

ANALISA NERACA AIR DI LAHAN GAMBUT BERDASARKAN PENGARUH TINGGI MUKA AIR SALURAN DAN LAHAN

Dwi Suwito^[1], **Ir. Nuraeni Dwi Dharnawati, MP**^[2], **Dr. Ir. Hermantoro, MS., IPU**^[3]
Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Stiper
Yogyakarta

Jl. Nangka 2, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia

E-mail: Uwitodwi@gmail.com

Abstrak

Latar belakang dari penelitian ini yaitu sebagian besar lahan sulfat masam, khusus nya Kawasan tropika seperti Indonesia, berada di wilayah rawa pasang surut. Karena pengaruh dari sungai maupun laut. Lahan sulfat masam adalah lahan yang terdapat lapisan pirit. Lapisan pirit yang ada di dalam tanah harus tetap dijaga agar tidak teroksidasi, karena lapisan pirit teoksidasi akan menyebabkan PH tanah rendah atau masam (PH 2 - 3). Untuk menjaga agar lapisan pirit tidak teroksidasi dilakukan dengan mengusahakan agar lapisan pirit selalu dalam kondisi anaerob dan tergenang. Penurunan muka air lahan gambut memicu oksidasi dan subsiden, khususnya pada musim kemarau, agar penurunan muka air dapat dikelola dengan baik, maka perlu dikaji besaran komponen neraca air (*water balance*) yang meliputi: a) Evapotranspirasi, b) Ruang pori drainase, c) Konduktivitas hidrolik dan d) Drainase.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji komponen neraca air pada lahan gambut yang ditanami kelapa sawit yang dapat digunakan untuk pengolahan drainase yang optimal. Metodologi yang digunakan dalam perhitungan dalam kedua komponen neraca air adalah persamaan *Hooghoudt Steady-State Approach* yang diverifikasi dengan pengukuran di lapangan terkait tinggi muka air dengan menggunakan piezometer. Penelitian ini dilakukan pada perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Barat, Kapuas Hulu. Pengukuran tinggi muka air piezometer selama 31 hari atau 1 bulan.

Hasil penelitian ini menunjukkan kedalaman pirit bervariasi antara 10 – 50 cm tinggi muka air harus dijaga kurang dari 40 cm dari permukaan tanah agar tidak teroksidasi. Penggunaan piezometer dan saluran tersier mengetahui tinggi muka air dilahan dan saluran, evapotranspirasi adalah 1 mm hari^{-1} , hari hujan pada bulan Desember terdapat 12 hh, dengan jarak saluran 39,5 m. Di samping itu kehilangan air drainase perlu ditekan seminim mungkin melalui pengaturan jarak saluran drainase dan penggunaan drain blok pada saluran tersier.

Kata kunci: Sulfat masam, pirit, tinggi muka air, piezometer, neraca air

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan negara yang memiliki areal gambut terluas di zona tropis, yakni mencapai 70% dari luas gambut di Asia Tenggara. Luas gambut Indonesia mencapai 21 juta ha, yang tersebar di pulau Sumatera (35%), Kalimantan (32%), Papua (30%) dan pulau lainnya (3%), di Kalimantan Barat, luas gambut mencapai 1,73 juta ha. Pada lahan gambut, ketengangan air/letak ketinggian air tanah sangat bervariasi. Selama ini pengelolaan gambut seperti pertanian dan perkebunan di lahan gambut selalu dilakukan dengan menurunkan level air tanah dengan cara membangun parit dan saluran drainase. Oleh karena itu perlu suatu pengaturan dan pengelolaan tata air dengan baik, sehingga tanaman dapat berkembang dan tumbuh dengan baik, namun tetap melestarikan lahan gambut yang di buka (Wahyunto et al. 2011).

Lahan gambut di perkebunan kelapa sawit Kalimantan Barat merupakan topik yang sangat penting untuk dibahas dalam konteks industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Sebagai salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki luas lahan gambut yang cukup besar, Kalimantan Barat memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan sebagai daerah penghasil kelapa sawit. Namun, pengembangan perkebunan kelapa sawit di lahan gambut juga memiliki tantangan yang cukup besar. Salah satu tantangan utama adalah masalah keberlanjutan lingkungan. Lahan gambut yang digunakan untuk perkebunan kelapa sawit memiliki karakteristik yang berbeda dengan lahan lainnya. Lahan gambut memiliki kandungan air yang tinggi dan mudah terbakar. Selain itu, penggunaan pupuk dan pestisida pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut juga dapat berdampak negatif pada lingkungan. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan upaya untuk mengembangkan teknologi dan praktik pertanian yang ramah lingkungan. Selain itu, perlu juga dilakukan pengawasan yang ketat terhadap praktik-praktik yang merusak lingkungan.

Sifat fisik dan kimia merupakan sifat-sifat tanah gambut yang penting diperhatikan dalam pengelolaan lahan gambut terutama dengan melakukan pengelolaan air (water management) termasuk pengaturan tinggi muka air (TMA) tanah. Sifat fisik yang khas pada gambut adalah penurunan muka lahan (subsidence) dan mudah tererosi baik oleh air. Bobot isi gambut nilainya sangat rendah apabila dibandingkan dengan bobot isi tanah mineral. Jika mengalami kekeringan kadar air $< 100\%$, gambut kehilangan kemampuan menyerap air (irreversible drying) dan menjadi bahan organik kering yang tidak cocok untuk digunakan sebagai media bercocok tanam dan kehilangan fungsinya sebagai tanah (Agus et al, 2008).

Pembukaan lahan gambut dengan cara membuat saluran drainase akan menyebabkan penurunan muka air tanah dan perubahan ekosistem. Perubahan ekosistem ini mengakibatkan perubahan karakteristik dan sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Sutarta et al, 2006).

Penelitian ini bertujuan mengkaji komponen neraca air pada lahan gambut dan kandungan pirit yang ditanami kelapa sawit untuk kegunaan perencanaan saluran drainase.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana tata kelolah air di saluran dan di lahan.
2. Bagaimana penetapan evapotranspirasi dilakukan perkebunan kelapa sawit dengan persamaan *hooghoudt*.
3. Apakah termasuk lahan bukan asam sulfat masam (terdapat lapisan pirit).

Tujuan Penelitian

1. Melakukan pengukuran tinggi muka air di saluran dan tinggi muka air di lahan dengan piezometer.
2. Menghitung debit drainase dan evapotranspirasi menggunakan rumus *hooghoudt*.
3. Melakukan pengukuran deteksi lapisan pirit menggunakan *hydrogen peroksida*.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui efektivitas tanah gambut dan tata kelola air dilahan maupun saluran, juga menganalisa evapotranspirasi menggunakan parameter neraca air perkebunan kelapa sawit dengan metode *hooghoudt*.

Metodologi Penelitian

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2022, dilakukan pada saat kegiatan magang di PT. Karyamas Adinusantara Sungai Serawi Estate kenepai.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu, alat tulis, meteran, penggaris, bor tanah, stik ph, ph digital, cap, *hendphone* untuk dokumentasi penelitian serta laptop untuk pengolahan data.

Bahan yang digunakan yaitu hydrogen peroksida untuk uji pirit lahan gambut.

