BAB II
DASAR TEORI

2.1 Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) adalah komoditas perkebunan yang mempengaruhi sektor ekonomi non-gas. Hasil produksi minyak sawit dihasilkan baik oleh industri pangan maupun non pangan. Menurut data Badan Pusat Statistik (2014), jumlah perkebunan kelapa sawit di Indonesia telah meningkat secara menyeluruh sebesar 3,27 s.d. 11,33% per tahun. Luas perkebunan kelapa sawit Indonesia adalah 7,95 juta hektar pada tahun 2009, pada tahun 2013 telah meningkat menjadi 10,46 juta hektar. Menurut laporan, pada tahun 2014 jumlah perkebunan kelapa sawit meningkat sekitar 4,69% dari tahun sebelumnya menjadi 10,96 juta hektar, dan pada tahun 2015 meningkat sekitar 4,46% menjadi 11,44 juta hektar. Sejalan dengan industri kelapa sawit yang mengalami peningkatan, muncul masalah mengenai limbah yang terbuang ke lingkungan semakin banyak sedangkan keterbatasan alam dalam menerima limbah dapat menyebabkan *self purrification* atau kemampuan alam untuk membersihkan pencemaran secara alamiah saat ini sudah terlampaui (Ogunsola *et al*., 2014).

Limbah memiliki ragam jenis yang berbeda-beda tergantung dari bahan baku limbah dan prosesnya. Tiap jenis limbah memiliki perlakuan dan pemecahan masalah yang berbeda-beda. Air limbah adalah air yang berasal dari suatu proses dalam suatu kegiatan. Hasil penelitan Melisa dan Mulono (2020) menyatakan bahwa LCPKS atau kependekan dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit merupakan salah satu pupuk organik cair hasil fermentasi yang mengandung unsur N, P, K, Ca, Mg dan mengandung berbagai jenis mikroba berguna sebagai penyedia hara dan pembenah tanah. Pengelolaan limbah serta pedoman pengkajian limbah telah diatur oleh Menteri Lingkungan Hidup, keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2003 tentang Pedoman Teknis Pengkajian Pemanfaatan Air Limbah dari Industri Minyak Sawit pada Tanah di Perkebunan Kelapa Sawit.

Dalam proses produksi pengolahan tandan segar kelapa sawit menjadi minyak sawit (*Crude Palm Oil*) selain menghasilkan produk minyak goreng dari kelapa sawit, terdapat efek samping yang berdampak negatif untuk lingkungan dari hasil produksi yaitu limbah, baik itu limbah padat maupun limbah cair. Oleh karena itu, untuk menanggulangi kerusakan lingkungan karena limbah maka setiap perusahaan pengolah kelapa sawit harus menemukan cara yang tepat untuk pengelolaan dan pemanfaatan limbah. Pengolahan limbah cair pada pabrik kelapa sawit biasanya menggunakan 10 kolam sebagai medianya dengan fungsi yang berbeda-beda. Pada limbah terdapat panduan tentang baku mutu air limbah industri minyak sawit (Loekito, 2002).

Tabel 2.1 Baku mutu limbah industri minyak kelapa sawit

No	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)	Beban Pencemaran Maksimum (kg/ton)
1	BOD	250	1,5
2	COD	500	3,0
3	TSS	300	1,8
4	Minyak dan Lemak	30	0,18
5	Anomia Total (NH_3–N)	20	0,12
6	Ph	6-9	
7	Debit Limbah Maksimum	6 m^3 ton bahan baku	

Sumber: (kepmen negara lingkungan hidup Nomor:Kep-51/Menlh/10/1995)

LCPKS pada perkebunan sawit biasanya dipisahkan dalam kolam-kolam yang berbeda sesuai dengan proses dari limbah di dalam kolam tersebut, seperti pada Gambar 2.1.

