalam kondisi suplesi (cm), Ds adalah aliran samping *seepage* (tanda positif adalah bila terjadi kenaikan kafilere ke atas) (cm), P adalah presipitasi (hujan) (cm), RO adalah aliran permukaan (cm) dan ΔS adalah perubahan simpanan permukaan air tanah. Sebagai ilustrasi profil sistem drainase dalam DRAINMOD dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Skematis sistem pengendalian muka air tanah saluran terbuka dan bawah tanah (Skaggs, 1991).

III. HASIL PEMBAHASAN

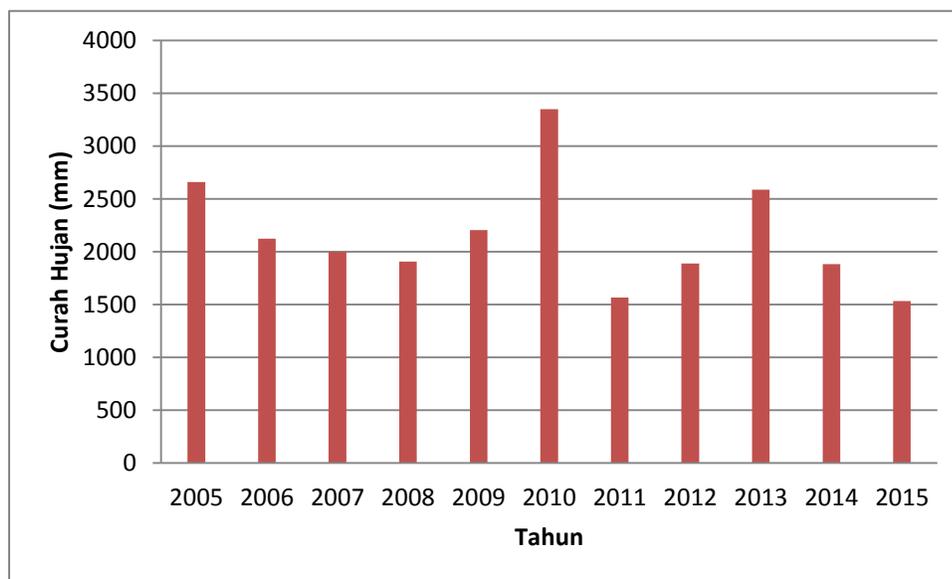
3.1. Gambaran Umum

Areal studi berada di kawasan desa Riding kecamatan Pangkalan Lampan kabupaten Ogan Komering Ilir. Kondisi area masih belum diusahakan, vegetasi dominan adalah kayu gelam dengan ukuran kecil. Tipologi lahan tergolong lahan rawa lebak, dengan tinggi genangan pada musim hujan berkisar 20-50 cm, daerah ini tergolong gambut dangkal. Pada beberapa ruas ditemukan genangan sampai kedalaman 100 cm. Daerah ini merupakan gambut dalam. Pada musim kemarau lahan sebagian besar terbakar, dan penduduk memanfaatkannya untuk pertanian sonor.

Mata pencaharian penduduk adalah petani karet, sehingga pemanfaatan lahan kering sudah maksimal untuk dibuka perkebunan karet. Oleh karena itu pengembangan perkebunan terpaksa memanfaatkan lahan basah (rawa). Sejauh ini penduduk sangat berharap ada investor untuk berminat membuka lahan rawa yang ada untuk perkebunan sawit. Pembukaan perkebunan di daerah rawa tidak bisa dilakukan oleh petani, karena memerlukan biaya yang besar. Oleh karena itu investor diharapkan bisa bermitra dengan petani.

Kajian hidrologi lahan pada musim hujan beradalam keadaan tergenang, namun ada potensi untuk dibangun sistem drainase. Potensi pembuangan ditunjukkan dengan adanya Sungai Penyabungan. Sungai ini bisa dijadikan sebagai drainase utama. Tegak lurus sungai ini potensial untuk dibuat saluran primer (utama). Untuk kondisi kemarau tidak ada masalah drainase karena muka air turun dibawah 50 cm dari permukaan tanah, dan untuk mendukung pengisian air, area studi juga dekat Sungai Baung yang bisa dijadikan sumber air pada saat pasang.

Hasil analisis curah hujan di area studi dari tahun 2005-2015 (Gamba 3), menunjukkan termasuk dalam klas agroklimat C3 menurut klasifikasi Oldeman. Kondisi ini termasuk kedalam karakteristik iklim hujan tropis dimana kondisi panas dan lembab terjadi sepanjang tahun, 5-6 bulan berturut-turut mendapatkan curah hujan lebih dari 200 mm per bulan, 4 – 6 bulan mengalami musim kemarau dengan curah hujan kurang dari 100 mm per bulan.



Gambar 3. Curah Hujan Tahunan di Kecamatan Tulung Selapan Kabupaten Ogan Komering Ilir Tahun 2005-2015

Curah hujan tahunan di Kecamatan Tulung Selapan Kabupaten Ogan Komering Ilir berkisar 1.532–3.347 mm/tahun dengan hari hujan berkisar 80-149 hari/tahun. Jumlah bulan kering (bulan dengan curah hujan <100 mm) berkisar 4-6 bulan/tahun.

Pada umumnya bulan basah terjadi pada bulan januari, februari, maret, april, november dan desember, untuk bulan lembab dimana curah hujan kurang dari 200 mm terjadi pada bulan Mei, Juni, September dan Oktober sedangkan bulan kering terjadi pada bulan juli dan agustus. Pada musim kemarau, curah hujan relatif rendah dan kurang efektif untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Dari kondisi ketersediaan air (datan hujan) menunjukkan iklim sangat mendukung pertumbuhan kelapa sawit.