Parameter Yang Diamati

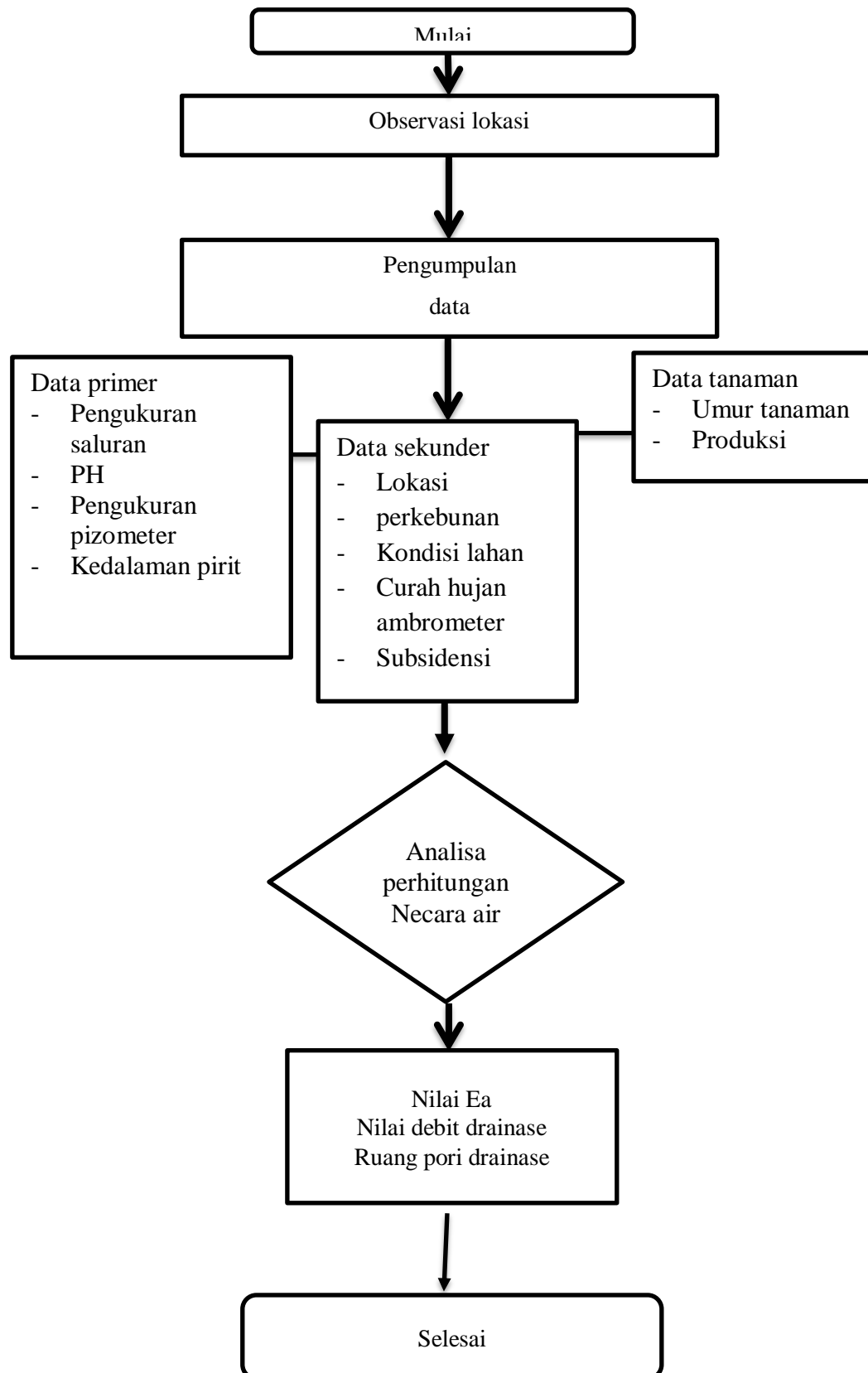
Data parameter tanah

- a. Deteksi pirit per lapisan
- b. Tingkat kematangan ketebalan ganbut

Data tata air dan jaringan saluran

- a. Tinggi muka air saluran dan TMA pizonometer
- b. PH air disaluran
- c. PH air dilahan

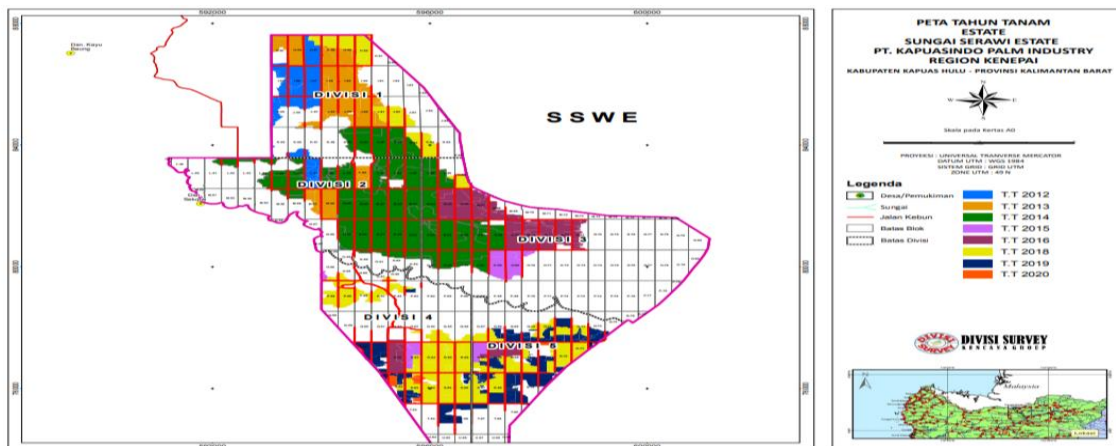
Tahapan penelitian



Hasil dan Pembahasan

Deskripsi keadaan wilayah penelitian

Penelitian ini dilakukan di kecamatan empanang kabupaten Kapuas hulu Kalimantan barat. Kebun kelapa sawit PT Karyamas Adinusantara tepatnya Sungai Serawi Estate.



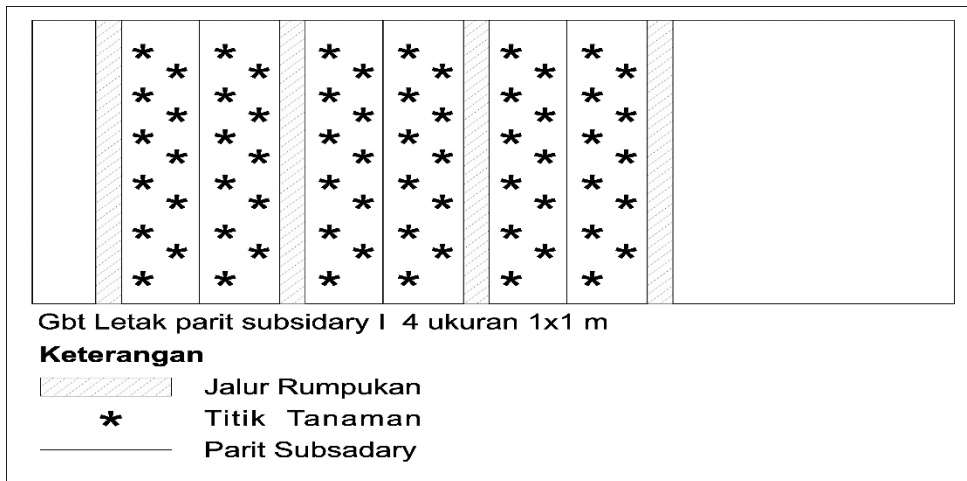
Gambar 4.1. Peta Lokasi Penelitian

Sungai Serawi Estate merupakan salah satu kebun cabang dari sungai tawang estate, kebun kelapa sawit yang berdiri tahun 2009 dengan tahun tanam awal 2012 khususnya di Sungai Serawi Estate yang menghasilkan TBS dan kebun yang berkelanjutan panjang yang menghasilkan buah yang sangat memuaskan untuk mendapatkan minyak CPO yang kualitas bagus. Pada lokasi penelitian ini tanaman terdapat kebun kelapa sawit dengan tahun tanam 2012 – 2018 dengan rotasi panen 6/7 yaitu 6 hari panen dalam 1 minggu, 1 rotasi menghasilkan produksi kelapa sawit 85 ton dari 1 hari panen data *actual*. Berdasarkan dari kondisi lahan yaitu lahan gambut atau R2 dan di blok lainnya ada juga lahan mineral kondisi datar tidak berbukit. Pada blok penelitian dilakukan M-58 dengan tahun tanam 2012 dan I-59 tahun tanam 2016, kondisi tanah di blok penelitian lahan gambut jenis tanah Saprik dan Hermik.