Gambar 2.1. Kolam limbah cair kelapa sawit
(Sumber: Nasution, 2012)

2.2 Sifat Fisik, Biologi, dan Kimia LCPKS dan Tanah

Suatu zat atau bahan yang merupakan fluida tidak dapat menahan gaya atau tegangan geser karena berada dalam keadaan setimbang. Bahkan ketika gaya geser kecil diterapkan pada fluida, fluida tersebut mungkin terus berubah. Zat yang dapat mengalir ketika ada perbedaan tekanan adalah cara lain untuk mendefinisikan fluida. Fluida cair dan gas adalah dua kategori fluida. Fluida cair adalah fluida yang memiliki partikel yang sangat padat, permukaan bebas, dan kecenderungan untuk mempertahankan volumenya karena interaksi tarik-menarik yang kuat antara molekul yang sebanding. Sedangkan fluida gas memiliki kepadatan yang longgar, molekul yang sebanding tertarik satu sama lain dengan gaya yang relatif redup dan ringan sehingga volumenya tidak menentu (Giles *et al*., 1993).

Fluida lebih mudah berubah bentuk karena memiliki ikatan antar molekul yang jauh lebih kecil dibandingkan ikatan molekul zat padat, sehingga molekul lebih bebas bergerak. Sifat – sifat dasar fluida dapat mempengaruhi statika dan dinamika fluida atau benda-benda yang terkandung di dalamnya (Priyanto E.S., 2012).

2.2.1 Densitas atau Kekentalan Fluida

Massa fluida per satuan volume merupakan definisi dari istilah densitas. Densitas fluida menggambarkan massa dari sistem fluida. Nilai kerapatan fluida bervariasi dari satu fluida ke fluida lainnya. Densitas suatu fluida dipengaruhi oleh temperatur dan massa benda. Suhu menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi densitas karena apabila suhu bertambah tinggi, fluida akan menguap ketika suhu rendah fluida akan membeku sehingga sulit menentukan dan mengetahui nilai

densitas karena volumenya tidak stabil. Sedangkan massa benda mempengaruhi densitas karena semakin besar massa benda maka densitas atau kerapatannya juga besar (Sukanto, 2019).

2.2.2 BOD dan COD

Istilah BOD yang merupakan singkatan dari *Biochemical Oxygen Demand* mengacu pada jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme (bakteri) untuk memecah bahan organik dalam lingkungan aerobik (Umaly dan Cuvin, 1988). Pendapat mengenai definisi BOD ditegaskan oleh Boyd (1990) menyatakan bahwa bahan organik yang membusuk didalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi. BOD juga dapat diartikan sebagai ukuran berapa banyak oksigen yang dikonsumsi oleh mikroba akuatik sebagai respons terhadap masuknya bahan organik yang mampu terurai. Gagasan mengukur BOD adalah analisis empiris yang berupaya mengatasi proses mikroba yang sebenarnya terjadi di air dari perspektif global (Nur M., 2018).

COD adalah istilah dari *Chemical Oxygen Demand* yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk memecah atau melarutkan bahan organik yang terkandung dalam air. Menurut Boyd (1990) bahan organik yang diurai secara kimia memerlukan oksidator kuat kalium bikromat dalam lingkungan asam dan panas menggunakan katalisator perak sulfat. Dalam pengukuran BOD dan COD jika terdapat perbedaan nilai diantara keduanya menggambarkan besarnya bahan organik yang sulit terurai (Eddy, 1991).

2.2.3 Konduktivitas Fluida

Kemampuan dalam menghantarkan listrik oleh suatu benda disebut konduktivitas. Kemampuan menghantarkan listrik pada fluida dipengaruhi oleh ion-ion yang terkandung didalamnya. Martani (2014) menegaskan bahwa Ion-ion yang terkandung didalam fluida juga dipengaruhi oleh padatan yang terlarut didalamnya. Konduktivitas pada fluida diukur dengan alat *conductivity meter*.