3.2. Karakteristik Tanah

Secara genesis tanah, area studi merupakan tanah organik (gambut). Proses perkembangan tanah sangat dipengaruhi oleh air limpuhan sungai terutama Sungai Penyabungan dan Sungai Baung. Namun karena drainase tidak baik maka lahan banyak tergenang sehingga proses dekomposisi tidak berjalan sempurna, yang akhirnya terbentuklah tanah gambut. Area tergolong gambut dangkal sampai dalam, dan pada lapisan kedua setelah gambut ditemukan tanah mineral. Kondisi ini berpotensi lahan diusakan untuk pertanian atau perkebunan. Hanya saja Pemanfaatan tanah gambut untuk aktivitas pertanian dan perkebunan harus dilakukan secara terencana terutama agar tidak terjadi penyusutan gambut secara cepat, over drainase dan bahaya kebakaran di musim kemarau.

Hasil investigasi di lapangan didapatkan ketebalan gambut berkisar antara 50 cm sampai dengan diatas 3 m. Perhitungan luasan dengan teknik interfolasi dari luasan lahan 10.000 ha menunjukkan area yang memiliki ketebalan gambut kurang dari 3 m mencapai angka 75% dan lebih kurang sisanya 25% memiliki ketebalan gambut diatas 3m. Area yang memiliki ketebalan gambut diatas 3m berada di satu hamaparan, sehingga area lahan masih memenuhi kriteria untuk dijadikan perkebunan sawit. Dari segi tingkat kematangan gambut, secagian besar berada pada tingkat setengah matang hemik, untuk kategori saprik hanya sekitar 10%, dan selebihnya belum matang fibrik, berada pada gambut dalam. Produktivitas lahan sangat ditentukan dari segi kematangan gambut. Pada kondisi kematangan gambut saprik akan menghasilkan produktivitas tertinggi.

Dari tingkat kesuburan tanah lahan gambut umumnya memiliki tingkat kesuburan tanah yang rendah. Kondisi kemasaman tanah di lokasi kajian menunjukkan bahwa pH rata-rata tergolong masam atau pH rata-rata kurang dari 4. Kemasaman yang rendah disebabkan areal selalu tergenang sehingga ion H^+ yang bersumber dari asam organik cenderung mengalami akumulasi. Untuk mengatasi kemasaman tanah pada areal rawa salah satu upaya yaitu dengan pencucian melalui pembuatan saluran drainase terkendali. Kandungan bahan organik dapat dilihat dari kadar C-Organik tanah yang hampir mendekati 50% atau kadar bahan organik tanah mendekati 70%.

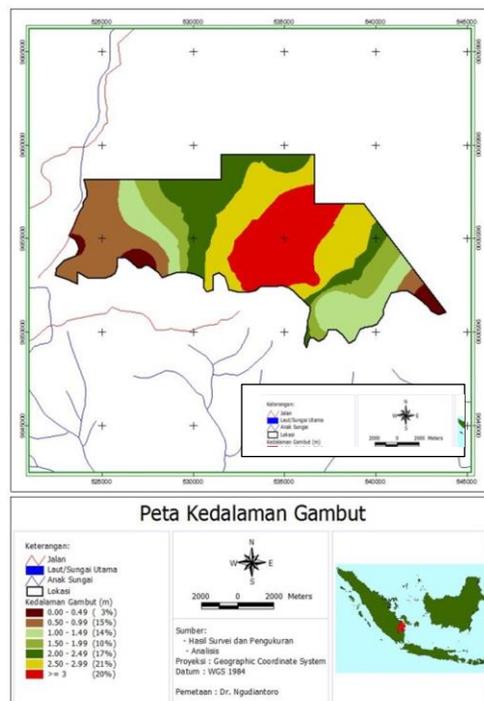
Kondisi bahan organik belum mengalami pelapukan sempurna, ini ditunjukkan oleh nilai C/N ratio masih cukup tinggi. Nilai C/N ratio ideal yang mudah terdekomposisi adalah 12, namun demikian bila dilakukan pembuatan saluran drainase akan mampu memacu proses dekomposisi tersebut. Sementara itu kadar fosfat tanah bervariasi dari rendah hingga sangat tinggi, sedangkan nilai kalium tanah tergolong sedang. Kedua unsur ini banyak terdapat pada tumbuh-tumbuhan sehingga unsur hara yang dikandung tanah gambut juga akan tinggi.

Unsur Natrium pada tanah tergolong rendah, hal ini berhubungan erat dengan bahan induk tanah. Tanah Gambut terbentuk dari pelapukan bahan vegetasi yang ada di atasnya sehingga unsur tersebut sangat terbatas keberadaannya. Unsur Na lebih banyak terdapat pada tanah-tanah pinggiran pantai.

