2. PELUMAS

2-1 Pendahuluan

Pelumas adalah senyawa yang ditempatkan diantara dua buah permukaan yang bergerak dan bergesekan satu sama lain, yang ditujukan untuk mengurangi **gesekan** dan **keausan** serta menjamin kelancaran kerja dan umur dari bagian-bagian mesin. Tindakan menempatkan pelumas diantara dua permukaan yang saling bergesekan disebut **pelumasan. Gesekan** *(friction)* adalah gaya yang menahan pergerakan atau perputaran antar 2 buah obyek padat. **Aus** *(wear)* adalah terkikisnya materi dari permukaan padat sebagai akibat pergesekan dengan permukaan padat lainnya. Pada umumnya pelumas berbentuk cair, akan tetapi dapat juga berbentuk padat, setengah padat, atau gas.

Pelumas berfungsi untuk :

1. Menjamin supaya bagian-bagian mesin tetap bergerak.

   Pelumas biasanya digunakan untuk memisahkan bagian yang bergerak dari suatu sistem. Dengan pelumas, gesekan dan 'kelelahan' dapat dikurangi karena panas, suara, dan getaran yang timbul akibat gesekan diredam oleh pelumas.
2. Mengurangi gesekan diantara dua permukaan.

   Penggunaan pelumas adalah untuk mengurangi gesekan sistem secara keseluruhan, sehingga panas dan *'wear'* (aus) yang timbul dapat dikurangi dan efisiensi sistem dapat ditingkatkan.
3. Meratakan/menyalurkan panas yang timbul.

   Gesekan selalu akan menimbulkan panas, pelumas cair berfungsi labih baik dalam hal menyalurkan panas dibandingkan dengan pelumas padat.
4. Memindahkan/menghilangkan partikel yang tidak diinginkan.

   Permukaan logam selalu mengandung kontaminan (partikel yang tidak diinginkan), terutama lapisan oksida logam itu sendiri. Pelumas berfungsi membawa partikel yang tidak diinginkan tersebut ke saluran pembuangan melalui saringan. Secara berkala saringan ini harus dibersihkan untuk mencegah terjadinya penyumbatan.
5. Menyalurkan tenaga

   Pada transmisi tenaga hidrostatik, cairan pelumas hidrolik digunakan sebagai tenaga.

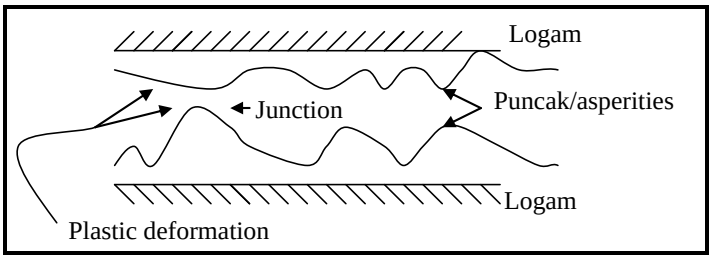
6. Mencegah terjadinya korosi

   Pelumas yang baik biasanya dilengkapi dengan zat aditif yang membentuk ikatan kimia dengan permukaan untuk mencegah terjadinya korosi dan karat.

2-2 Teori Gesekan

Untuk dapat memahami pelumas atau pelumasan dengan lebih baik, maka perlu dipahami terlebih dahulu tentang interaksi fisik dan kimia antara pelumas dengan permukaan padatnya. Salah satu cabang dari teknik mesin yang mempelajari hal ini disebut ***Tribology***, yaitu ilmu pengetahuan dan teknik yang mempelajari tentang interaksi permukaan yang berkaitan dengan gerakan. Dalam cabang ilmu ini dipelajari juga tentang aplikasi dari prinsip-prinsip gesekan, pelumasan, dan keausan. Interaksi *tribology* dari permukaan padat terbuka dengan materi lain dan lingkungan, dapat mengakibatkan hilangnya materi dari permukaan yang disebut *'wear'* atau 'aus'. Aus dapat diminimalkan dengan memodifikasi sifat permukaan padat dengan penggunaan pelumas. Sebetulnya bangsa Romawi telah menggunakan lemak binatang sebagai pelumas roda kereta, tapi baru pada abad ke-19, *tribology* benar-benar dikenal bersamaan dengan revolusi industri. *Leonardo da Vinci* (1452 – 1519) dapat dikatakan sebagai bapak dari *modern triboloy*, dia merupakan orang pertama yang mengemukakan 2 hukum tentang gesekan. 150 tahun sebelum *Amonton's Laws of Friction* diperkenalkan, *da Vinci* telah merekam penemuannya dalam manuskrip. Tersembunyi selama berabad-abad, manuskrip ***Leonardo da Vinci*** dibaca di Spanyol seperempat milenium

