

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Pelumas

Minyak pelumas atau oli merupakan sejenis cairan kental yang berfungsi sebagai pelicin, pelindung dan pembersih bagian dalam mesin. Kode pengenal oli adalah berupa huruf SAE yang merupakan singkatan dari *Society of Automotive Engineers*. Minyak pelumas yang dipergunakan mesin-mesin industri atau kendaraan berasal dari *lube oil stock*. Pada umumnya semua minyak bumi dapat diolah menjadi pelumas, tetapi tidak semua minyak bumi menghasilkan minyak pelumas secara ekonomis menguntungkan. Setiap jenis pelumas yang digunakan pada system tertentu selalu mempunyai fungsi ganda.

Minyak pelumas adalah salah satu produk minyak bumi yang masih mengandung senyawa-senyawa aromatik dengan indek viskositas yang rendah. Fungsi minyak pelumas adalah mencegah kontak langsung antara dua permukaan yang saling bergesekan. Minyak pelumas yang digunakan mempunyai jangka waktu pemakaian tertentu, tergantung dari kerja mesin, minyak pelumas merupakan sarana pokok dari suatu mesin untuk dapat beroperasi secara optimal. Dengan demikian pelumas mempunyai peranan yang besar terhadap operasi mesin, untuk dapat menentukan jenis pelumas yang tepat digunakan pada suatu sistem mesin, perlu diketahui beberapa parameter mesin yang antara lain: kondisi kerja, suhu, dan tekanan di daerah yang memerlukan pelumasan. Daerah yang bersuhu rendah tentu akan menggunakan pelumas yang lain dengan daerah yang bersuhu tinggi, demikian pula dengan daerah yang berkondisi kerja berat akan menggunakan pelumas yang lain pula dengan daerah yang berkondisi kerja ringan. (Anton. L, 1985).

2.1.1 Jenis-jenis minyak pelumas

Berdasarkan bahan bakunya, minyak pelumas di alam dapat dibedakan menurut bahan dasar yang digunakan yaitu :

1. Minyak pelumas dari tumbuhan / Binatang

Gemuk (lemak binatang) telah dikenal sejak zaman dahulu untuk melumasi roda pedati. Jenis pelumas ini kurang cocok untuk industri karena jumlahnya terbatas, mudah teroksidasi, tidak stabil, dan harganya relatif mahal

2. Minyak pelumas sintetis

Jenis minyak ini dipakai sebagai pengganti petroleum karena keterbatasan sifat minyak petroleum, antara lain karena teroksidasi pada suhu antara 100-125⁰C. Minyak pelumas sintetis digunakan pada peralatan khusus yang memerlukan pelumasan dengan daya sangga lebih kuat atau pelumasan pada suhu tinggi. Minyak pelumas juga mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan minyak pelumas petroleum yaitu memiliki kekentalan terhadap suhu rendah, lebih mudah larut dan tahan api.

3. Minyak pelumas dari minyak bumi (mineral)

Minyak bumi terbentuk sebagai hasil akhir dari penguraian bahan-bahan organik (sel-sel jaringan hewan/tumbuhan laut) yang tertimbun selama berjuta tahun di dalam tanah, baik di daerah daratan maupun di daerah lepas pantai. Minyak bumi bergerak perlahan-lahan ke atas, jika gerakan ini terhalang oleh batuan yang tidak berpori terjadi penumpukkan (akumulasi) minyak dalam batuan tersebut. Minyak mentah (*crude oil*) sebagian besar tersusun dari senyawa-senyawa hidrokarbon jenuh (alkana), ataupun hidrokarbon tak jenuh (Alkana, alkuna dan alkediena) sangat sedikit dikandung oleh minyak bumi, sebab mudah mengalami adisi menjadi alkana. Minyak bumi yang berasal dari fosil organisme akan mengandung senyawa logam dalam jumlah yang sangat kecil. Minyak mentah dipisahkan menjadi sejumlah fraksi-fraksi melalui proses distilasi (penyulingan) yaitu cara pemisahan berdasarkan perbedaan titik didih dan berbagai komponen yang menyusun campuran (weimwena, 2009).