Kapasitas tukar kation tanah tergolong sangat tinggi, kapasitas tukar kation yang tinggi ini merupakan sumbangan dari bahan organik tanah atau lebih dikenal dengan Kapasitas Tukar Kation Tanah Humus bukan KTK liat. Kejenuhan basa tanah hasil analisis laboratorium tergolong sangat rendah, namun untuk tanaman kelapa sawit kondisi masih dalam katagori lahan yang sesuai untuk tanaman

3.3. Penilaian Kesesuaian Lahan

Proses penilaian kesesuaian lahan merupakan bagian penting dalam rencana pembangunan kebun. Langkah awal adalah dengan menentukan luas potensial lahan. Dari kasus ini tahapan evaluasi lahan bisa di lanjutkan karena sudah didapatkan areal kebun dalam satu hampara melebihi angka 70%, sesuai dengan peraturan menteri. Tahap selanjutnya adalah menentukan faktor pembatas utama. Dari kajian lapangan menunjukkan bahwa paktor pembatas utama adalah ketergenanakan dan ketebalan gambut. Oleh karena itu pembuatan satuan peta tanah didasarkan atas dua parameter tersebut. Di lapangan ketergenanakan sangat berhubungan dengan ketebalan gambut. Sehingga Satuan Peta Tanah bisa di sederhanakan dengan melihat distribusi ketebalan gambut (Gambar 4). Warna merah menunjukkan lahan gambut memiliki ketebalan diatas 3 m dan ini tidak boleh dibuka sehingga keleas kesesuaian lahan di golongan kedalam tidak sesuai permanen (N)



Gambar 4. Distribusi kedalaman gambut sebagai dasar zonas kesesuaian lahan (Sumber,PT BMH, 2015)

Semua jenis komoditas pertanian/perkebunan yang berbasis lahan untuk dapat tumbuh atau hidup dan berproduksi optimal memerlukan persyaratan-persyaratan tertentu. Untuk memudahkan dalam pelaksanaan evaluasi, persyaratan penggunaan lahan dikaitkan dengan kualitas lahan dan karakteristik lahan.

Persyaratan karakteristik lahan untuk masing-masing komoditas pertanian/perkebunan umumnya berbeda, tetapi ada sebagian yang sama sesuai dengan persyaratan tumbuh komoditas pertanian/perkebunan tersebut. Persyaratan tersebut

Evaluasi lahan untuk tujuan perencanaan pembangunan pertanian/perkebunan besar dengan masukan teknologi tinggi, tentu berbeda asumsinya jika tujuan evaluasi lahan hanya untuk perkebunan rakyat yang cukup dengan masukan teknologi menengah.

Setelah melakukan pencocokan maka dapat dilihat tingkat kesesuaian untuk tanaman kelapa sawit pada keempat satuan peta tanah (SPT) di lokasi penelitian. Tingkat kesesuaian lahan aktual S_1 untuk tanaman kelapa sawit yaitu pada karakteristik lahan yang terdiri dari (t) rezim temperatur $26,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, (w) ketersediaan air (bulan kering $<75\text{ mm}$, curah hujan rata-rata tahunan 2534 mm/th), ketersediaan unsur hara (N-total sedang, K_2O sedang dan P_2O_5 sedang-tinggi), sehingga tidak diperlukannya masukan atau input.

Karakteristik kesesuaian lahan yang masih memerlukan perbaikan yaitu kondisi perakaran (f) memiliki kesesuaian lahan aktual N , S_3 , dan S_2 untuk tanaman kelapa sawit pada karakteristik yang terdapat pada keempat satuan peta tanah. Faktor pembatasnya yaitu kedalaman perakaran dan drainase yang terhambat. Pada kedalaman perakaran yang menjadi kendala yaitu adanya lapisan bahan organik (gambut dalam) sehingga diperlukan masukan berupa pengelolaan air makro dan mikro di lokasi kebun untuk memperbaiki kesesuaian lahan menjadi S_2 atau S_3 , sedangkan untuk faktor pembatas drainase tanah yang termasuk kelas kesesuaian lahan S_3 dan S_2 diperlukan pemberian input berupa pembuatan saluran drainase agar lahan menjadi sesuai untuk tanaman kelapa sawit.

Tabel 1. Kesesuaian Lahan Aktual dan Potensial pada Areal Rencana Perkebunan Kelapa Sawit

No. SPT	Kesesuaian Lahan Aktual	Kesesuaian Lahan Potensial
I	S3rcfh (1.899 ha)	S2rc (1.899 ha)
II	S3rcfh (2.532 ha)	S2rc (2.532 ha)
III	S3rcfh (4.009 ha)	S2rc (4.009 ha)
IV	N (2.110 ha)	S3rcfh (2.110 ha), namun sesuai aturan maka lahan di konservasi (statusnya tetap N, tidak sesuai)

Sumber : PT BMH (2015).

Hasil penilaian akhir pada daerah penelitian untuk kesesuaian lahan aktual berdasarkan kriteria kualitas kesesuaian lahan untuk tanaman kelapa sawit menurut CSR/FAO (1983), maka pada lokasi kajian termasuk dalam kesesuaian lahan aktual N untuk SPT IV (tidak sesuai dengan

faktor pembatas kedalaman perakaran dan kedalaman gambut). Kesesuaian lahan aktual SPT I, SPT II, dan SPT III (pembatas kedalaman gambut dan genangan). Hasil analisis menunjukkan bahwa pada areal rencana perkebunan kelapa sawit PT. BHP yang mempunyai kesesuaian lahan potensial S2rc yaitu seluas 8.440 ha dan 2.110 ha tidak sesuai permanen (N).

Lahan yang tidak sesuai permanen disebabkan karena kedalaman gambut lebih dari 3 meter. Sesuai dengan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 14 Tahun 2009, maka lahan tersebut tidak dapat digunakan untuk budidaya kelapa sawit. Lahan tersebut harus dijadikan sebagai area fungsi lindung. Secara umum di area fungsi lindung tidak boleh ada saluran buatan, dan penggunaan lahannya diarahkan menjadi hutan. Saluran buatan hanya ada di area budidaya yang diarahkan menjadi area transisi (area penyangga) dan area budidaya. Di daerah transisi pemanfaatan dibatasi, sedangkan di area budidaya merupakan daerah yang dapat dikelola secara intensif.