kemudian. Menurut *da Vinci*, penolakan akibat gesekan adalah sama untuk 2 obyek yang berbeda tetapi beratnya sama, yang melakukan kontak pada lebar dan panjang yang berbeda. Selain itu, *da Vinci* juga mengamati bahwa gaya yang diperlukan untuk mengatasi gesekan adalah dua kali apabila berat materi juga dua kali. Tes pertama tentang keausan karena gesekan dilakukan oleh *Charles Hatchett* (1760 – 1820) dengan menggunakan mesin sederhana untuk mengevaluasi keausan pada koin emas. Diketemukan bahwa koin dengan permukaan kasar akan aus dengan lebih cepat. Beberapa abad kemudian, pengetahuan yang dipelopori oleh *Leonardi da Vinci* ini dikembangkan melalui cabang ilmu yang disebut *Tribology*. Setelah *Leonardo da Vinci*, banyak sekali ilmuwan-ilmuwan yang mempelajari labih lanjut tentang gesekan, salah satu diantaranya adalah ***Bowden* dan *Tabor*** (1954) yang mengatakan bahwa gaya gesekan statik antara 2 permukaan yang bergerak sangat tergantung pada permukaan dimana terjadi kontak. Penemuan ini menuntun pada *asperity contact theory of friction*. Pada kenyataannya permukaan halus tetap mempunyai ketidakteraturan dalam bentuk puncak-puncak dan lembah yang menurut skala molekul cukup besar.



Bila 2 permukaan bersentuhan, daerah sentuhan adalah puncak (*asperity*) yang terdapat pada permukaan. Luas daerah singgung tersebut sangat kecil, maka sekecil apapun beban, tekanan yang dialami puncak-puncak tersebut besar sekali. Bila kedua permukaan bergesekan, maka puncak-puncak akan mengalami *'plastic deformation'* yang permanen, dan luas bidang sentuh menjadi lebih besar, maka terbentuk *'junction'/*patrian antara puncak-puncak (*pressure welding*). Patrian tersebut terbentuk karena panas yang timbul pada waktu gesekan menyebabkan suhu melampaui titik leleh logam. **Gesekan** dapat diidentifikasikan sebagai gaya yang diperlukan untuk mengatasi *junction* pada puncak-puncak tersebut. Tekanan yang dialami logam pada puncak adalah :

$$p_m = \frac{w}{A} \qquad (1)$$

A : Luas bidang singgung

W : beban

Gaya tangensial yang diberikan akan menyebabkan *junction* hilang.

Gaya gesek adalah : F = A s (2)

S : kekuatan geser rata-rata pada bidang singgung.

Rumus (2) dapat berubah bentuk dengan bantuan rumus (1) menjadi:

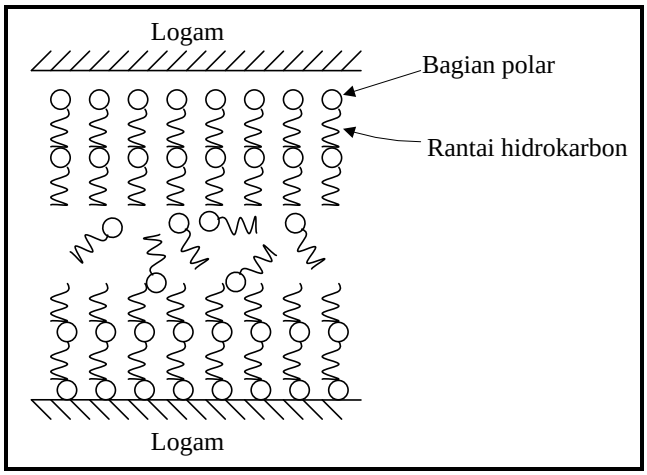
$$F = (\frac{w}{p_m})s$$

Koefisien gesek (μ) adalah perbandingan antara F dengan w

$$\mu = \frac{F}{w} = \frac{s}{p_m}$$

Untuk pelumasan yang efisien → μ **harus sekecil mungkin** → s harus kecil.