Minyak pelumas mineral memiliki keunggulan sebagai berikut :

- a. Teruji keandalannya dalam kondisi pemakaian normal
- b. Mampu memenuhi semua unsur perlindungan yang diperlukan mesin
- c. Harga yang lebih murah dibandingkan minyak pelumas sintetis.

Adapun spesifikasi minyak pelumas motor bensin dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Minyak Pelumas Motor Bensin

No	Karakteristik	Satuan	Spesifikasi	Metode Uji
1	Viskositas Kinematik pada 100°C	cSt	Sesuai SAE J-300, des 1999	ASTM D445
2	Indeks Viscositas	-	---	
3	Vicositas pada suhu rendah (CCS)	cP	Sesuai SAE J-300, des 1999	ASTM D 5293
4	Vicositas pada suhu tinggi (HTHS)	Cp	Sesuai SAE J-300, des 1999	ASTMD 4683
5	Titik Nyala	°C		ASTM D 92
6	Angka basa total	MgKOH/g	Min.200	ASTM D 874
7	Kandungan abu sulfat	% berat	Min. 5.0	ASTM D 4628
8	Kandungan metal Ca Mg Zn	% berat	Min. 0.6 Sesuai spesifikasi produsen Sesuai spesifikasi produsen	AAS ASTM D 4628
9	Tendensi/stabilitas pembusaan Seq.1 Seq.2 Seq.3	MI	Maks. 10/0 Maks. 50/0 Maks. 10/0	ASTM D 892
10	Titik Tuang	°C	Maks (suhu CCS) – (3°C)	ASTM D 97

(sumber: Fajar, 1999)

2.1.2 Sifat dan karakteristik minyak pelumas

Semua minyak pelumas atau oli pada dasarnya sama yakni sebagai bahan pelumas agar mesin berjalan mulus dan bebas gangguan. Sekaligus berfungsi sebagai pendingin dan penyekat. Oli mengandung lapisan-lapisan halus, berfungsi mencegah terjadinya benturan antar logam dengan logam komponen mesin seminimal mungkin, mencegah goresan atau keausan. Untuk beberapa keperluan tertentu, aplikasi khusus pada fungsi tertentu, oli dituntut memiliki sejumlah fungsi-fungsi tambahan. Mesin diesel misalnya, secara normal beroperasi pada kecepatan rendah tetapi memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan mesin bensin.

Mesin diesel juga memiliki kondisi kondusif yang lebih besar yang dapat menimbulkan oksidasi oli, penumpukkan deposit dan perkaratan logam-logam *bearing*. Berikut ini sifat-sifat minyak pelumas mesin :

- a. *Lubricant*, oli mesin bertugas melumasi permukaan logam yang saling bergesekan satu sama lain dalam blok silinder. Caranya dengan membentuk semacam film yang mencegah permukaan logam saling bergesekan atau kontak secara langsung.
- b. *Coolant*, pembakaran pada bagian kepala silinder dan blok mesin menimbulkan suhu tinggi dan menyebabkan komponen menjadi sangat panas. Jika dibiarkan terus menerus maka komponen mesin akan lebih cepat mengalami keausan. Oli mesin yang bersirkulasi di sekitar komponen mesin akan menurunkan suhu logam dan menyerap panas serta memindahkannya ke tempat lain.
- c. *Sealant*, oli mesin akan membentuk sejenis lapisan film diantara piston dan dinding silinder. Karena itu oli mesin berfungsi sebagai perapat untuk mencegah kemungkinan kehilangan tenaga. Sebab jika celah antara piston dan dinding silinder semakin membesar maka akan terjadi kebocoran kompresi.
- d. *Detergent*, kotoran atau lumpur hasil pembakaran akan tertinggal dalam komponen mesin. Dampak buruk peninggalan ini adalah menambahnya hambatan gesekan pada logam sekaligus menyumbat saluran oli. Tugas oli mesin adalah melakukan pencucian terhadap kotoran yang menyumbat.
- e. *Pressure absorption*, oli mesin meredam dan menahan tekanan mekanikal setempat yang terjadi dan bereaksi pada komponen mesin yang dilumasi.