Winarna *et al.*, (2006) melaporkan potensi produksi swait di lahan gambut cukup menjanjikan yaitu pada lahan gambut jenis saprik dengan kedalaman 3-4 m dapat menghasilkan produksi 23 ton/ha; pada kedalaman (3m bisa menghasilkan sampai 27 ton. Untuk tingkat kematangan fibri dapat mencapai produksi maksimal 20,5 ton/ha.

Secara umum, pengelolaan air bertujuan untuk membuat tanah tetap lembab. Hal ini dapat dilakukan melalui pengaturan zonasi pengelolaan air dan pembuatan saluran drainase. Dengan cara tersebut maka akan membuat air mengalir lebih lambat. Pintu penahan air serta pelepas air yang diatur akan menciptakan keseimbangan air. Kalau ada saluran dibangun dalam area budidaya, maka upaya perlambatan saluran diatur secara bertingkat sesuai dengan zonasi pengelolaan air. Saluran drainase seperti saluran penampung (*collector drain*) tidak boleh sampai di area fungsi lindung.

3.4. Analisis Rancangan Sistem Saluran

Reklamasi lahan rawa gambut yang begitu luas perlu dibuat petak lahan lahan dengan satu pembuang tersier. Ukuran maksimum satu blok tersier sebaiknya mempunyai lebar maksimum 200-300 m' dan panjang blok tidak dibatasi dan sebaiknya maksimum kurang dari 2000' idealnya (1000 m). Oleh karena itu satu unit sistem petak tersier memiliki luas 200 m x 1000 m (200.000 m²). Sistem saluran terbuka ini akan bekerja dengan urutan saluran tersier berfungsi sebagai pembawa air dari sekunder, dan pembuang air dari petak lahan ke saluran sekunder. Sehingga saluran sekunder juga berfungsi sebagai saluran pengumpul dari air buangan beberapa saluran tersier. Dari saluran sekunder ini air akan dibawa menuju saluran primer atau utama. Saluran ini juga berfungsi sebagai saluran navigasi, sehingga muka air harus selalu di jaga dengan ketinggian tertentu. Selanjutnya dari saluran utama ini air dibuang ke sistem pembuangan utama (*water body*), biasanya sungai terdekat.

Penentuan dimensi saluran tersier sangat tergantung kepada kecepatan aliran. 0,5m/deti (Anasiru, 2005). Bila menggunakan angka kecepatan aliran tersebut maka bila akan dibangun tipe trasium akan dihasilkan lebar dasar saluran

Tahap awal pembangunan biasanya sistem terbuka, jarang yang langsung dilengkapi dengan bangunan pengendali. Padahal ini seringkali berbahaya bila memasuki musim kemarau. Rancangan saluran terbuka yang dirancang untuk membuang kelebihan air permukaan dan menurunkan air tanah selalu dibangun dengan ukuran yang lebih besar apalagi perhitungan selalu mengacu kepada periode ulang hujan 5 tahun.

Oleh karena itu harus segera di lahan dibangun kelengkapan sarana pengendali air, terutama di level tersier. Selain itu sebaiknya dibangun kolam suplesi (water storage) dengan letak diujung saluran. Pada kondisi lahan dengan gambut tebal maka harus dihindari kelebihan pembuangan (over drainase), sehingga waktu tertentu perlu adanya pasokan air (recharge flow). Sumber air bisa memanfaatkan air pasang dari bagian hulu. Untuk pintu di tingkat tersier lebih dianjurkan tipe stoplog menggunakan bahan lokal, misal terbuat dari kayu gelam dan papan.

Berikut akan di lakukan rancangan sederhana untuk membuat sistem drainase lahan sebagai kasus kondisi iklim di daerah Tulung Selapan. Curah hujan harian maksimum terjadi dengan ketebalan 16,16, dan 52 mm, terjadi pada bulan Maret 2015 pada tanggal 10 sd 12. bila perhitungan berdasarkan 3 hari hujan maka tebal hujan menjadi 84 mm.

Dalam perhitungan water balance disebutkan bahwa besarnya penguapan dapat diabaikan apabila memperhitungkan curah hujan pendek dimana waktu hujan lebih kecil dari waktu konsentrasi, sehingga rumus di atas menjadi seperti berikut ini.

$$D_m = R_5 / (8.64) \text{ (lt/det/ha)}$$

Berdasarkan data curah hujan dengan analisa frekuensi ($R_T = \bar{R} + S_D * K$) maka diperoleh besarnya curah hujan rencana untuk berbagai periode ulang seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana

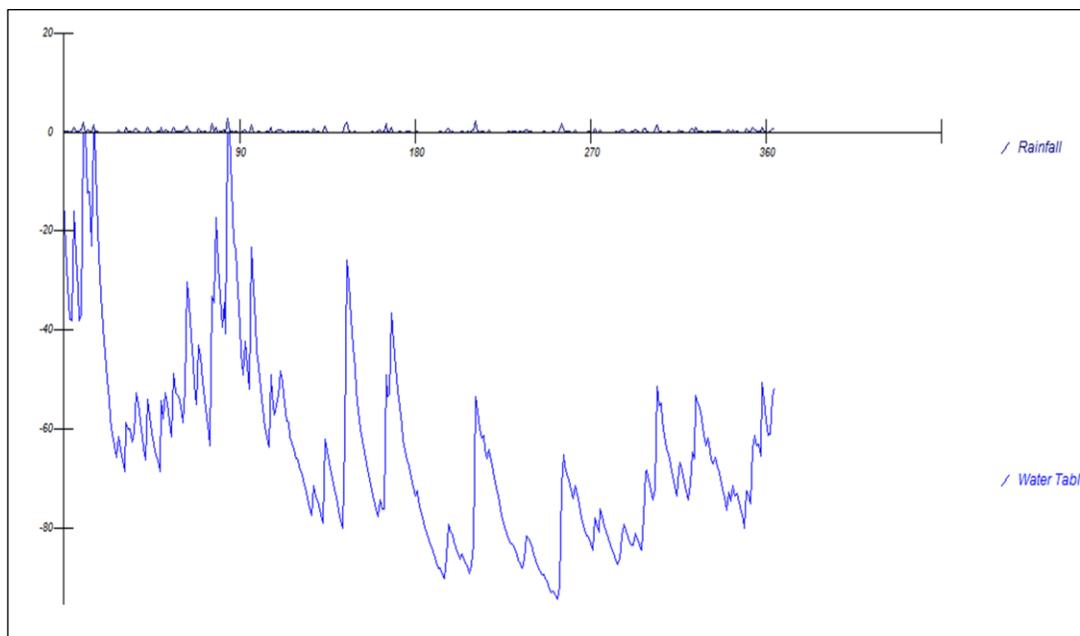
T(thn)	\bar{R} (mm)	S_D (mm)	K	R_T (mm)
2.00	82.00	22.64	0.16	85.72
5.00	82.00	22.64	0.72	98.30
10.00	82.00	22.64	1.31	111.55
20.00	82.00	22.64	1.87	124.26
50.00	82.00	22.64	2.59	140.72
100.00	82.00	22.64	3.14	153.05

Dari Tabel 2, angka curah hujan pada periode ulang 5 tahunan adalah sebesar 98 mm, untuk lebih mudah dibulatkan menjadi 100 mm. Selanjutnya dapat dihitung modulus pembuang; $D_m = 100 / 8,64 = 11,6$ l/det/ha dan untuk luas layanan satu petak tersier 250 Ha, maka akan diperoleh besar debit yang harus dibuang $Q = 250 \times 11,6 = 2900$ l/det = $2,9$ m³/det, dibulatkan menjadi 3 m³/det. Debit yang dihasilkan ini akan dilayani oleh dua batang saluran tersier, sehingga satu saluran harus mampu menampung debit 1,5 m³/det, dengan pertimbangan modulus pembuang lahan tersebut sebesar $D_m = 11,6$ l/det/Ha. Angka ini cukup besar, pada kondisi hujan tidak masalah, tetapi pada kondisi kemarau akan sangat berbahaya bila tidak ada penahanan air di saluran.

Selanjutnya dirancang dimensi saluran. Saluran diasumsikan berbentuk trapesium luas penampang basah dapat dihitung dengan menentukan lebar dasar dan lebar atas. Sebagai gambaran untuk memenehi kapasitas tampung dapat dilakukan simulasi sederhana dengan menggunakan Excell. Bila asumsi kecepatan aliran adalah 0,7 m/detik maka untuk memenuhi debit aliran 1,5 m³/det, setidaknya diperlukan saluran dengan ukuran lebar bawah 1,5m, lebar atas 2m dan kedalaman 1.2m. Untuk menghindari banjir diperlukan tinggi jagaan 0,5m.

Untuk mengevaluasi kinerja jaringan dilakukan simulasi computer dengan menggunakan model DRAINMOD. Model ini sudah dikembangkan di Amerika untuk pertanian rawa dengan

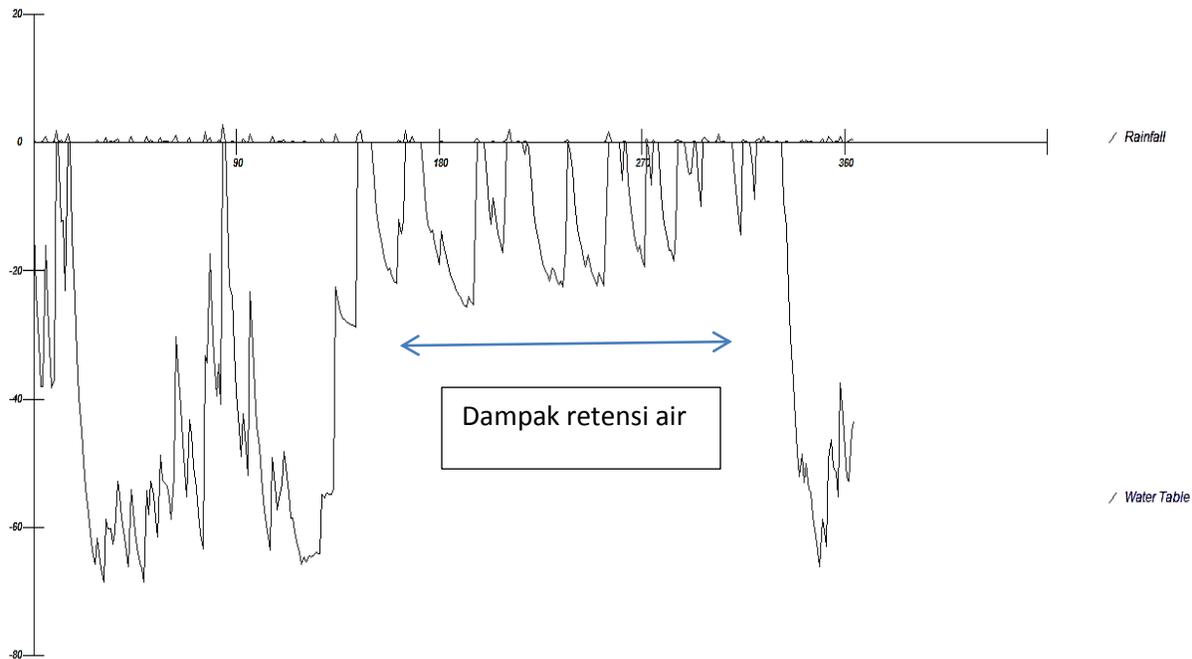
muka air tanah dangkal. Untuk daerah tropis juga sudah diadaptasikan oleh Imanudi *et al* (2009) simulasi untuk prediksi kedalaman air tanah sebagai dampak operasi pintu air telang menghasilkan nilai $r^2= 0,89$ Hasil simulasi computer model DRAINMOD untuk lahan gambut ditunjukkan Gambar 5. Beberapa asumsi yang digunakan dalam simulasi adalah, luasan arean satu petak tersier dengan jaran antar saluran 200 m, saluran terbuka dengan lebar bawah saluran 100 cm, dan kedalaman 120 cm. Simulasi tahap awal adalah sistem saluran dibiarkan terbuka tanpa pengendalian pintu. Kondisi ini terbukti bahwa pada musim kemarau Mei-Oktober, muka air turun dari 60 sampai dengan 90 cm dibawah permukaan tanah. Angka ini sesuai dengan hasil penelitian (Dariah, et al., 2013), yang menemukan kedalaman air tanah di lahan gambut yang ditanami kelapa sawit pada kisaran 85-90 cm. Disisi lain kedalaman air tanah di lahan gambut yang ideal berada pada kisaran Kedalaman muka air tanah yang optimum untuk tanaman kelapa sawit di lahan gambut berdrainase berkisar 60-85 cm (PAGE *et al.*, 2011). Pada kondisi dimana kedalaman air tanah mencapai 80 cm, maka lahan menjadi rentan terhadap kebakaran. Pergerakan air kapiler tidak bisa mencapai ke permukaan tanah, sehingga zona permukaan tanah menjadi kering.