2-3 Mekanisme Pelumasan



Permukaan 2 logam yang bergesekan diberi pelumas hidrokarbon, melalui bagian polar molekul hidrokarbon, pelumas ditarik dengan gaya *van der waals* atau kimia pada permukaan logam secara terorientasi, dan rantai hidrokarbon tegak lurus pada permukaan logam. Makin panjang rantai hidrokarbon, maka koefisien gesekan (μ) makin kecil. Bila jarak logam bertambah besar, maka lapisan hidrokarbon bertambah secara acak, tidak lagi tegak lurus karena jarak ke logam makin jauh. Beban berat dapat menyebabkan terjadinya *'boundary lubrication'*, di mana puncak-puncak permukaan dapat lebih tinggi dari tebal lapisan pelumas, sehingga terjadi gesekan baik oleh puncak-puncak maupun oleh pelumas.

Supaya tidak terjadi *boundary lubrication*, maka molekul pelumas harus mempunyai:

a. Hidrokarbon rantai panjang
b. Gaya tarik menarik diantara rantai
c. Gugus polar supaya melekat kuat pada permukaan
d. Gugus atau atom-atom aktif yang dapat membentuk senyawa dengan logam (kalau beban berat). Contoh: pelumas padat MoS_2 dan grafit (C).

Pelumas yang menempel dengan baik mempunyai sifat kelicinan baik yang dapat ditingkatkan dengan penambahan senyawa polar seperti asam lemak rantai panjang. Sifat permukaan logam terhadap pelumas (melekat atau tidak) mempengaruhi sifat kelicinan (*oiliness* dan *lubricity*) pelumas.

2-4 Sifat Pelumas

Berdasarkan penampilan fisiknya, pelumas dapat berbentuk padat, setengah padat (lemak), cair, dan gas. Diantara keempat bentuk tersebut tidak dapat dikatakan mana yang lebih baik, karena setiap mesin memiliki kondisi operasi yang berbeda-beda, sehingga memerlukan bentuk pelumas yang berbeda pula. Meskipun demikian, secara umum pelumas harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut :

a. Karakteristik pelumas tidak boleh berubah terhadap kondisi operasi mesin, berarti untuk pelumas cair harus stabil terhadap panas dan tidak mudah teroksidasi.
b. Pelumas tak boleh bersifat racun.
c. Pelumas tidak boleh menyebabkan korosi untuk bahan logam mesin-mesin (baja, besi).

d. Murah dan banyak tersedia.

Fungsi utama dari pelumas adalah mengontrol gesekan dan aus, oleh karena itu untuk pelumas cair ada persyaratan tambahan sebagai berikut ;

a. Dapat ditarik diantara bagian yang bergerak dengan tindakan hidrolik.
b. Memiliki kapasitas pendingin panas yang tinggi untuk mendinginkan bagian yang bersentuhan.
c. Mudah dicampur dengan zat kimia untuk mendapatkan sifat-sifat yang bervariasi, seperti tahan korosi, bersifat membersihkan, berfungsi sebagai lapisan permukaan aktif, dll.
d. Dapat memindahkan partikel aus.

Beberapa sifat pelumas yang perlu diuji:

1. Viskositas (kekentalan).

   Viskositas adalah ukuran untuk menjelaskan tentang resistansi dari cairan untuk mengalir. Viskositas dapat dinyatakan sebagai gaya (dalam dyne) yang diperlukan untuk menggerakkan suatu lapisan cairan, seluas 1 cm^2 dengan kecepatan 1 cm^2/det, terhadap lapisan cairan lain yang terletak pada jarak 1 cm. Satuan viskositas adalah poise (dyne cm^{-2} det atau gr $cm^{-1}det^{-1}$), satuan yang umum dipakai adalah centi poise. Pelumas tidak boleh memiliki viskositas terlalu rendah supaya dapat dipertahankan diantara 2 permukaan yang bergerak, akan tetapi juga tidak boleh terlalu tinggi supaya tidak menjadi sumber gesekan. Berkaitan dengan temperatur, pada umumnya viskositas turun kalau temperatur dinaikkan, atau dengan kata lain cairan menjadi encer. Angka yang menunjukkan variasi viskositas terhadap temperatur disebut ***Viscocity Index (VI).*** Angka *VI* rendah menunjukkan bahwa viskositas cairan akan turun secara drastis dengan naiknya temperatur, sedangkan *VI* tinggi menunjukkan bahwa viskositas cairan turun secara lambat dengan naiknya temperatur.