Tata Kelola air saluran dan lahan

Pada tata Kelola air dengan menggunakan sistem neraca air terdiri dari saluran sekunder dan saluran tersier, dengan saluran tersier terdapat pada dalam blok dan saluran

skunder terdapat di cr maupun di mr, penelitian dilakukan di blok M-58 dan I-59 dipasang piezometer dekat dengan saluran air irigasi atau parit cacing dengan perbandingan pembuatan parit tersier yaitu 1;4 artinya 1 parit tersier terdapat 4 baris tanaman kelapa sawit, layout atau tata kelola parit tersier dilahan gambut pada Gambar 4.7 :



Gambar 4.2. Dena lokasi saluran tersier dengan pola 4:1

Hasil pengujian pH di saluran maupun dilahan melakukan pengamatan terhadap pH air saluran maupun lahan, pH air adalah suatu ukuran yang menguraikan tingkat kadar kemasaman atau kadar alkali dari suatu larutan pH dilakukan pengukuran dengan stik pH dan pH meter digital.

Dari hasil uji air piezometer dan saluran dapat mengetahui keasaman tanah sehingga kandungan pirit tinggi tingkat bahaya terhadap perkebunan kelapa sawit terhadap ada nya kandungan pirit atau ditandai dengan adanya warna seperti karat (Adji et al., 2019).

Hasil data yang didapat saat pengambilan menggunakan stik ph dan pH meter digital



Gambar 4.3. pH meter digital air

sebagai berikut:



Gambar 4.4. Stik pH

Pada gambar diatas hasil dari pengambilan data di lahan gambut secara langsung menggunakan stik pH atau pengukuran pH tanah, perbandingan dengan stik pH dan pH meter digital tidak jauh beda tingkat kemasamaan pH saat penelitian sangat tinggi. pH di saluran maupun di lahan penetralan tanah tidak asam menggunakan pupuk dolomit atau pupuk abu tanah untuk tanaman kelapa sawit yaitu pH 5-5,5 agar berproduksi maksimal.

Dari hasil pengamatan pH air yang rendah atau masam dikarenakan sudah teroksidasi dengan kandungan pirit, gejala yang tampak pada lahan gambut yaitu terdapat tanaman purun yang mampu hidup.

Tabel 4.1. pH air di lahan gambut

Ulangan	Stik ph	Ph meter
1	3	3,41
6	3	3,39
9	3	3,37
13	3	3,36

Pada pH air menurut pendapat (Sunarko, 2014) bahwa tanaman sawit memiliki pH 4 – 5,5 dengan optimum 5 – 6,5, dari hasil pengambilan data di lapangan menggunakan stik pH maupun pH meter digital masih < 4, musim penghujan terjadi penggenangan air dan pada musim kemarau terjadi kekeringan, sehingga tata air menjadi kebutuhan mutlak, tingkat

keasaman (pH) pada lahan gambut berkisar antara 3 – 5, yang mengakibatkan unsur hara makro tidak tersedia dalam jumlah yang cukup seperti kekurangannya unsur Ca, N, P, K dan Mg. Unsur hara mikro yang diperlukan dalam jumlah sedikit mengalami peningkatan sehingga bersifat racun bagi tanaman seperti unsur Al, Mn, dan Fe.

Pengamatan hasil pirit

a. Hasil observasi lapangan

Pada penelitian ini sebelum melakukan pengukuran kedalaman pirit, sebelumnya dilakukan observasi pengamatan awal untuk mengamati gejala-gejala yang nampak di permukaan tanah. Keberadaan lapisan pirit dapat diamati dari ciri-ciri di permukaan atau lingkungan sekitar. Beberapa gejala yang ditemukan pada saat melakukan observasi keberadaan lapisan pirit dapat ditunjukkan sebagai berikut:

- Terdapat tanaman *purun*



Gambar 4.5. Tanaman purun

Kemasaman (pH) tanah merupakan penciri utama lahan sulfat masam atau lahan yang mengandung lapisan pirit. Tingkat kemasaman lahan sulfat masam berkisar pada pH 4 sampai $\leq 3,5$. Lahan rawa sulfat masam yang tergenang mempunyai $\text{pH} \geq 4$, tetapi pada saat mengalami pengeringan turun secara drastis sehingga menjadi sangat masam.

b. Identifikasi keberadaan lapisan pirit dilahan gambut

Proses identifikasi lapisan pirit dilakukan pada lahan gambut perkebunan kelapa sawit.

Perkebunan kelapa sawit merupakan lahan yang aktif di kelolah bahkan merupakan penghasil terbesar negara Indonesia, lahan yang aktif dan dibuka sebagai perkebunan kelapa sawit dengan cara dibakar sangat berbahaya jikalau ada keberadaan lapisan pirit (FeS_2) pada kemasaman tanah teroksidasi dengan angka pH 3 asam aktual.



Gambar 4.6. pengukuran kedalaman pirit di lahan gambut

Pengukuran kedalaman lapisan pirit dilakukan dengan melakukan pengambilan sampel dengan menggunakan bor tanah pada kedalaman 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm. Tanah yang di bor diangkat ke permukaan dan disusun sesuai kedalaman, kemudian di beri larutan hidrogen peroksida (H_2O_2), jika terdapat buih - buih, keluar asap serta diikuti bau yang menyengat, hal ini berarti terdapat lapisan pirit. Semakin banyak buih-buih menunjukkan semakin banyak kandungan piritnya.



Gambar 2 7. Uji larut hidrogen peroksida (H_2O_2)

Selanjutnya hasil pengeboran atau pengambilan sampel jikalau berbuih saat di tetesin cairan peroksida dan ditandai lapisan pirit pada sampel yang diambil untuk analisis keberadaan pirit. Penetesan cairan hidrogen peroksida pada tanah galian bor bertujuan untuk menunjukkan karakteristik dan aktifitas tanah sulfat masam mengetahui hasil identifikasi kadar pirit. Pada hasil pengujian tanah menggunakan larutan hidrogen peroksida ini dapat kita ketahui dengan kasat mata, untuk melihat reaksi gelembung pada tanah yang ditetaskan. Jika reaksi gelembung semakin besar dan tinggi, maka semakin tinggi pula kadar pirit yang ada. (Maswar, D. Haridjaja, S. Sabiham, 2009)

a. Data – data hasil pengujian dari setiap blok

Data data hasil pengambilan dan pengujian sampel tanah di semua blok dimana pengambilan data berada di 2 blok yang berbeda di perkebuan kelapa sawit. Dengan menggunakan bor tanah pada kedalaman 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm. berikut hasil data yang telah dilakukan pengujian

Tabel 4.2. Hasil data pirit blok M-59

NO	BLOK	Kedalaman pirit (cm)	Kriteria Dangkal		Kriteria Sedang		Kriteria Dalam	
			(0 - 25) Cm	(%)	(26 - 50) cm	(%)	(≥ 50 cm)	(%)
1	M-58	≥ 50					≥ 50	
2	M-58	10	10					
3	M-58	28			28			
4	M-58	36			36			
5	M-58	20	20					
6	M-58	17	17					
7	M-58	27			27			
8	M-58	14	14					
		Jumlah	61		89			
		Rata rata	15,255	50	29,67	37,5	≥ 50	12,5

Pada Tabel 4.3 blok M-58 terdapat lapisan pirit dangkal sebanyak 50% karna lapisan tersebut sudah di permukaan saat pengambilan, pengujian dilakukan penetesan larutan H₂O₂ sampel tanah, ternyata pada kedalaman 0-25 cm berbuih di tanah yang di tetesin larutan 30% langsung bereaksi buih- buih pada tanah gambut dengan kriteria dangkal, kedalaman pirit

kriteria di Blok M-58 yaitu dangkal 50% dari persenan kriteria sedang dan dalam. Mempunyai lahan sulfat masam aktual.