Gambar 5. Variasi kedalaman air tanah hasil simulasi model DRAINMOD pada tanah gambut tanpa operasi pintu air

Operasi pintu air di lapangan sudah dilaporkan menurut hasil penelitian Tarigan (2011), bahwa penahanan tinggi muka air pada saluran sekunder pada kedalaman 60-70 cm pada musim penghujan. Telah menaikkan muka air tanah di lahan menjadi 40-50 cm dibawah permukaan tanah. Sehingga bila diikuti dengan penahanan air di tersier maka muka air tanah berpotensi menjadi lebih dangkal. Simulasi computer DRAINMOD menunjukkan muka air tanah bisa dinaikan menjadi 20 cm di bawah permukaan tanah (Gambar 6) . Kondisi ini relatif aman untuk mengurangi bahaya kebakaran. Namun penahanan dalam periode lama menyebabkan respirasi akar tanaman terganggu. Sehingga diperlukan pembuangan terputus, misalnya dalam seminggu sekali air dibilas (Imanudin dan Bakri, 2014). Hanya saja kesulitan bila air pasang mengandung air asin, maka tidak bisa dilakukan regulasi pengaturan air. Pintu air harus ditutup agar air asin tidak masuk ke lahan.

Gambar 6, menunjukkan operasi penahanan air di mulai pada bulan Mei sampai Oktober menghasilkan pengaruh yang nyata terhadap kenaikan muka air tanah. Sementara pada bulan dimana tidak ada penahan pintu menunjukkan lahan tetap terjadi penurunan air yang tajam meskipun lahan masih ada hujan. Drainase terbuka yang ada ditambah dengan nilai keterhantaran hidroulik yang tinggi menyebabkan kehilangan air lebih besar dibandingkan dengan volume pengisian sehingga air tanah tetap turun.



Gambar 6. Variasi kedalaman air tanah hasil simulasi model komputer DRAINMOD dengan sistem drainase terkendali

3.3. Strategi Pengelolaan Air dan Model Bangunan Pintu

Keberhasilan pengelolaan air di daerah rawa sangat tergantung kepada pembangunan jaringan tata air di tiga tingkat pengelolaan air yaitu tingkat makro, meso, dan mikro. Tata air tingkat makro adalah kondisi jaringan utama biasanya terdiridari saluran primer yang berfungsi juga sebagai navigasi dan langsung berhubungan dengan sungai sebagai drainase utama. Pada tingkatan ini sebaiknya sistem terbuka tida perlu adanya pintu air, karena di tingkat ini saluran berfungsi bkan saja sebagai arus keluar masuk air tetapi juga sebagai media transportasi. Selanjutnya sistem jaringan harus dibangun pada tingkatan sekunder, pada tingkatan ini dikenal jaringan meso. Pada level ini saluran biasa dibagi dua fungsi sebagai saluran suplesi dan drainase. Namun kenyataan dilapangan biasanya semua saluran difungsikan sebagai aliran dua arah baik sebagai suplesi maupun drainase. Khusus untuk saluran sekunder yang lebih berfungsi sebagai suplesi sebaiknya dilengkapi dengab bangunan air. Tipe bangunan air di level sekunder dapat dilihat pada Gambar 7. Pintu air bisa dibuat dari bahan yang ada dialapangan yaitu tipe ayun dimana struktur bangunan tebuat dari kayu dengan daun pintu dari papan. Pada musim kemarau perlu ada kombinasi dengan penggunaan stoplog (skat balok) untuk menjaga muka air berada pada kedalaman 1,0-1,5m. Kondisi ini didukung oleh hasil penelitian Bakri *et al.*, (2015) operasi pintu dengan penahan air di saluran tersier pada kedalaman 50 cm dan didukung dengan sistem drainase bawah tanah mampu menjaga kedalaman air tanah berada pada zona 40-50 cm dibawah permukaan tanah. Instalasi drainase bawah tanah pada kondisi kemarau berfungsi sebagai irigasi bawah tanah (*subirrigation*). Kondisi ini potensial dikembangkan untuk di lahan gambut pada skala mikro untuk tanaman hortikultura yang bernilai ekonomis tinggi.