2.2.4 Karakteristik Tanah

Terdapat kesulitan dalam mendefinisikan tanah, karena permukaan tanah lapang sangat bervariasi. Contohnya dalam suatu lanskap pada lahan pertanian, lahan hutan, padang rumput, dan juga lahan bera yang tidak ada tanamannya. Lalu

ada lahan kering yang datar, bergelombang sampai bergunung, dan juga ada lahan sawah dan rawa. Pengertian tanah sendiri berbeda-beda menurut sudut pandang masing-masing ilmuwan. Menurut pendapat ahli pertanian tentu berbeda dengan para insinyur dan teknik sipil. Tanah memiliki dua konsep yaitu tanah sebagai bahan lepas atau material dan tanah sebagai tubuh alam. Tanah tidak dapat dilihat hanya sebagai bahan material saja namun sebagai tubuh alam. Tanah merupakan tubuh alam tiga dimensi yang terdiri dari berbagai batuan, akar, dan fauna. Pada bahan lepas banyak dipakai oleh para perencana, ahli klasifikasi tanah, dan evaluasi lahan (Utomo, 2016).

Zona permukaan bumi yang dikenal sebagai pedosfer adalah tempat terbentuknya tanah secara alami, terdiri dari massa galir dari pecahan yang dikombinasikan dengan bahan organik. Berbeda dengan mineral, tumbuhan dan hewan, tanah merupakan lintas batas antar gejala alam. Tanah merupakan hasil *pedogenesis* dari zat - zat mineral dan organic yang berlangsung di permukaan daratan di bawah pengaruh faktor - faktor lingkungan dalam kurun waktu yang lama (Schroeder, 1984). Pembentukan tanah dapat menentukan rona bentang tanah, pembentukan tanah sendiri dipengaruhi lima faktor yaitu iklim, bahan induk, organisme hidup, timbulan, dan waktu. Akhir-akhir ini intensitas penggunaan tanah semakin meningkat sehingga manusia dapat masuk dalam faktor pembentukan tanah. Tindakan manusia dalam mengolah tanah dapat mengganti proses tanah yang terbentuk karena faktor - faktor alam, oleh sebab itu tindakan manusia dapat masuk dalam kategori faktor yang mempengaruhi pembentukan tanah (Mulyono dkk., 2019).

2.2.5 Densitas Tanah

Pergerakan air atau fluida didalam tanah merupakan hal yang cukup penting didalam bidang pertanian. Proses-proses pergerakan air atau fluida didalam tanah seperti air yang masuk kedalam tanah, pergerakan air kedalam zona perakaran, keluarnya perairan atau drainase, aliran permukaan,dan evaporasi. Dalam beberapa proses penting yang telah dituliskan tersebut memperlihatkan bahwa betapa pentingnya kemampuan tanah untuk melewatkan air (Agus dkk., 2006).

Permeabilitas tanah ditentukan oleh kecepatan cairan mengalir melalui media berpori ketika jenuh. Secara vertikal, hukum Darcy menggambarkan permeabilitas tanah yaitu geometri (ruang) pori dan jenis cairan yang mengalir melaluinya berdampak pada jenis permeabilitas tanah. Derajat permeabilitas tanah juga ditentukan oleh hubungan antara ukuran pori dan pori tanah. Diameter pori yang besar dan interaksi antar pori yang baik dalam tanah kondusif bagi pergerakan fluida atau air yang baik. Air akan bergerak perlahan melalui tanah karena ukuran pori yang kecil dan interaksi antar pori yang beragam. Tanah memiliki sifat yang sangat kompleks, terdiri dari komponen yang berinteraksi dengan padatan, air, dan udara sehingga perlu untuk meninjau sifat fisis yang dimiliki tanah dalam upaya mempelajari ilmu tanah (Utomo, 2016).

2.2.6 Kadar Air Tanah

Tanah memiliki sifat yang kompleks sehingga terdapat komponen yang saling berinteraksi didalamnya. Air tanah adalah air yang berada pada wilayah jenuh, pori-pori tanah, dan semua ruang antar partikel tanah serta berada dibawah permukaan tanah. Tanah dapat berada dalam kondisi kering jika tidak terdapat air sama sekali didalam pori-pori. Namun, pada kondisi lapangan jarang sekali terdapat tanah yang tidak memiliki kandungan kadar air di dalamnya dikarenakan faktor – faktor lingkungan sehingga tanah yang tidak memiliki kandungan kadar air biasanya adalah tanah yang telah diberikan perlakuan khusus, seperti tanah yang sudah dimasukkan kedalam oven. Persentase yang mewakili berat air terhadap berat butiran dalam tanah disebut sebagai kadar air. Perhitungan mengenai kadar air dalam tanah dapat dilakukan dengan metode gravimetrik, metode gravimetrik sendiri adalah metode yang umum digunakan dalam penentuan kadar air tanah. Metode gravimetrik adalah metode dimana tanah basah dikeringkan didalam oven dengan suhu 100ºC-110ºC dalam waktu tertentu. Sehingga jumlah air yang hilang dalam proses pengeringan adalah jumlah kadar air yang terdapat dalam tanah basah (Hakim dkk., 1986).