Data di bawah blok I-59 dimana kedalaman pirit terdapat pirit sedang 50% yang terdeteksi dapat di sajikan pada tabel

Table 4.3 Hasil data pirit blok I-59

No	Blok	Pirit (Cm)	Kedalaman Pirit Dangkal		Kedalaman Pirit Sedang		Kedalaman Pirit Dalam	
			(0 - 25) cm	(%)	(26 - 50) Cm	(%)	(≥ 50 cm)	(%)
1	I-59	10	10					
2	I-59	25	25					
3	I-59	30			30			
4	I-59	25	25					
5	I-59	35			35			
6	I-59	45			45			
7	I-59	40			40			
8	I-59	60					60	
		Jumlah	60		150		60	
		Rataan		37,5		50		12,5

Pada Tabel 4.4 blok I-59 terdapat lapisan pirit sedang sebanyak 50% saat pengambilan sampel tanah pada 8 lubang sampel dimana terdapat 4 lubang dengan kedalaman bervariasi yaitu 30 cm, 35 cm, 45 cm, dan 40 cm. pengujian dilakukan penetessan larutan H₂O₂ pada tanah ternyata pada kedalaman 26-50 cm dengan persenan 50%, kedalaman dangkal 37,5% dan dalam 12,5% mempunyai sifat tanah dengan lahan sulfat masam aktual.

Pengamatan Tinggi Muka air di saluran dan di lahan

Piezometer merupakan salah satu alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran pada desakan cairan pada sebuah sistem, dengan cara mengukur tinggi dari melawan grafitasi, atau dengan perangkat yang mengukur tekanan (kepala pisometrik) air tanah pada tertentu, pemasangan piezometer yang telah di pasang di perkebunan kelapa sawit dengan 2 titik di 1 blok pemasangan lokasi lahan rawa piezometer di blok M-58 (2 titik), dan I-59 (2 titik).

Tujuan pada pemasangan piezometer yaitu untuk mengetahui tinggi muka air di setiap

lahan lokasi yang akan dilakukan pada perkebunan kelapa sawit untuk menunjang seluruh kebutuhan dan pengaturan tata air di lahan. Diharapkan juga untuk dapat segera memulihkan lahan-lahan kritis yang masih berpotensi menimbulkan kerusakan lingkungan lahan. Agar setiap lahan dapat segera pulih dari kawasan tinggi muka air yang sangat bahaya. Piezometer yang sudah di pasang di blok M-58



Gambar 4.8. Pengamatan piezometr M-58



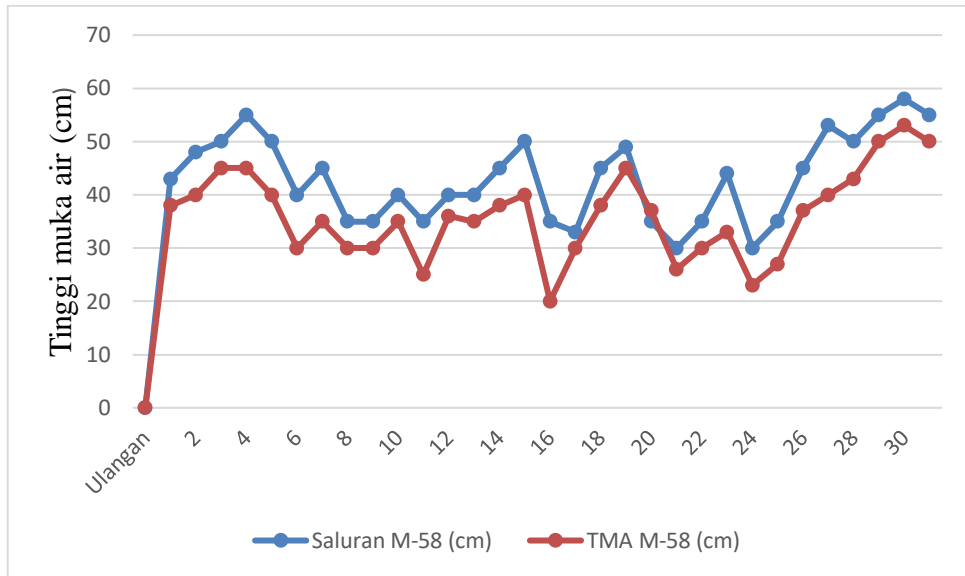
Gambar 4.9. Piezometer berdekapan patok subsiden

Pembacaan Piezometer dan saluran dilakukan pada 2 blok berbeda selama 30 hari dari 1 Desember sampai 31 Desember 2022 hasil dari pengamatan dapat disajikan pada pada Tabel 4.5

Tabel 4.4. TMA piezometer dan saluran Blok M-58

Ulangan	CH (mm)	Saluran M- 58	TMA M-58 (cm)
1	1,0	43	38
2	0	48	40
3	0	50	45
4	0	55	45
5	0	50	40
6	16,5	40	30
7	5,5	45	35
8	12,5	35	30
9	22,5	35	30
10	7,0	40	35
11	0	35	25
12	0	40	36
13	10,0	40	35
14	0	45	38
15	0	50	40
16	60,5	35	20
17	0	33	30
18	0	45	38
19	0	49	45
20	11,5	35	37
21	5,5	30	26
22	0	35	30
23	1,0	44	33
24	33,0	30	23
25	0	35	27
26	0	45	37
27	0	53	40
28	0	50	43
29	0	55	50
30	0	58	53
31	0	55	50
Rataan		43,16	36,26

Gambar penyajian pada Tabel 4.5, dapat di jadikan grafik untuk mengetahui alur naik turunnya tinggi muka air di saluran tersier dan di piezometer :



Gambar 4.10. Grafik TMA M-58

Pada pembacaan tinggi muka air dilakukan dari data pada tabel 4.5, selanjutnya di tampilkan secara grafik. Gambar 4.15 disajikan statik TMA piezometer diblok M-58, pada perkebunan kelapa sawit yang dijaga ketinggian muka air 40-50 cm ketinggian yang melebihi dan berkurang tidak baik pada tanaman kelapa sawit sedangkan di musim penghujan, pada saat penelitian hari hujan hanya 12 HH dimana TMA piezometer yang ada di Tabel 4.5 menunjukkan angka 30 cm karna hujan terjadi begitu deras membuat pelampung pengukuran TMA naik dan menunjukkan angka 30 cm.

Dari Tabel 4.5 terdapat puncak ketinggian muka air piezometer terjadi pada tanggal 16 Desember 2022 sebesar 20 cm dan terendah di tanggal 30 Desember 2022 sebesar 53 cm karna curah hujan pada tanggal tidak terjadinya penurunan hujan. CH mempengaruhi fluktuasi tinggi muka air (TMA) di lahan maupun di saluran dijelaskan perubahan terhadap muka air dilahan, CH di bulan desember 2022 sangat sedikit hari hujan (HH) terdapat 12 dari data sekunder perusahaan. Hal ini mempengaruhi kebutuhan air dilahan gambut dan di tanggal 25 - 31 tidak terjadi nya hujan apalagi di Kalimantan barat Kapuas hulu melewati garis khatulistiwa mudah untuk terjadi nya kekeringan.

Pada Tabel 4.6 TMA piezometer dan saluran I-59 hasil pengamatan secara langsung

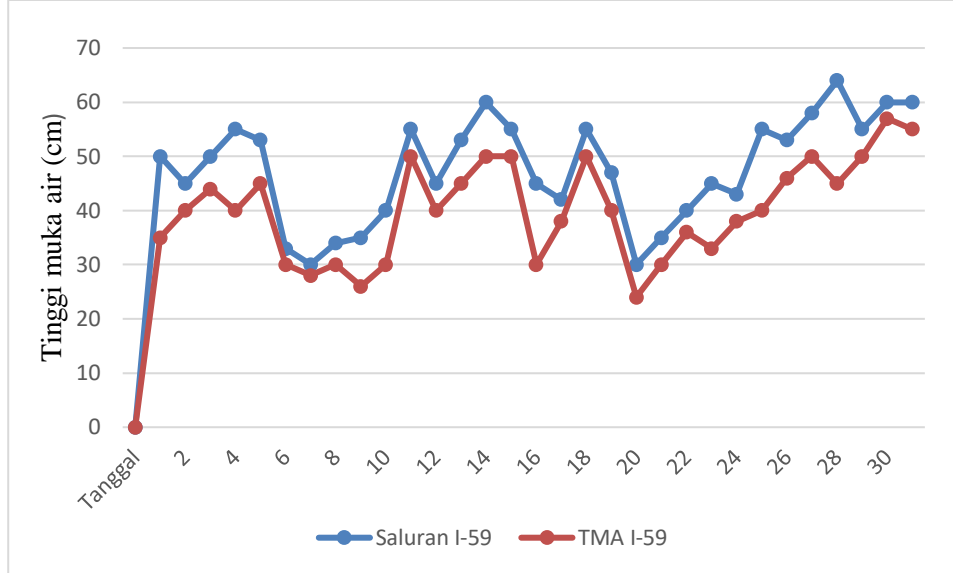
disajikan pada Tabel 4.6:

Tabel 4.5. TMA piezometer dan saluran I-59

Ulangan	CH (mm)	Saluran I-59	TMA I- 59
1	1,0	50	35
2	0	45	40
3	0	50	44
4	0	55	40
5	0	53	45
6	16,5	33	30
7	5,5	30	28
8	12,5	34	30
9	22,5	35	26
10	7,0	40	30
11	0	55	50
12	0	45	40
13	10,0	53	45
14	0	60	50
15	0	55	50
16	60,5	45	30
17	0	42	38
18	0	55	50
19	0	47	40
20	11,5	30	24
21	5,5	35	30
22	0	40	36
23	1,0	45	33
24	33,0	43	38
25	0	55	40
26	0	53	46
27	0	58	50
28	0	64	45
29	0	55	50
30	0	60	57
31	0	60	55
Rataan		47.74	40.16

Pada Gambar menjelaskan tinggi muka air di blok I-59 di gambarkan dalam grafik 4.16:

Pada Gambar 4.16 yang menunjukkan tinggi muka air disaluran dan dilahan blok I-59 yang memiliki lokasi rendah dan masih dekat dengan hutan alami, kenaikan tinggi muka air piezometer di tanggal 20 Desember 2022 sebesar 24 cm dan terendah muka air di tanggal 30 Desember 2022 sebesar 57 cm, tinggi muka air di perkebunan kelapa sawit batas standart 40-50 cm, terdapat dipenelitian ini blok I-59 stabil tinggi muka air karna curah hujan yang mempengaruhi.



Gambar 4.11. Grafik TMA I-59

Dengan perbandingan TMA (tinggi muka air) blok M-58 dan I-59, pada blok I-59 yang terendah dan masih dekat dengan Kawasan hutan asli yang masih terjaga tidak tercemar dengan zat yang mengganggu kondisi hutan dan tinggi muka air yang terjadi di angka 40 cm pada tanggal 12 Desember 2022.

Pada Tabel 4.5 TMA dengan curah hujan yang menunjukkan dengan keadaan curah hujan yang tinggi muka air di saluran maupun di lahan drastis berbeda dengan hukum houghout menjelaskan bahwasannya tinggi muka air saluran lebih rendah di banding tinggi muka air di lahan karena adanya potensial kadar lengas dengan menggunakan saluran drainase untuk menjaga tinggi muka air disaluran pada saat musim kemarau yang berkepanjangan apalagi curah hujan di bulan sedikit.

Analisa neraca air dengan persamaan *Hooghoudt*

Komponen neraca air pada lahan gambut yang terkait dengan jarak dan dimensi saluran dianalisis dengan metode Steady-State Hooghoudt. Pada metode ini curah hujan dan perubahan tinggi muka air dihitung dalam interval yang tetap, yaitu harian. Pada interval satu hari tersebut besaran curah hujan dan tinggi muka air dianggap konstan.

Persamaan *Hooghoudt* menggunakan hukum *Darcy*, penjumlahan fungsi potensialmelingkar dan, untuk penentuan pengaruh lapisan kadar air, metode gambaran cermin dan superposisi. Hooghoudt menerbitkan tabel untuk penentuan kedalaman ekuivalen (d)

Menentukan:

- a. Laju debit (q) dari laju resapan (r) dalam neraca air.
- b. Rata-rata kedalaman muka air (DW) jangka Panjang yang diizinkan berdasarkan kriteria drainase pertanian.
- c. Konduktivitas hidrolik tanah dan pengukuran
- d. Kedalaman dasar akuifer

Pada pengamatan dapat di hitung dengan persamaan Hooghoudt untuk mencari nilai Evapotranspirasi dilahan gambut

A. Konduktivitas hidrolik gambut (K)

Pada jumlah air yang keluar sebagai drainase sangat tergantung kepada konduktivitas hidrolik, konduktivitas hidrolik di lahan gambut, dimana muka air tanah dangkal dapat diukur menggunakan metode *Auger hole*. Pengukuran di lapangan penetapan konduktivitas hidrolik dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (a), jika menggunakan persamaan (a) maka perlu diketahui nilai q (*drain discharge*). Dengan tinggi muka air saluran tersier pada musim kemarau dan desain saluran tidak *uniform* pada lokasi penelitian, air tidak mengalir pada saluran tersier. Dalam keadaan ini perlu nya mengetahui parameter untuk mengitung debit air yang keluar dari weir (q), sehingga nilai q tidak dapat ditetapkan dengan car aini. Nilai K pada penelitian ini diambil dari literatur berdasarkan penelitian Fikri Akhari (2012) yaitu sebesar $7,02 \times 10^{-7}$ cm/det

B. Hasil Analisa perbedaan tinggi muka air

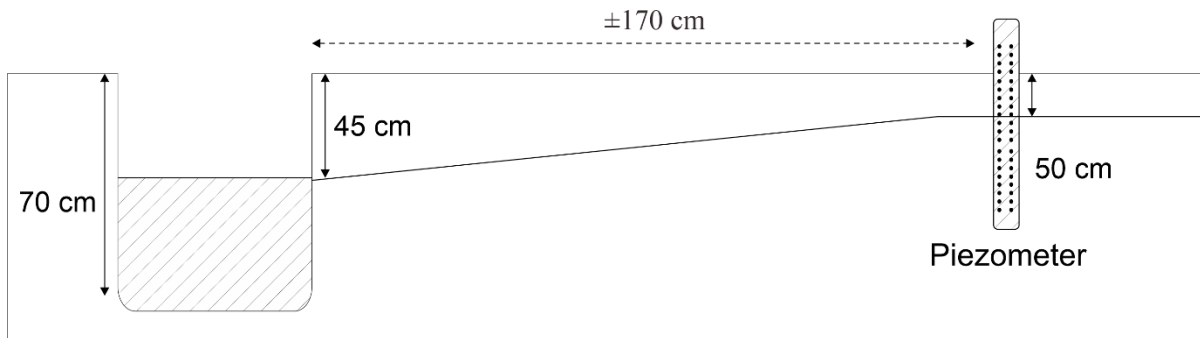
Data tinggi muka air disaluran dan dilahan yang diukur dari piezometer dan saluran tersier yang berdekatan dengan piezometer secara langsung. Data piezometer dikumpulkan dari 2 lokasi yang berbeda, yaitu di Sungai Serawi Esteta, Blok M-58 dan I-59, Kabupaten Empanang, Kalimantan Barat. Pada setiap lokasi data tinggi muka air diambil rata-rata data dari 2 Blok berbeda namun saling berdekatan

Perbedaan tinggi muka air yang dineraca air dalam persamaan hooghoudt adalah

perbedaan tinggi muka air dilahan dan disaluran pada blok dengan lahan yang sama. Tinggi muka air di saluran tersier dan dilahan lebih tinggi di lahan dikarenakan daya hisap akar dengan beda potensial pada tanaman kelapa sawit. Tabel 4.7 menunjukkan hasil pengamatan selisih tinggi muka air pengambilan data dalam 1 bulan nilai debit drainase (q):

Tabel 4.6. TMA Selisih Δh Blok M-58 dan I-59

Saluran M-58 (cm)	TMA M-58 (cm)	Selisih Δh	Saluran I-59 (cm)	TMA M-59 (cm)	Selisih Δh
43	38	5	50	35	15
48	40	8	45	40	5
50	45	5	50	44	6
55	45	10	55	40	15
50	40	10	53	45	8
40	30	10	33	30	3
45	35	10	30	28	2
35	30	5	34	30	4
35	30	5	35	26	9
40	35	5	40	30	10
35	25	10	55	50	5
40	36	4	45	40	5
40	35	5	53	45	8
45	38	7	60	50	10
50	40	10	55	50	5
35	20	15	45	30	15
33	30	3	42	38	4
45	38	7	55	50	5
49	45	4	47	40	7
35	33	2	30	24	6
30	26	4	35	30	5
35	30	5	40	36	4
44	33	11	45	33	12
30	23	7	43	38	5
35	27	8	55	40	15
45	37	8	53	46	7
53	40	13	58	50	8
50	43	7	64	45	19
55	50	5	55	50	5
58	53	5	60	57	3
55	50	5	60	55	5
Rataan		7.03	Rataan		7.58