Gambar 7. Pintu air tipe kelep berbahan baku lokal untuk pengendali muka air di sekunder (Imanudin, 2011)

Pada tingkatan mikro, adalah sistem jaringan terakhir yang membatasi petakan lahan. Saluran tersier ini membatasi lahan lebih kurang 16 ha. Yaitu jarak antar saluran tersier adalah 200-250m, dan panjang saluran adalah 1000m. Pada level tersier ini pintu harus dibangun. Karena pengendalian air berada langsung berhubungan dengan tanaman. Jenis pintu air yang tepat adalah pintu kelep, bahan fiber. Pintu ini ringan dan tahan akan bahaya korosi sehingga cocok untuk didaerah rawa. Pada kondisi musim hujan biasanya pintu dioperasikan sebagai

maksimum drainase. Gambaran pintu tersier tipe kelep bahan fiber bisa dilihat pada Gambar 8. Sementara pada musim kemarau diperlukan sistem retensi air jadi pintu kelep bisa di simpan. Penahanan air bisa dilakukan dengan karung tanah atau kayu papan (skot balok). Penehanan pada kedalaman 50-70 cm di saluran tersier, diharapkan air pasang masih bisa masuk (pengisian saluran), dan pada saat surut air masih bisa tertahan.



Gambar 8. Pintu air tipe ayun untuk di level tersier

Retensi air adalah upaya semaksimal mungkin menahan air di saluran. Tujuan adalah agar air pasang yang masuk bisa ditahan, tidak semua terbuang pada saat surut. Upaya bisa dilakukan dengan mudah bila di saluran dilengkapi pintu kelep (Gambar 9.) Operasi pintu hanya memindahkan saja ke posisi belakang sehingga air pasang bisa masuk dan pada saat surut air tidak bisa keluar. Namun bila kondisi pintu ini tidak teraedia maka bisa dilakukan dengan menumpuk karung isi tanah pada ketinggian tertentu yang memungkinkan air pasang bisa melampui bending. Dan pada saat surut air akan tertahan di dalam saluran. Sehingga fungsi pintu hanya memasukan air (Gambar 9b).



Gambar 9 a. Pintu tersier tipe kelep operasi menahan air, 9b. Rentensi air dengan karung isi tanah.

Kondisi tanah gambut yang memiliki nilai keterhantaran hidrolulik yang tinggi karena tingginya nilai porositas, maka perubahan kedalaman muka air tanah sangat nyata mempengaruhi kadar kelembaban tanah gambut. Semakin dalam posisi muka air tanah maka kadar air tanah semakin turun. Kadar air tanah pada permukaan tanah (0-10 cm) paling tinggi didapat pada kedalaman air tanah gambut berada 40-60 cm dari permukaan. Dan pada kondisi kemarau di mana muka air mencapai lebih dalam dari 80 cm dari permukaan menyebabkan tanah mengalami sifat hidrofobisitas di kedalaman 0-10 cm (Winarna, *et al.*, 2015). Sifat hydrophobicity ini adalah suatu keadaan dimana tanah gambut kehilangan daya memegang air (Valat *et al.*, 1991).

Pada musim kemarau pengelolaan air untuk perkebunan kelapa sawit di lahan gambut diarahkan kepada sistem penahanan air (water retention). Sebelum memasuki musim kemarau tujuan utama operasi adalah drainase terkendali. Di lapangan operasi ini dilakukan dengan jalan menahan air dengan pintu stoplog pada kedalaman tertentu. Misalkan untuk di tingkat tersier ditahan pada kedalaman 30-40 cm. Dengan operasi ini diharapkan air hujan yang masih turun diharapkan masih ditahan atau air pasang bisa masuk ke saluran tersier dan pada surut masih ada air tersimpan di saluran (Imanudin dan Bakri, 2014)

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

- Dari hasil kajian dan telaah kondisi saat ini, maka dapat disimpulkan bahwa keterbatasan lahan kering telah memaksakan pembukaan lahan basah, dan termasuk ke lahan gambut. Untuk mengendalikan pembukaan lahan maka pemerintah telah mengeluarkan peraturan, dan ini sangat tepat bila semua pengguna lahan mematuhi aturan ini. Setidaknya area lahan ada yang disimpan untuk melestarikan gambut minimal 30%. Kebijakan ini perlu didukung semua pihak.

- Dalam proses penilaian kesesuaian lahan untuk pembukaan lahan perkebunan khususnya sawit, perlu penyesuaian tidak semua parameter dilakukan analisis, kondisi ini karena biaya yang diperlukan untuk investasi di lahan gambut sangat besar sehingga dana bisa lebih efisien. Kunci faktor adalah ketebalan gambut, sementara parameter lainnya dapat di perbaiki dengan teknologi.
- Tujuan utama pengelolaan air di lahan gambut adalah membuang kelebihan air di musim penghujan dan menjaga kedalaman muka air tanah berada zona aman (50 cm) pada saat musim kemarau. Kedalaman air tanah yang terkendali juga mencegah terjadinya subsiden dan kebakaran lahan. Namun tidak bisa dipungkiri pada kondisi kemarau sulit dilakukan karena sumber air terbatas, oleh karena itu diperlukan penahanan pintu air, dan suplesi air. Untuk menjaga tidak terlalu cepat penurunan air dan menyediakan air suplesi perlu dipikirkan kolam penampungan.
- Pengembangan selanjutnya diperlukan monitoring sistem berdasarkan muka air di saluran dan lahan. Hubungan ketinggian air di saluran dan lahan perlu dibuat modelnya untuk lokasi setempat. Sehingga kebutuhan suplesi dan pengeringan secepatnya diketahui.