$$w = \frac{BB-BK}{BK} \times 100\% \qquad (2.1)$$

Dengan W merupakan berat kadar air, BB adalah berat basah, BK adalah berat kering.

2.2.7 Konduktivitas Tanah

Konduktivitas merupakan kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus sedangkan resistivitas merupakan kemampuan suatu bahan untuk menghambat arus. Pada parameter tanah, terdapat kemampuan tanah dalam melewatkan air yang dapat disebut konduktivitas hidrolik. Konduktivitas membahas mengenai kemampuan bahan dalam melewatkan partikel didalamnya dan hidrolika erat kaitannya dengan air sehingga kemampuan tanah dalam melewatkan air disebut konduktivitas hidrolika. Tingkat kemampuan tanah dalam melewatkan air dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti banyaknya jumlah kadar air tanah. Kemampuan tanah dalam melewatkan dan menghambat partikel didalamnya sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah seperti porositas dan kadar air tanah yaitu disaat pori-pori atau rongga tanah terisi oleh air dan udara. Tanah dengan porositas yang besar cenderung lebih mudah melewatkan air. Selain memiliki kemampuan dalam melewatkan partikel terdapat kesanggupan suatu bahan dalam partikel atau aliran didalamnya (Asmaranto dkk., 2012).

2.3 Metode Geolistrik Time-Lapse

2.3.1 Konsep Geolistrik Resistivitas

Sebuah teknik dalam geofisika yang disebut geolistrik mempelajari karakteristik arus listrik di bumi. Deteksi permukaan memerlukan pemantauan medan elektromagnetik, potensial, dan arus yang dihasilkan secara alami atau buatan dengan menyuntikkan arus ke bumi (Reynolds, 1997) Metode geolistrik resistivitas menggunakan dua buah elektroda arus untuk menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi untuk mengetahui kondisi bawah permukaan. Dua elektroda beda potensial digunakan untuk mengukur beda potensial. Pendekatan geolistrik resistivitas berguna untuk mengevaluasi kondisi bawah permukaan yang dangkal atau tidak terlalu dalam (Khalil, 2006).

Hukum Ohm adalah prinsip dasar dari metode resistivitas. Hukum Ohm dikembangkan melalui percobaan yang dilakukan oleh George Simon Ohm pada

tahun 1826. Dalam batas-batas karakteristik parameter konduktor, percobaan dilakukan untuk memastikan hubungan antara tegangan pada konduktor dan arus yang melalui konduktor. Parameter yang dimaksud adalah resistensi dan didefinisikan sebagai hasil dari tegangan dan arus (Muallifah, 2009) sehingga dapat ditulis sebagai berikut:

$$R = \frac{V}{I} \text{ atau } V = I.R \qquad (2.2)$$

Dengan R merupakan tahanan listrik (Ω), V adalah tegangan listrik (Volt), dan I adalah arus listrik (Ampere). Pada resisitivitas terdapat parameter ukur yang dijadikan acuan untuk mengetahui seberapa baik aliran listrik dapat terhambat oleh suatu bahan atau disebut juga resistivitas bahan. Bahan yang sama belum tentu memiliki resistivitas yang sama, begitupun sebaliknya resistivitas yang sama bisa saja dimiliki oleh bahan yang sama. Tergantung dari proses pembentukannya contohnya resistivitas batuan (Kanyawan dan Zulfian, 2020).