Gambar 4.12. Posisi piezometer dari saluran tersier

C. Debit drainase (q)

Selanjutnya dari data selisih tinggi muka air di saluran dan di lahan pada tabel 4.7

Penelitian ini mencari nilai debit drainase dengan persamaan Hooghoudt:

$$q = \frac{4 \cdot K \cdot h^2}{L^2} \dots\dots\dots(2)$$

Jarak saluran drainase (L) yang digunakan adalah jarak saluran tersier karena saluran sekunder cukup jauh dari posisi piezometer yaitu 158 m. Jarak saluran tersier adalah 39,5 m berdasarkan data piezometer selama 1 bulan Desember yaitu masing – masing 0,038 m dan 0,099 m. Beda tinggi muka air piezometer dengan saluran tersier (h) yaitu 0,05 - 0,08 m. Maka dari itu kedalaman saluran tersier lebih dangkal dari 1 m. Berdasarkan kondisi ini nilai q dapat dihitung dengan rumus (1). Dari hasil perhitungan nilai q dicantumkan pada Table 4.8.

Tabel 4.7. Nilai q pada saluran M-58

K (m/harian)	h ² (m)	L ² (m)	q m/hari	Q mm/hari
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,8738
6065,28	0,0064	1560,25	0,0995	99,5168
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,8738
6065,28	0,01	1560,25	0,1554	155,4951
6065,28	0,01	1560,25	0,1555	155,4951
6065,28	0,01	1560,25	0,1555	155,4951
6065,28	0,01	1560,25	0,1555	155,4951
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,87377
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,87377
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,8738
6065,28	0,01	1560,25	0,1555	155,4951
6065,28	0,0016	1560,25	0,0249	24,8792
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,8738
6065,28	0,0049	1560,25	0,0762	76,1926
6065,28	0,01	1560,25	0,1555	155,4951
6065,28	0,0225	1560,25	0,3499	349,8639

6065,28	0,0009	1560,25	0,0139	13,9945
6065,28	0,0049	1560,25	0,0762	76,1926
6065,28	0,0016	1560,25	0,0249	24,8792
6065,28	0,0004	1560,25	0,0062	6,2198
6065,28	0,0016	1560,25	0,0249	24,8792
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,8738
6065,28	0,0121	1560,25	0,1881	188,1490
6065,28	0,0049	1560,25	0,0762	76,1926
6065,28	0,0064	1560,25	0,0995	99,5168
6065,28	0,0064	1560,25	0,0995	99,5168
6065,28	0,0169	1560,25	0,2628	262,7866
6065,28	0,0049	1560,25	0,0762	76,1926
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,8738
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,8738
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,8738
Rata Rata			0,091	90,989

Penelitian ini juga mengamati blok I-59 untuk mencari nilai evapotranspirasi di lahan gambut sebelum mencari nilai Ea dihitung mengetahui nilai dari debit drainase (q) di sajikan pada Tabel 4.9 sebagai berikut:

Tabel 4.8. Nilai debit drainase (q) di lahan gambut I-59

K (m/hari)	h ² (m)	L ² (m)	q m/hari	q mm/hari
6065,28	0,0225	1560,25	0,3499	349,8639
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,8738
6065,28	0,0036	1560,25	0,0559	55,9782
6065,28	0,0225	1560,25	0,3499	349,8639
6065,28	0,0064	1560,25	0,0995	99,5169
6065,28	0,0009	1560,25	0,0139	13,9946
6065,28	0,0004	1560,25	0,0062	6,2198
6065,28	0,0016	1560,25	0,0249	24,8792
6065,28	0,0081	1560,25	0,1259	125,951
6065,28	0,01	1560,25	0,1555	155,4951
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,8738
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,8738
6065,28	0,0064	1560,25	0,0995	99,5168
6065,28	0,01	1560,25	0,1555	155,4951
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,8738
6065,28	0,0225	1560,25	0,3499	349,8639
6065,28	0,0016	1560,25	0,0249	24,8792
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,8738
6065,28	0,0049	1560,25	0,0762	76,1926
6065,28	0,0036	1560,25	0,0559	55,9782
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,8738
6065,28	0,0016	1560,25	0,0249	24,8792
6065,28	0,0144	1560,25	0,2239	223,9129
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,8738
6065,28	0,0225	1560,25	0,3499	349,8639
6065,28	0,0049	1560,25	0,0762	76,1926
6065,28	0,0064	1560,25	0,0995	99,5168
6065,28	0,0361	1560,25	0,5613	561,3372
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,8738
6065,28	0,0009	1560,25	0,0139	13,9946
6065,28	0,0025	1560,25	0,0389	38,8738
Rata - rata			0,1175	117,5242
			0,12	117,52

C. Ruang pori drainase (μ)

Ruang pori drainase pada lokasi penelitian ini dihitung dengan membandingkan jumlah curah hujan yang jatuh pada bulan desember dan kenaikan tinggi muka air piezometer, selisih tata kelolah air yang terjadi hujan. Berdasarkan data beberapa kejadian hujan dan kenaikan tinggi muka air diperoleh nilai ruang pori drainase sebagai berikut pada Tabel 4.10.

Tabel 4.9. Nilai ruang pori drainase (μ) M-58

Terjadi hujan	CH (mm)	TMA (mm)	Ruang pori drainase
01-Desember2022	1	50	0,02
06-Desember-2022	16,5	100	0,165
07-Desember-2022	5,5	100	0,055
08-Desember-2022	12,5	50	0,25
09-Desember-2022	22,5	50	0,45
10-Desember2022	7	50	0,14
13-Desember-2022	10	50	0,2
16-Desember-2022	60,5	150	0,4033
20-Desember-2022	11,5	20	0,575
21-Desember-2022	5,5	40	0,1375
23-Desember-2022	1	110	0,0090
24-Desember-2022	33	70	0,4714
Rataan			0,239
			0,24

Peroses pengamatan dari ruang pori drainase I-59 untuk menganalisa perbandingan dengan blok M-58 tidak jauh berbeda angka nilai pori dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.10. Nilai ruang pori drainase I-59

Terjadi hujan	CH (MM)	TMA (MM)	Ruang pori drainase
01-Desember2022	1	150	0.0067
06-Desember-2022	16.5	30	0.55
07-Desember-2022	5.5	20	0.275
08-Desember-2022	12.5	40	0.3125
09-Desember-2022	22.5	90	0.25
10-Desember2022	7	100	0.07
13-Desember-2022	10	80	0.125
16-Desember-2022	60.5	150	0.4033
20-Desember-2022	11.5	60	0.1916
21-Desember-2022	5.5	50	0.11
23-Desember-2022	1	120	0.0083
24-Desember-2022	33	50	0.66
Rataan			0.246
			0,25

Selanjutnya dari data nilai pori untuk mencari nilai E_a dari Tabel 4.10. dan 4.11 pada tanggal terjadi hujan terdapat 12 hari hujan yang di mana tanggal tersebut bervariasi tidak

berurutan di mana pada TMA saluran yang di pakai mendapat rata – rata 0,24 mm dan 0, 25 mm dalam 1 bulan.

E. Neraca air

Pada neraca air di kebun kelapa sawit ditentukan dengan menggunakan persamaan (3).

Besaran masing-masing parameter dapat dilihat pada tabel 12 dan 13.

$$Ea = R - q - (h_t - h_{t-1}) \mu \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

h = Beda tinggi muka air di saluran tersier dan titik piezometer

Ea = Evapotranspirasi actual (mm)

R = Curah hujan (mm)

q = Drain dscharge (mm hari⁻¹)

μ = Ruang pori drainase

Data piezometer dikumpulkan setiap interval 31 hari (1 bulan), dengan demikian perhitungan neraca air ini menguunakan *time step* 31 hari.