Berdasarkan sifat hidrokarbonnya minyak pelumas termasuk golongan minyak berat yang mempunyai *Specific Gravity* (Sg) 60/60⁰F 0,8654 atau API gravity <32. Adapun sifat-sifat minyak pelumas tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Parafin, Mempunyai viskositas paling rendah dari ketiganya untuk *boiling range* yang sama, tetapi viskositas indeksnya paling tinggi. Normal parafin dan parafin dengan sedikit cabang, mempunyai titik beku tinggi ditinjau dari kestabilannya terhadap panas dan oksidasi tinggi.
- b. Naften, Mempunyai viskositas yang lebih tinggi dari parafin untuk *boiling*

range, tetapi viskositas indeksnya lebih rendah dari parafin. Naften rantai panjang mempunyai viskositas medium sedangkan rantai pendek viskositas indeksnya rendah. Senyawa naften mempunyai titik beku rendah dan daya oksidasi baik.

- c. Aromatik, Mempunyai viskositas paling tinggi, tetapi viskositas indeksnya rendah terutama senyawa aromatik dengan rantai alkali pendek, sehingga dalam pengolahannya harus dihilangkan. Senyawa aromatik umumnya mempunyai titik beku yang rendah tetapi daya tahan terhadap oksidasi kurang baik.

Karakteristik kualitas minyak pelumas diantaranya yang paling penting adalah:

- a. Densitas merupakan perbandingan antara densitas bahan yang diukur pada suhu tertentu ($t_1 = 30^{\circ}\text{C}$) dengan densitas air pada suhu referensi ($t_2 = 15^{\circ}\text{C}$)
- b. Viskositas pelumas merupakan ukuran tahanan fluida untuk mengalir atau kekentalan. Kekentalan merupakan sifat terpenting dari minyak pelumas, yang merupakan ukuran yang menunjukkan tahanan minyak terhadap suatu aliran. Minyak pelumas dengan viskositas tinggi adalah kental, berat dan mengalir lambat. Ia mempunyai tahanan yang tinggi terhadap gerakannya sendiri serta lebih banyak gesekan didalam dari molekul-molekul minyak yang saling meluncur satu diatas yang lain. Jika digunakan pada bagian-bagian mesin yang bergerak, minyak dengan kekentalan tinggi kurang efisien karena tahanannya terhadap gerakan. Sedangkan keuntungannya adalah dihasilkan lapisan minyak yang tebal selama penggunaan. Minyak dengan kekentalan rendah mempunyai gesekan didalam dan tahanan yang kecil terhadap aliran. Suatu minyak dengan kekentalan rendah mengalir lebih tipis. Minyak ini dipergunakan pada bagian peralatan yang mempunyai kecepatan tinggi dimana permukaannya perlu saling berdekatan seperti pada bantalan turbin. Viskositas dapat dinyatakan sebagai tahanan aliran fluida yang merupakan gesekan antara molekul-molekul cairan satu dengan yang lain. Suatu jenis cairan yang mudah mengalir, dapat dikatakan memiliki viskositas yang rendah, dan sebaliknya bahan-bahan yang sulit mengalir dikatakan

memiliki viskositas yang tinggi.

- c. Indek Viskositas merupakan ukuran perubahan viskositas terhadap perubahan suhu, kenaikan suhu akan menyebabkan turunnya harga viskositas.
- d. Flash point adalah suhu terendah dimana uap air minyak dengan campuran udara menyala bila didekati api.

Minyak pelumas yang telah digunakan dalam waktu cukup lama akan mengalami perubahan komposisi atau susunan kimia, selain itu juga akan mengalami perubahan sifat fisis, maupun mekanis. Hal ini disebabkan karena pengaruh tekanan dan suhu selama penggunaan dan juga kotoran-kotoran yang masuk ke dalam minyak pelumas itu sendiri. Minyak pelumas bekas yang dikeluarkan dari peralatan biasanya dibuang begitu saja bahkan ada yang dimanfaatkan kembali tanpa melalui proses daur ulang yang benar. Oleh karena itu akan lebih aman dan tepat apabila minyak pelumas bekas dapat diolah kembali. Karakteristik minyak pelumas baru dan bekas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. karakteristik minyak pelumas bekas dan baru

Parameter Menurut Penelitian	Densitas (gr/cm ³) ASTM D289	Viskositas (cp) ASTM D2393
Prasaji, dkk	Baru : 0,866	Baru : 58,879
	Bekas : 0,868	Bekas : 55,857
Owallabi, dkk	Baru : 0,90	Baru : 92,80
	Bekas : 0,91	Bekas : 21,10

(Sumber : Owallabi, dkk, 2013 dan Prasaji, dkk, 2013)

Usaha-usaha yang dilakukan untuk memanfaatkan kembali pelumas bekas adalah:

- Dipergunakan sebagai bahan bakar (*fuel oil*) untuk industri untuk maksud tersebut dibutuhkan alat-alat yang khusus seperti dapur khusus dan *electrostatic precipitatus* guna membersihkan gas buang, cara ini ditinjau dari segi ekonomis lebih mahal dari bahan bakar biasa.

