

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 dapat dilihat padag gambar 2.



Gambar 2. Minyak Pelumas

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 ASTM D 4683
4	Vicositas pada suhu tinggi (HTHS)	cP	Sesuai SAE J-300, des 1999	ASTM D 92 ASTM D 2896
5	Titik Nyala	°C		ASTM D 874
6	Angka basa total	MgKOH/g	Min.200	AAS
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 spesifikasiprodusen	ASTM D 892

(sumber: eprints.undip.ac.id, fajar, uji eksperimental minyak pelumas FT-undip.pdf)

2.1.2 Sifat dan karakteristik minyak pelumas

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

- a. Parafin, Mempunyai viskositas paling rendah dari ketiganya untuk boiling range yang sama, tetapi viscositas 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 aromatic dengan rantai alkali pendek, sehingga

dalam pengolahannya harus dihilangkan. Senyawa aromatic umumnya mempunyai titik beku yang rendah tetapi daya tahan terhadap oksidasi kurang baik.

Karakteristik kualitas minyak pelumas diantaranya yang paling penting adalah:

- Densitas merupakan perbandingan antara densitas bahan yang diukur pada suhu tertentu ($t_1 = 30^0\text{C}$) dengan densitas air pada suhu referensi ($t_2 = 15^0\text{C}$)
- Viscositas pelumas merupakan ukuran tahanan fluida untuk mengalir atau kekentalan.
- Indek Viscositas merupakan ukuran perubahan viskositas terhadap perubahan suhu, kenaikan suhu akan menyebabkan turunya harga viskositas.
- 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 bekas dan baru dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel.2 karakteristik minyak pelumas bekas dan baru

Parameter Menurut Penelitian	Densitas (gr/cm^3)	Viscositas (cp)
Risang Prasaji	Baru : 0,866 Bekas : 0,868	Baru : 58,879 Bekas : 55,857
Department of Chemical and Polymer Engineering, Nigeria ASTM D941-55	Baru : 0,90 Bekas : 0,91	Baru : 92,80 Bekas : 21,10

(Sumber : Department Of Chemical Engineering, 2011 dan Risang Prasaji, 2013)

2.1.3 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 1 mg/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.

2.2 Bahan Berbahaya Beracun (B3)

Definisi limbah B3 berdasarkan Pasal 1 Ayat (2) Peraturan Pemerintah No.18 1999 adalah bahan yang karena sifat dan atau konsentrasinya dan 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.

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 :

1. Mudah meledak, yaitu limbah yang apabila pada suhu dan 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.

2. Mudah terbakar, adalah limbah yang mempunyai salah satu sifat yaitu :
 - a. 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 760 mmHg;
 - b. Limbah yang bukan merupakan cairan yang pada temperatur dan tekanan standar (25°C dan 760 mmHg) 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;
 - c. Merupakan limbah yang bertekanan dan mudah terbakar
 - d. Merupakan limbah pengoksidasi.
3. Bersifat reaktif, adalah limbah yang mempunyai salah satu sifat berikut:
 - a. Limbah yang pada keadaan normal tidak stabil dan dapat menyebabkan perubahan tanpa peledakan
 - b. Limbah yang dapat bereaksi hebat dengan air
 - c. Limbah yang apabila bercampur dengan air berpotensi menimbulkan ledakan, menghasilkan gas, uap atau asap beracun dalam jumlah yang membahayakan untuk kesehatan manusia dan lingkungan.
 - d. 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 Lempung (*Clay*)

Tanah lempung ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) merupakan sumber utama senyawa silikat dan aluminat dan sedikit senyawa besi. Tanah lempung secara umum mempunyai warna cokelat kemerah-merahan serta tidak larut dalam air. 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* dari mineral lempung sangat berpengaruh terhadap perilaku rekayasanya. 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 tanah lempung dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Sifat-Sifat Tanah Lempung (Clay)

No	Sifat – Sifat Bahan	Tanah Liat
1	Rumus kimia	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
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, R. H, tahun 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 elektrostatik. Apabila partikel lempung tadi ditambahkan air, massa kation dan sebagian kecil dari anion mengambang 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 40 meq/100 g, 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.

2.4 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.

Menurut Sukardjo, 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.

2.4.1 Jenis adsorpsi

Adsorpsi ada dua jenis, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Physisorption (adsorpsi fisika) 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.

Chemisorption (adsorpsi kimia) terjadi ketika terbentuknya ikatan kimia antara substansi terlarut dalam larutan dengan molekul dalam media. Chemisorpsi terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekat 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).

2.4.2 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 arang aktif 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. 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.

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.

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.