Berdasarkan perhitungan menggunakan neraca air, evapotranspirasi tanaman kelapa sawit yang ditanam pada gambut pada curah hujan sedikit rataaan 12,94 mm pada Tabel 11.

Tabel 4.11. Perhitungan evapotranspirasi menggunakan parameter nereca air Blok M-58

Waktu	h_t	h_{t-1}	R	q	μ	Ea
	Cm	Cm	Mm	mm hari ⁻¹		1 hari Mm
01-Desember2022	43	38	1	1	0,24	-1,2
06-Desember-2022	40	30	16,5	1	0,24	13,1
07-Desember-2022	45	35	5,5	1	0,24	2,1
08-Desember-2022	35	30	12,5	1	0,24	10,3
09-Desember-2022	35	30	22,5	1	0,24	20,3
10-Desember2022	40	35	7	1	0,24	4,8
13-Desember-2022	40	35	10	1	0,24	7,8
16-Desember-2022	35	20	60,5	1	0,24	55,9
20-Desember-2022	35	37	11,5	1	0,24	10,98
21-Desember-2022	30	26	5,5	1	0,24	3,54
23-Desember-2022	44	33	1	1	0,24	-2,64
24-Desember-2022	30	23	33	1	0,24	30,32
Rataan						12,94

Berdasarkan rendah hujan, debit drainase dengan TMA lahan dan saluran, dapat di hitung neraca air musim hujan seperti tertera pada Tabel 4.5. Pada musim hujan komponen yang termasuk sebagai sumber (input) air adalah curah hujan dan pre-storage air yang berasal dari bulan sebelumnya. Nilai pre-storage ini adalah besaran kolom air sebelum memasuki musim kemarau. Berdasarkan Gambar 4.17, nilai pre-storage yang diambil pada penelitian ini adalah pengamatan dalam 1 bulan. Nilai kolom harus dikalikan dengan besaran pori drainase (μ) untuk memperoleh jumlah air yang digunakan pada perhitungan neraca air. Sementara itu komponen output terdiri dari drain spacing (q) sebesar 39,5 m pada kondisi eksisting ($L=39,5m$). Usaha-usaha lain yang dapat dilakukan adalah meningkatkan pre-storage dan membuat cascaded stop-log pada jaringan saluran

Pada Tabel 4.13, mengamatin hasil dari evapotranspirasi di blok I-59 di tampilkan sebagai berikut:

Tabel 4.12. Perhitungan evapotranspirasi menggunakan parameter neraca air I-59

Waktu	h1 (cm)	ht-1 (cm)	R (mm)	q (mm hari)	μ	Ea (1 hari mm)
01-Desember2022	50	35	1	1	0.25	-3.75
06-Desember-2022	33	30	16.5	1	0.25	14.75
07-Desember-2022	30	28	5.5	1	0.25	4
08-Desember-2022	34	30	12.5	1	0.25	10.5
09-Desember-2022	35	26	22.5	1	0.25	19.25
10-Desember2022	40	30	7	1	0.25	3.5
13-Desember-2022	53	45	10	1	0.25	7
16-Desember-2022	45	30	60.5	1	0.25	55.75
20-Desember-2022	30	24	11.5	1	0.25	9
21-Desember-2022	35	30	5.5	1	0.25	3.25
23-Desember-2022	45	33	1	1	0.25	-3
24-Desember-2022	43	38	33	1	0.25	30.75
Rataan						12.58

Pengamatan penurunan patok subsiden

Pengolahan gambut mempunyai pengaruh yang besar terhadap keseimbangan karbon dan ekosistem gambut. Pembuatan drainase pada lahan gambut diperlukan untuk pertumbuhan akar tanaman kelapa sawit dan untuk akses jalan. Sejak dimulainya drainase, tanah gambut

telah menjadi source CO₂ sebagai akibat peningkatan oksidasi gambut. Di lain pihak peningkatan muka air tanah dapat merubah area gambut menjadi source CH₄ yang lebih efektif sebagai gas rumah kaca dari pada CO₂ (Melling and Hatano, 2010)

Dari hasil pengukuran tanah gambut ini sangat masam dengan C/N tergolong tinggi. Bobot isi tanah gambut berdampak pada kemampuan penyimpanan air relative rendah. Verry et al. (2011) menyebutkan bahwa kemampuan retensi air merupakan fungsi dari bobot isi tanah gambut, dimana kemampuan mengikat air meningkat dengan meningkatkannya bobot isi tanah. Tingkat kesuburan tanah gambut di lokasi penelitian dapat dikatagorikan rendah pada penurunan selisi 2 cm atau 3 cm setiap tahun monitoring pengukuran patok subsiden sebagai berikut (Bintang, B.Rusman, Basyarudin, 1996):



Gambar 4.1. Monitoring Patok subsiden

Dari hasil pengamatan pada penurunan lahan gambut blok M-58 dengan kedalaman lahan gambut yaitu 2,8 m, penurunan yang terjadi pada setiap tahun yaitu tanggal 15 Januari 2018 - 16 Januari 2020 permukaan tanah turun jauh dari 1,5 cm - 22,4 cm, sedangkan pada tanggal 16 Januari 2020 – 04 Januari 2021 permukaan tanah turun hingga selisih hanya 2 cm atau 2,5 cm

Tabel 4.13 dibawah adalah hasil dari pengukuran monitoring patok subsiden dari tahun 2017 – tahun 2023 didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.13. Pengamatan subsiden gambut Blok M-58

No	Pengamatan (TGL/BLN/THN)	Semester	Hasil pengamatan (cm)
1	22 agustus 2017	2	0
2	15 Januari 2018	1	1,5
3	27 Juli 2018	2	5
4	15 Februari 2019	1	7
5	03 Juli 2019	2	12,75
6	16 Januari 2020	1	22,4
7	30 juli 2020	2	23,1
8	04 Januari 2021	1	24,2
9	03 Juli 2021	2	25,1
10	12 Januari 2022	1	25,3
11	21 Juli 2022	2	25,8
12	05 Januari 2023	1	26,2

Dari hasil pengamatan pada penurunan lahan gambut blok M-58 dengan kedalaman lahan gambut yaitu 2,8 m, penurunan yang terjadi pada setiap tahun yaitu tanggal 15 Januari 2018 - 16 Januari 2020 permukaan tanah turun jauh dari 1,5 cm - 22,4 cm, sedangkan pada tanggal 16 Januari 2020 – 04 Januari 2021 permukaan tanah turun hingga selisih hanya 2 cm atau 2,5 cm

Tabel 4.14. Pengamatan patok subsidi I-59

No	Pengamatan (TGL/BLN/THN)	Semester	Hasil pengamatan (cm)
	Realisasi		
1	22 agustus 2017	2	0
2	15 Januari 2018	1	2,9
3	27 Juli 2018	2	10
4	15 Februari 2019	1	12
5	03 Juli 2019	2	14,25
6	16 Januari 2020	1	18,4
7	30 juli 2020	2	19,2
8	04 Januari 2021	1	20,6
9	03 Juli 2021	2	21,9
10	12 Januari 2022	1	22,3
11	21 Juli 2022	2	23,5
12	05 Januari 2023	1	24

Pembukaan lahan gambut untuk pertanian/perkebunan tanpa diikuti usaha pengelolaan tata air yang bijak berdampak pada kerusakan dan meningkatkan emisi GRK. Subsiden diartikan sebagai penurunan permukaan gambut yang telah direklamasi akibat perubahan penggunaan lahan. Data/informasi tentang perkiraan laju subsidi sangat penting untuk perencanaan sistem drainase dan pengaturan tata air, pendugaan umur pakai lahan gambut dari berbagai ketebalan dan ekosistem, serta perencanaan pemanfaatan lahan gambut secara optimal dalam rangka memelihara kelestarian gambutnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dan Analisa yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil Analisa tinggi muka air disaluran dan dilahan blok M-58, I-59, kenaikan TMA selisih Δh dilahan 7,03 cm dan 7,58 cm pada saluran tersier dengan piezometer lebih tinggi dilahan dikarenakan bahwasannya peresapan akar pada tanaman kelapa sawit mengakibatkan air yang tertampung di saluran tersier rendah dibanding dilahan.
2. Hasil Analisa persamaan *Hooghoudt* dapat digunakan menentukan komponen yang mempengaruhi neraca air pada tanah gambut yang ditanami kelapa sawit. Pada bulan Desember jumlah debit drainase (q) M-58 adalah 90,99 mm/ hari, blok I-59 sebesar 117,52 mm/hari sedangkan nilai evapotranspirasi M-58 sebesar 12,94 mm dan blok I-59 sebesar 12,58 mm dengan curah hujan 12 hari hujan.
3. Hasil Analisa menunjukkan dengan adanya keberadaan lapisan pirit dangkal di Blok M-58 dan I-59 pada kedalaman 0-20 cm, 20-30 cm, dan 30-40 cm, terdapat 50% dengan pH 3 dengan sifat tanah masam sulfat actual.