DAFTAR PUSTAKA

- Aidraiah, Jubaedah, Wahyunto, Jokopitono, 2013. Pengaruh Tinggi Muka Air Saluran Drainase, Pupuk dan Amelioran terhadap Emisi CO₂ pada Perkebunan Kelapa Sawit di Lahan Gambut. *Jurnal Litro* 10(2), 3023. Hlm. 66-71.
- Andriese. 1998. *Nature and Management of Tropical Peat Soils*. FAO Soils Bulletin 59. Food and Agriculture Organisation of The United Nations. Rome.
- Bakri, Imanudin, M.S and Bernas, S.M. 2015. Water retention option of drainage system for dry season corn cultivation at tidal lowland area. *Journal Agrivita* Volume 37 No 3 2015.
- Fajri, dan Agussabti . 2009. *Sosial Ekonomi Kehidupan Masyarakat*. Laporan Utama. Project Implementation Unit - Studi Ekosistem Rawa Tripa. Scientific Studies for The Rehabilitation and Management of Tripa Peat-Swamp. Universitas Syiah Kuala.
- Imanudin, M.S and Susanto, R.H. 2015. Intensive agriculture of peat land areas to reduce carbon emission and fire prevention (A Case Study in Tanjung Jabung Timur Tidal Lowland Reclamation Jambi). *Proceeding The 1st Young Scientist International Conference of Water Resources Development and Environmental Protection*, Malang Indonesia, 5-7 June 2015.
- Imanudin, M.S. dan Bakri. 2014. *Kajian Budidaya Jagung pada Musim Hujan di Daerah Reklamasi Rawa Pasang Surut dalam Upaya Terciptanya Indeks Pertanaman 300 %*. Prosiding Seminar Nasional INACID 16-17 Mei 2014, Palembang-Sumatera Selatan. ISBN 978-602-70580-0-2.
- Imanudin, M.S. and M.E. Armanto. 2012. Effect of Water Management Improvement on Soil Nutrient Content, Iron and Aluminum Solubility at Tidal Lowland Area. *APCBEE Procedia* 4 (2012): 253-258. (SCOPUS, Google Scholar and DOAJ indexes). Web-link: www.sciencedirect.com/science/.../S2212670812002138

- Imanudin, M.S., R.H. Susanto, E. Armanto, and S.M. Bernas. 2009. The Use of Drainmod Model For Developinf Strategic Operation of Water Management In The Tidal Lowland Agriculture Areas of South Sumatera Indonesia. Proceeding of International Seminar on Wetland and Sustainability, Kota Kinabalu Sabah Malaysia. 26-28 Juni 2009. ISBN 478-983-3142-11-8.
- Krisnohadi, A. 2011. Analisis Pengembangan Lahan Gambut untuk Tanaman Kelapa Sawit Kabupaten Kubu Raya. *J. Perkebunan & Lahan Tropika*, Vol. 1, Juni 2011
- Masimin. 2009. Implementasi Canal Blocking. Laporan Utama. Scientific studies for the rehabilitasin and management of the Tripa Peat-Swamp-Fores. Universitas Syiah Kuala.
- Skaggs, R.W. 1982. Field Evaluation of Water Management Simulation Model. *Transaction of the ASAE* 25 (3):666-674
- Skaggs, R.W. 1991. Drainage (*in* Hanks, J and J.T. Ritchie, 1991. *Modelling Plant and Soil System*. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin).
- Subagyo, Marsoedi dan Karama, S., 1996. Prospek Pengembangan Lahan Gambut untuk Pertanian dalam Seminar Pengembangan Teknologi Berwawasan Lingkungan untuk Pertanian pada Lahan Gambut, 26 September 1996. Bogor
- Tarigan, S.D. 2011. Neraca Air Lahan Gambut yang di Tanami Kelapa Sawit di Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah. *Jurnal Tanah Lingkungan*. 13 (1) April 2011: 14-20.
- Valat, B., C. Jouany and L.M Riviere. 1991. Characterization of the Wetting Properties of Air-dried Peats and Composts. *Soil Sci.* 152(2): 100-107.
- W i n a r n a , M u r t i l a k s o n o , K , S a b i h a n , S . , S u t a n d i , A , a n d S u t a r t a , E . S . 2 0 1 5 . E f f e c t o f g r o u n d w a t e r l e v e l a n d s t e e l s l a g a p p l i c a t i o n o n s o i l m o i s t u r e v a r i a b i l i t y a n d a c t u a l h y d r o p h o b i c i t y o f p e a t s o i l i n o i l p a l m p l a n t a t i o n . A s i a n N e t w o r k f o r s c i e n t i f i c i n f o r m a t i o n . *Journal Agronomi* 14 (1) 15 - 22 ; 2015 .
- Winarna, M.L. Fadli, D. Wiratmoko, dan E.S. Sutarta (2006). Karakteristik tanah dari bahan *aluvial* ash dan kesesuaiannya untuk tanaman kelapa sawit . *Jurnal 14* (2). Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Agustus 2006.