- Diolah kembali sehingga minyak pelumas “baru”, cara pengolahan minyak pelumas bekas ini dimungkinkan karena pada hakekatnya minyak pelumas bekas berasal dari minyak pelumas yang mengalami pengotoran.

Pemanfaatan kembali minyak pelumas bekas tersebut dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain :

- Disaring, kemudian digunakan langsung untuk minyak pelumas dengan kualitas kurang bagus
- Dimurnikan kembali, dipakai sebagai bahan bakar untuk diesel
- Diekstraksi, untuk memperbaiki sifat-sifat fisis minyak pelumas bekas

2.1.3 Kontaminasi minyak pelumas (oli)

Kontaminasi terjadi dengan adanya benda-benda asing atau partikel pencemar di dalam oli. Terdapat 8 macam benda pencemar biasa terdapat dalam oli yakni :

- a. Keausan elemen. Ini menunjukkan beberapa elemen biasanya terdiri dari tembaga, besi, chromium, aluminium, timah, molybdenum, silikon, nikel atau magnesium.
- b. Kotoran atau jelaga. Kotoran ini dapat masuk ke dalam oli melalui embusan udara lewat sela-sela ring dan melalui sela lapisan oli tipis kemudian merambat menuruni dinding silinder. Jelaga timbul dari bahan bakar yang tidak habis. Kepulan asam hitam dan kotornya filter udara menandai terjadinya jelaga.
- c. Bahan bakar.
- d. Air. Air dapat memadat di crankcase ketika temperatur operasional mesin kurang memadai.
- e. Produk sampingan pembakaran dan biasanya terjadi melalui timbunan gas buang.
- f. *Ethylene glycol* (antibeku)
- g. Produk-produk asam / belerang. Produk-produk oksidasi mengakibatkan oli bertambah kental. Daya oksidasi meningkat oleh tingginya temperatur udara masuk.

2.2 Bahan Berbahaya Beracun (B3)

Definisi limbah B3 berdasarkan Pasal 1 Ayat (2) Peraturan Pemerintah No.18 1999 adalah bahan yang karena sifat dan konsentrasinya atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan atau merusak lingkungan hidup, dan atau dapat membahayakan lingkungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya. Minyak pelumas bekas termasuk Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun dari sumber yang tidak spesifik. Karena termasuk dalam limbah B3, maka minyak pelumas (oli) bekas perlu dikelola dengan baik.

Pengelolaan oli/minyak pelumas bekas tidak bisa dilakukan dengan sembarangan karena sudah jelas disebutkan oli termasuk limbah Bahan Berbahaya Beracun yang tentu saja berbahaya bila terpapar pada makhluk hidup. Disebutkan dalam Pasal 1 PP Nomor 18 Tahun 1999 bahwa pengelolaan limbah B3, termasuk di dalamnya minyak pelumas bekas adalah rangkaian kegiatan yang mencakup reduksi, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan dan penimbunan limbah B3.

Reduksi limbah B3 merupakan suatu kegiatan pada penghasil untuk mengurangi jumlah dan mengurangi sifat bahaya dan racun limbah B3 sebelum dihasilkan dari suatu kegiatan. Penyimpanan adalah kegiatan menyimpan limbah B3 yang dilakukan oleh penghasil dan atau pengumpul dan atau pemanfaat dan atau pengolah dan atau penimbun limbah B3 dengan maksud menyimpan sementara. Pengumpulan limbah B3 adalah kegiatan mengumpulkan limbah B3 dari penghasil limbah B3 dengan maksud menyimpan sementara sebelum diserahkan kepada pemanfaat dan atau pengolah dan atau penimbun limbah B3.