Saran

Perlunya penambahan curah hujan dari BMKG atau data Ambrometer di perusahaan dalam kurun waktu 5 tahun kebelakang untuk dapat lebih detail perbandingan pada penelitian ini, dan diperhatikan lahan gambut dengan tingkat kemasaman < 4 dapat mengakibatkan produksi kelapa sawit tidak maksimal perlunya lebih lanjut untuk mengatasi kemasaman air dilahan gambut agar tingkat produksi meningkat pada tahun sebelumnya..

Daftar Pustaka

- Agus, Subiksa, 2008. *Konsorsium penelitian dan pengembangan perubahan iklim pada sektor pertanian*. Balai Pesar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor
- Jumin, H. B. 1998 *Agronomi*. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Sutarta, E. S. Siregar, H. H. Harahap, I. Y. Sugiyono. & Rahutomo, S. 2006. *Potensi Lahan untuk Kelapa Sawit di Indonesia*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.
- Wahyunto, Subiksa, I.G.M. 2011. *Genesis Lahan Gambut Indonesia*. Balai Penelitian Tanah. Bogor. 3-14
- Sabiham, S. 2000. *Kadar air kritis gambut Kalimantan Tengah dalam kaitannya dengan kejadian kering tidak balik*. J. Tanah Tropika 11:21-30. Silvius
- Abdi Kurniawan¹, Sri Manu Rohmiyati², N. M. T. (2016). *Pengaruh Macam Pupuk N Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit Pre Nursery Pada Berbagai Komposisi Media Tanah*. 1(2).
- Adji, F. F., Damanik, Z., Teguh, R., & Suastika, K. G. (2019). *Karakteristik Lahan Gambut Pedalaman Kalimantan Tengah (Studi Kasus : Kanal Penghambat Dan Dampak Pembasahan) The Effect Of Distance From Drainage Canal On The Characteristics Of The Inland Peat In Central Kalimantan (Case Study : Blocking Canal And Rewetting Effect)*. 4(April), 226–232.
- Agus, F., & Made, I. G. (2008). *Lahan Gambut : Lahan Gambut : Potensi Untuk Pertanian Dan Aspek Lingkungan*.
- Agustina. (2011). *Luas, Sebaran, Dan Karakteristik Lahan Gambut*. 5–15.
- Akhari, F. (2008). *Kajian Jarak Optimal Antar Saluran Pada Lahan*.
- Anggun, C., Sari, S., Widyanti, L. A., Rini, M. A., & Saputra, W. I. (2008). *Neraca Karbon : Metode Pendugaan Emisi Co 2 Di Lahan Gambut*.
- Bintang, B. Rusman, Basyarudin, Dan E. M. H. (1996). *Kajian Subsistensi Pada Lahan Gambut Di Labuhan Batu Sumatera Utara*. 35–41.
- Boby Rahman Hasibuan¹, Enny Rahayu², Y. T. M. A., Makmur, Y., Kecamatan, G., & Utara, A. (2018). *Kajian Pengaruh Topografi Terhadap Produksi Kelapa Sawit Di Pt. Gunung Sejahtera Yoli Makmur (Gsym) Kecamatan Arut Utara, Kabupaten Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah*. 3(1).
- Erlindawati¹, Puji Ardiningsih¹, A. J. (2015). *Dentifikasi Dan Uji Aktivitas Antibakteri Dari Tiga Isolat Bakteri Tanah Gambut Kalimantan Barat*. 4(1).
- Ilham Wijaya¹, Teti Arabia¹, H. B. (2022). *Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala* *. 7, 381–392.
- Maswar, D. Haridjaja, S. Sabiham, Dan M. V. N. (2009). *Kehilangan Karbon Pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan Gambut Tropika Yang Didrainase Carbon Loss From Several Landuse Type On Tropical Peat Lands Drained*. 13–25.

- Muhammad Jaya Adhiatma¹, M. Mardhiansyah², E. S. B. (2016). *Aplikasi Beberapa Dosis Abu Serbuk Gergaji Dan Pupuk Hijau Jenis Leguminoceae Terformulasi Sebagai Pemacu Pertumbuhan Semai*. 3(2), 1–6.
- Nadia, Rayes, M. L., & Rachmanadi, D. (2021). *Pemetaan Daerah Rawan Kebakaran Mapping Of Fire-Prone Areas In Jabiren Raya District , Pulang Pisau Regency , Central Kalimantan*. 8(1), 35–42.
- Nasrul, B. (2019). *Tata Kelola Lahan Berbasis Hidrotopografi Di Kesatuan Hidrologis Gambut (Khg) Pulau Tebing Tinggi , Provinsi Riau Lembar Pengesahan Tata Kelola Lahan Berbasis Hidrotopografi Di Kesatuan Hidrologis Gambut (Khg) Pulau Tebing Tinggi , Provinsi Riau Disus*.
- Prabandini, G. (2016). *Dengan Menggunakan Metode Slug Test (Studi Kasus : Katingan , Kalimantan Tengah) Pernyataan Mengenai Skripsi Dan Sumber Informasi Serta Pelimpahan Hak Cipta .*
- Susandi¹, Oksana², D. A. T. A. (2015). *Analisis Sifat Fisika Tanah Gambut Pada Hutan Gambut Di Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar Provinsi Riau*. 5(2), 23–28.
- Suswati, D., & Indradewa, D. (2011). *Identifikasi Sifat Fisik Lahan Gambut Rasau Jaya Iii Kabupaten Kubu Raya Untuk Pengembangan Jagung*. 1(2), 31–41.
- Tarigan, S. D. (2011). *Neraca Air Lahan Gambut Yang Ditanami Kelapa Sawit Di Kabupaten Seruyan , Kalimantan Tengah Water Balance In Cultivated Peatlands With Oil Palm In Seruyan Regency , Central Kalimantan Suria Darma Tarigan **. 13(April), 14–20.
- Triadi, L. B. (2020). *(Sekat Kanal) Dan Paludikultur Restoration Of Peat Swamp Through Rewetting (Canal Blocking) And Paludiculture Method*. 103–118. <https://doi.org/10.32679/jsda.v16i2.677>
- Hooijer, A., Page, S., Canadell, J. G., Silvius, M., Kwadijk, J., Wösten, H., & Jauhiainen, J. (2010). Current and future CO₂ emissions from drained peatlands in Southeast Asia. *Biogeosciences*, 7(5), 1505-1514.
- Murdiyarsa, D., Hergoualc'h, K., Verchot, L. V., & Kolka, R. (2013). Opportunities for reducing greenhouse gas emissions in tropical peatlands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(23), 9,196-9,201.
- Page, S. E., Rieley, J. O., & Banks, C. J. (2011). Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology*, 17(2), 798-818.
- Wösten, J. H., Clymans, E., Page, S. E., Rieley, J. O., & Limin, S. H. (2008). Peat-water interrelationships in a tropical peatland ecosystem in Southeast Asia. *Catena*, 73(2), 212-224.
- Hooijer, A., Page, S., Canadell, J. G., Silvius, M., Kwadijk, J., Wösten, H., & Jauhiainen, J. (2010). Current and future CO₂ emissions from drained peatlands in Southeast Asia. *Biogeosciences*, 7(5), 1505-1514.)