Tabel 2.2 Tabel nilai resistivitas batuan

Material	**Nilai Resistivitas (Ωm)**
Air Pemasukan	80 – 200
Air Tanah	30 – 100
Silt – Lempung	10 – 200
Pasir	100 – 600
Pasir dan Kerikil	100 – 1000
Batu Lumpur	20 – 200
Batu Pasir	50 – 500
Konglomerat	100 – 500
Tufa	20 – 200
Kelompok Adensit	100 – 200
Kelompok Granit	1000 – 10000
Kelompok *Chert, Slate*	200 – 2000

Sumber *:* (Telford *et al.,* dalam Chandrasari dkk.,2018)

2.3.2 Resistivitas Semu

Bumi diasumsikan memiliki karakteristik homogen isotropis ketika menggunakan pendekatan geolistrik resistivitas. Dengan demikian nilai resistivitas yang diukur selama pengukurannya adalah nilai resistivitas sebenarnya dan tidak bergantung pada jarak elektroda. Namun pada kenyataannya, tanah terdiri dari banyak lapisan dengan berbagai resistivitas, sehingga potensi terukur adalah hasil

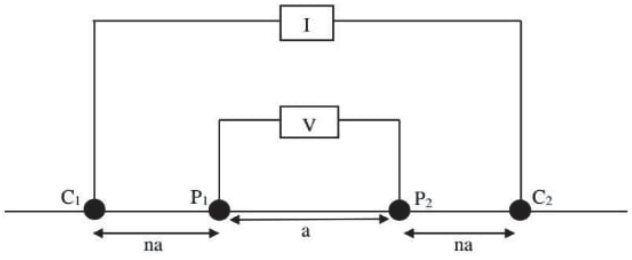
dari lapisan-lapisan ini. Nilai resistivitas lapisan dengan nilai resistivitas yang bervariasi akan dianggap sebagai media satu lapis yang homogen dengan satu nilai resistivitas, yaitu nilai resistivitas semu, berdasarkan anggapan bahwa bumi bersifat homogen dan isotropis (Telford *et al*., 1990).

2.3.3 Metode *Time-Lapse*

Metode *Time-Lapse* adalah metode yang pengukurannya dilakukan berulang atau disebut dengan metode geolistrik selang waktu. Dalam metode ini, data waktu awal dijadikan acuan untuk melihat perubahan anomali dari waktu ke waktu berikutnya atau lebih singkatnya disebut dengan *monitoring*. Metode geolistrik *Time-Lapse* menggabungkan pendekatan geolistrik dan *Time-Lapse*. Dua elektroda beda potensial digunakan untuk mengukur beda potensial secara. Untuk mengambil data awal sebagai referensi untuk pembaruan berulang. Mengingat perkembangan batuan memakan waktu jutaan tahun, perubahan yang terjadi di bawah permukaan dapat disebabkan oleh pergerakan fluida (Abdullah dkk., 2017).

2.3.4 Metode Geolistrik Konfigurasi *Wenner-Schlumberger*

Beberapa kemungkinan pengaturan yang berbeda tersedia dengan menggunakan pendekatan geolistrik. Bentuk, susunan, dan komposisi disebut sebagai konfigurasi. Dengan catatan faktor pembanding "n" untuk konfigurasi *Wenner-Schlumberger* adalah perbandingan jarak elektroda AM dengan jarak elektroda MN, metode geolistrik konfigurasi *Wenner-Schlumberger* merupakan konfigurasi dengan sistem aturan jarak konstan (Hidayat, 2019).



Gambar 2.2 Pengaturan elektroda konfigurasi *wenner-schlumberger*

Elektroda arus A dan B dipisahkan oleh 2na + an jika jarak antara elektroda potensial M dan N adalah a. 4 elektroda disusun dalam garis lurus untuk mengukur

resistivitas dengan faktor geometri konfigurasi *Wenner-Schlumberger* adalah: (Sakka, 2001).

$$\rho = k\frac{\Delta V}{I} \tag{2.3}$$

dengan,

$$k = n(n+1)\pi a \tag{2.4}$$

Dengan a adalah jarak antara M dan N.