Pengangkutan limbah B3 adalah suatu kegiatan pemindahan limbah B3 dari penghasil ke pengumpul, dari pemanfaat dan pengolah ke penimbun limbah B3. Pemanfaatan limbah B3 adalah suatu kegiatan perolehan kembali (*recovery*) dan atau penggunaan kembali (*reuse*) dan atau daur ulang (*recycle*) yang bertujuan untuk mengubah limbah B3 menjadi suatu produk yang dapat digunakan dan harus juga aman bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Pengolahan limbah B3 adalah proses untuk mengubah karakteristik dan komposisi limbah B3 untuk menghilangkan dan atau mengurangi sifat bahaya dan sifat racun. Penimbunan

limbah B3 adalah suatu kegiatan menempatkan limbah B3 pada suatu fasilitas penimbunan dengan maksud tidak membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan hidup.

Jenis limbah B3 menurut sumbernya meliputi :

1. Limbah B3 dari sumber yang tidak spesifik, yaitu limbah B3 yang bukan berasal dari proses utamanya, tetapi berasal dari kegiatan pemeliharaan alat, pencucian, pencegahan korosi (inhibitor korosi), pelarutan kerak, pengemasan, dan lain-lain.
2. Limbah B3 dari sumber spesifik, yaitu sisa proses suatu industri atau kegiatan yang secara spesifik dapat ditentukan berdasarkan kajian ilmiah.
3. Limbah B3 dari bahan kimia kadaluarsa, tumpahan, bekas kemasan, buangan produk yang tidak memenuhi spesifikasi.

Karakteristik Limbah B3 meliputi :

- A. Mudah meledak, yaitu limbah yang apabila pada suhuan tekanan standar (25°C, 760 mmHg) dapat meledak atau melalui reaksi kimia dan atau fisika dapat menghasilkan gas dengan suhu dan tekanan tinggi yang dengan cepat dapat merusak lingkungan sekitarnya.
- B. Mudah terbakar, adalah limbah yang mempunyai salah satu sifat yaitu :
 - limbah yang berupa cairan yang mengandung alkohol kurang dari 24% volume dan atau pada titik nyala tidak lebih dari 60°C (140°F) akan menyala apabila terjadi kontak dengan api, percikan api, atau sumber nyala yang lain pada tekanan udara 760mmHg;
 - limbah yang bukan merupakan cairan yang pada temperatur dan tekanan standar (25°C dan 760mmHg) dapat mudah menyebabkan kebakaran melalui gesekan, penyerapan uap air atau perubahan kimia secara spontan dan apabila terbakar dapat menyebabkan kebakaran yang terus menerus dalam 10 detik;
 - merupakan limbah yang bertekanan dan mudah terbakar
 - merupakan limbah pengoksidasi.
- C. Bersifat reaktif, adalah limbah yang mempunyai salah satu sifat berikut:
 - limbah yang pada keadaan normal tidak stabil dan dapat menyebabkan

perubahan tanpa peledakan

- limbah yang dapat bereaksi hebat dengan air
- limbah yang apabila bercampur dengan air berpotensi menimbulkan ledakan, menghasilkan gas, uap atau asap beracun dalam jumlah yang membahayakan untuk kesehatan manusia dan lingkungan.
- Beracun, yaitu limbah yang mengandung pencemar yang bersifat racun untuk manusia maupun lingkungan yang dapat menyebabkan kematian atau sakit yang serius apabila masuk ke tubuh melalui pernafasan, kulit, atau mulut.

Limbah B3 adalah limbah yang memiliki kandungan logam berat seperti Al, Cr, Cd, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, dan Zn serta zat kimia seperti pestisida, sianida, sulfida, fenol dan sebagainya. Cadmium dihasilkan dari lumpur dan limbah industri kimia tertentu sedangkan Hg dihasilkan dari industri klor-alkali, industri cat, kegiatan pertambangan, industri kertas, serta pembakaran bahan bakar fosil. Pb dihasilkan dari peleburan timah hitam dan *accu*. Logam-logam berat pada umumnya bersifat racun walaupun dalam konsentrasi rendah.

Limbah B3 harus ditangani dengan perlakuan khusus mengingat bahaya resiko yang mungkin ditimbulkan apabila limbah ini menyebar ke lingkungan. Hal tersebut meliputi pengemasan, penyimpanan dan pengangkutan. Namun secara umum dapat dikatakan bahwa kemasan limbah B3 harus memiliki kondisi yang baik, bebas dari karat dan kebocoran, serta harus dibuat dari bahan yang tidak bereaksi dengan limbah yang disimpan didalamnya.

2.3 Logam Timbal (Pb)

Logam Pb disebabkan oleh terkikisnya metal bantalan, rusaknya sil, cat yang terkelupas dan masuk dalam oli dan gemuk. Logam Pb dalam minyak pelumas bekas dapat terlihat dari warna minyak pelumas yang semakin pekat. Minyak pelumas bekas dapat diolah menjadi bahan bakar dengan proses *refining*. Jika minyak pelumas bekas tersebut tidak diolah terlebih dahulu maka akan masih mengandung logam Pb dimana logam Pb^{2+} yang terkandung dalam minyak pelumas bekas akibat pembakaran akan terlepas ke atmosfer kemudian akan jatuh

ke laut mengikuti air hujan sehingga dapat menyebabkan pencemaran. Peraturan Gubernur mengenai baku mutu limbah cair industri pada tahun 2005 yakni 1mg/L. Logam Pb pada minyak pelumas bekas ini dapat dilihat dari warna minyak pelumas yang semakin pekat hitam yang menandakan terdapat kandungan logam Pb yang berasal dari ausan mesin.

2.4 Tanah Lempung (*Clay*)

Tanah lempung memiliki rumus kimia yaitu $Al_2O_3 \cdot K_2O \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$ yang merupakan sumber utama senyawa silikat dan aluminat yang memiliki sedikit senyawa besi. Tanah lempung secara umum mempunyai warna cokelat kemerah-merahan serta tidak larut dalam air. Sifat fisik dan mekanis tanah lempung dikendalikan oleh kelompok mineral yang mendominasi tanah tersebut. Sifat fisik yang dimaksud antara lain : batas cair, batas plastis, batas susut dan berat jenis, sedangkan sifat mekanis antara lain kuat geser tanah tersebut. Tanah lempung dikenal memiliki daya dukung rendah, dan mempunyai sifat kembang-susut yang besar untuk tanah lempung dengan kandungan mineral montmorillonite dominan. Agar daya dukungnya meningkat, diperlukan suatu proses kimiawi dengan melihat kandungan mineral yang terdapat dalam tanah lempung tersebut.

Tanah lempung memiliki kandungan mineral. Beberapa mineral lempung yang terdapat pada massa tanah antara lain : *kaolinite*, *halloysite*, *montmorillonite* (*smectite*), *illite*, *chlorite*, *vermiculite*, *attapulgite*, dan lain-lain. Bentuk, ukuran dan *specific surface*. Mineral lempung tidak dapat dibedakan melalui ukuran partikel saja (Chen, 1975). Sebagai contoh partikel-partikel quartz dan feldspar, meskipun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil namun tidak bisa disebut tanah lempung karena umumnya partikel-partikel tersebut tidak dapat menyebabkan terjadinya sifat plastis dari tanah. Berikut ini adalah Tanah lempung dapat dilihat pada Gambar 1. dibawah ini.



Gambar 1. Tanah Lempung

Mineral lempung membawa muatan negatif di permukaannya. Hal ini merupakan gabungan dari substitusi-*isomorphous* dan kesinambungan perpecahan dari struktur atom pada ujung-ujungnya. Muatan negatif yang besar diturunkan dari mineral lempung yang mempunyai *specific surface* yang luas, meskipun demikian muatan positif juga terjadi pada ujung-ujung partikel. Sifat-sifat tanah lempung dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Sifat-Sifat Tanah Lempung (Clay)

No	Sifat – Sifat Bahan	Tanah Lempung
1	Rumus kimia	$Al_2O_3.K_2O.6SiO_2.2H_2O$
2	Berat molekul	796,40 g/gmol
3	Densitas	2,9 g/ml
4	Titik leleh	Terurai pada 1450 °C
5	Warna	Coklat kemerah-merahan
6	Kelarutan	Tidak larut dalam air, asam, pelarut lain

(Sumber : Perry, 1989)

Pada lempung kering muatan negatif diimbangi oleh kation-kation (*exchangeable cation*) dari garam yang ada di dalam air pori seperti Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} dan K^{+} mengelilingi partikel dalam ikatan gaya tarik elektrostatis. Apabila partikel lempung tadi ditambahkan air, massa kation dan sebagian kecil dari anion mengembang di sekeliling partikel lempung, hal ini disebut lapisan ganda *diffuse*

Hubungan antara konsentrasi ion dengan jarak terhadap partikel lempung dapat nampak bahwa ion-ion biasanya terikat sangat lemah pada permukaan partikel dan dapat digantikan dengan ion yang lain (*exchangeable ion*). Kapasitas bertukarnya ion untuk tanah pada umumnya mempunyai rentang di sekitar 40meq /100g, tetapi untuk mineral lempung dapat dilihat pada (Mitchell, 1976).

Kation terserap (*absorbed cation*) berpengaruh pada perilaku tanah, semakin besar angka valensi atomnya, semakin baik sifat mekanikanya. Tebal lapisan air yang terserap (*absorbed water*) pada mineral lempung sangat mempengaruhi harga permeabilitasnya, semakin tebal lapisan tersebut maka harga permeabilitasnya makin rendah. Molekul air merupakan molekul dipolar, yaitu atom hidrogen tidak tersusun simetri di sekeliling atom-atom oksigennya, dan satu molekul air merupakan batang yang mempunyai muatan positif dan negatif pada ujung-ujung yang berlawanan atau dipolar.

2.5 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain. Zat yang diserap disebut fase terserap (adsorbat), sedangkan zat yang menyerap disebut adsorben. Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan benda atau zat penyerap. Adsorben adalah suatu media penyerap yang digunakan dalam adsorpsi yang dalam hal ini senyawa karbon, sedangkan adsorbat merupakan substansi atau partikel yang akan dipisahkan dari pelarutnya.

Menurut Sukardjo pada tahun 2002 bahwa molekul-molekul pada permukaan zat padat atau zat cair, mempunyai gaya tarik ke arah dalam, karena tidak ada gaya-gaya yang mengimbangi. Adanya gaya-gaya ini menyebabkan zat padat dan zat cair, mempunyai gaya adsorpsi. Adsorpsi berbeda dengan absorpsi. Pada absorpsi zat yang diserap masuk ke dalam adsorben sedang pada adsorpsi, zat yang diserap hanya pada permukaan.

2.5.1 Jenis adsorpsi

Adsorpsi ada dua jenis, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia.

a. Adsorpsi fisika (*Physisorption*)

Yaitu proses adsorpsi yang tidak disertai reaksi kimia, Terjadi karena gaya Van der Waals dimana ketika gaya tarik molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar daripada gaya tarik substansi terlarut dan larutan, maka substansi terlarut akan diadsorpsi oleh permukaan media. Physisorption ini memiliki gaya tarik Van der Waals yang kekuatannya relatif kecil. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol. Contoh : adsorpsi oleh arang aktif. Aktivasi arang aktif pada temperatur yang tinggi akan menghasilkan struktur berpori dan luas permukaan adsorpsi yang besar. Semakin besar luas permukaan, maka semakin banyak substansi terlarut yang melekat pada permukaan media adsorpsi.

b. Adsorpsi kimia (*Chemisorption*)

Yaitu reaksi yang terjadi antara zat padat dan zat terlarut terjadi ketika terbentuknya ikatan kimia antara substansi terlarut dalam larutan dengan molekul dalam media. Chemisorpsi terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekati ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals atau melalui ikatan hidrogen. Dalam adsorpsi kimia partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (Atkin, 1999).

2.5.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi Adsorpsi

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah sebagai berikut:

a. Waktu kontak.

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Karakteristik Adsorben Ukuran partikel merupakan syarat yang penting dari suatu adsorben untuk digunakan sebagai adsorben. Ukuran partikel arang mempengaruhi kecepatan dimana adsorpsi terjadi. Kecepatan adsorpsi meningkat dengan menurunnya ukuran partikel.

b. Luas Permukaan.

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter adsorben maka semakin luas permukaannya. Sebaliknya proses adsorpsi akan semakin sedikit menyerap adsorbat jika luas permukaan partikel adsorben kecil. Kapasitas adsorpsi total dari suatu adsorbat tergantung pada luas permukaan total adsorbennya.

c. Kelarutan Adsorbat.

Agar adsorpsi dapat terjadi, suatu molekul harus terpisah dari larutan. Senyawa yang mudah larut mempunyai afinitas yang kuat untuk larutannya dan karenanya lebih sukar untuk teradsorpsi dibandingkan senyawa yang sukar larut. Akan tetapi ada perkecualian karena banyak senyawa yang dengan kelarutan rendah sukar diadsorpsi, sedangkan beberapa senyawa yang sangat mudah larut diadsorpsi dengan mudah. Usaha-usaha untuk menemukan hubungan kuantitatif antara kemampuan adsorpsi dengan kelarutan hanya sedikit yang berhasil.

d. Ukuran Molekul.

Adsorbat Ukuran molekul adsorbat benar-benar penting dalam proses adsorpsi ketika molekul masuk ke dalam mikropori suatu partikel arang untuk diserap. Adsorpsi paling kuat ketika ukuran pori-pori adsorben cukup besar sehingga memungkinkan molekul adsorbat untuk masuk.

e. Derajat keasaman (pH).

Derajat keasaman di mana proses adsorpsi terjadi menunjukkan pengaruh yang besar terhadap adsorpsi itu sendiri. Hal ini dikarenakan ion hidrogen sendiri diadsorpsi dengan kuat, sebagian karena pH mempengaruhi ionisasi dan karenanya juga mempengaruhi adsorpsi dari beberapa senyawa. Asam organik lebih mudah diadsorpsi pada pH rendah, sedangkan adsorpsi basa organik terjadi dengan mudah pada pH tinggi. pH optimum untuk kebanyakan proses adsorpsi harus ditentukan dengan uji laboratorium. Untuk asam-asam organik, adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan

asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam. Senyawa-senyawa organik asam atau basa lemah, pH yang baik berkisar antara 8-9. Umumnya beberapa senyawa organik semakin baik diadsorpsi apabila pH semakin rendah. Ini bisa terjadi akibat netralisasi muatan negatif karbon oleh ion-ion nitrogen yang menyebabkan permukaan karbon lebih baik untuk mengadsorpsi.

f. Temperatur.

Temperatur di mana proses adsorpsi terjadi akan mempengaruhi kecepatan dan jumlah adsorpsi yang terjadi. Kecepatan adsorpsi meningkat dengan meningkatnya temperatur, dan menurun dengan menurunnya temperatur. Proses adsorpsi juga tidak lepas dari pengaruh temperatur. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas thermal senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupundekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatil, adsorpsi dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperatur yang lebih rendah.

g. Isoterm Adsorpsi.

Isoterm adsorpsi adalah adsorpsi yang menggambarkan hubungan antara zat yang teradsorpsi oleh adsorben dengan tekanan atau konsentrasi pada keadaan kesetimbangan dan temperatur konstan.

2.4.3 Persamaan Proses Adsorpsi

Hubungan antara jumlah zat diadsorpsi dan tekanana kesetimbangan atau konsentrasi kesetimbangan pada temperatur tertentu disebut adsorpsi isoterm (Sukardjo, 1997).

a. Persamaan Freunlich

Freundlich yang merupakan suatu rumus empiris yang mewakili equilibrium adsorpsi untuk konsentrasi zat terlarut tertentu. Menurut freundlich, jumlah zat diserap persatuan luas / berat adsorben, dinyatakan sebagai berikut :

$$y = k \cdot C^{1/n}$$

Dimana :

y = massa zat diadsorpsi per massa adsorben

k = ketetapan

C = konsentrasi pada saat kesetimbangan

n = tetapan

$\text{Log } y = \text{log } k + 1/n \text{ log } C$

Grafik log Y terhadap log C, berupa garis lurus.

b. Persamaan Langmuir

$$X / m = a K C_e / 1 + K C_e$$

Dimana :

x = massa zat terlarut yang teradsorpsi (gr)

m = massa adsorben (gr)

C_e = konsentrasi adsorbat pada saat keseimbangan

a = massa zat terlarut yang dibutuhkan untuk menjenuhkan adsorben

k = konstanta eksperimen. (Reynold, 1982)