2. *Flash Point dan Fire Point*

   Flash point (dari cairan yang mudah menguap) adalah temperatur terendah dimana cairan tersebut dapat menguap dan membentuk campuran yang dapat terbakar di udara. ***Fire point*** adalah temperatur dimana uap akan terbakar apabila dinyalakan (tersentuh nyala api). *Flash point* biasanya digunakan sebagai karakteristik bahan bakar dan cairan yang mudah terbakar, termasuk pelumas.

3. *Cloud Point, Pour Point, dan Solid Point*

   Cloud point dari cairan adalah temperatur dimana padatan yang larut tidak lagi dapat larut, yang ditandai dengan kekeruhan dari larutan sebagai titik awal fasa pengendapan.

Pada industri petrolium, *cloud point* merujuk pada temperatur terendah dimana *wax* (malam) mulai tampak keruh. Kebanyakan minyak pelumas mengandung *wax/parafin* padat terlarut yang apabila mencapai *cloud point* dapat menyumbat saringan dalam mesin. ***Pour point*** dari cairan adalah temperatur terendah dimana cairan masih dapat mengalir (dapat dituangkan) pada kondisi tertentu. *Pour point* penting dalam pemilihan pelumas cair yang akan dioperasikan pada temperatur rendah. ***Solid point*** adalah temperatur dimana minyak menjadi beku. *Solid point* penting dalam pemilihan pelumas yang harus beroperasi dalam bentuk cair, karena pelumas cair yang membeku akan menimbulkan gesekan.

4. *Neutralization Value (NV) / Saponification Value*

   Dalam ilmu kimia, asam mempunyai nilai yang disebut sebagai 'nilai/angka asam' atau 'angka netralisasi' atau 'keasaman', yaitu sejumlah Kalium Hidroksida (KOH) dalam mgr yang diperlukan untuk menetralisasi 1 gr suatu senyawa kimia. Dalam pelumas, asam merupakan pencemar karena bersifat korosif, yang dapat berasal dari hasil oksidasi minyak pelumas atau kontaminasi SO_2 dari hasil pembakaran minyak. Untuk itu diperlukan basa untuk menetralisir asam tersebut, basa yang biasa digunakan adalah kalium Hidroksida (KOH) atau Natrium Hidroksida (NaOH). Dengan demikian, maka dalam hal pelumas, ***Neutralization Value (NV)*** adalah jumlah mg KOH/NaOH yang diperlukan untuk menetralkan asam dalam 1 gram minyak pelumas. Sedangkan ***saponification value*** (angka penyabunan) adalah jumlah mg KOH/NaOH yang diperlukan untuk penyabunan asam lemak dalam 1 gram minyak pelumas.

5. *Carbon Residue Test*

   Carbon Residue Test dipakai untuk menentukan jumlah karbon dalam persen (% C) yang akan dilepas oleh sejumlah tertentu minyak pelumas dalam pembakaran. Persen karbon ini menunjukkan efektivitas minyak pelumas dalam proses pembakaran pada mesin. Minyak pelumas mengandung % C yang cukup tinggi dalam berbagai bentuk senyawa. Pada pemanasan, senyawa karbon akan terurai dan karbon akan mengendap, dan endapan karbon pada mesin sangat tidak diinginkan. Pelumas yang baik akan menghasilkan % C yang sangat sedikit.

6. *Oxidation Stability*

   Oksidasi adalah reaksi kimia dimana oksigen (O) di udara bereaksi dengan hidrokarbon dalam pelumas. Minyak pelumas tertentu akan mengalami oksidasi pada kondisi operasi menyebabkan terjadi endapan zat padat yang dapat menyebabkan kemacetan mesin. Beberapa kondisi operasi mesin yang dapat menghasilkan endapan karbon adalah:

temperatur tinggi, adanya partikel aus dari metal, adanya uap air dan kontaminan lain seperti kotoran, karat, dan produk korosi lainnya, dan pengadukan. Pada temperatur ruang oksidasi berjalan lambat, pada temperatur 60°C masih lambat meskipun sudah cukup signifikan, dan pada 93°C oksidasi berjalan dengan sangat cepat. *Slight-test* digunakan untuk menentukan berat endapan akibat oksidasi. Sejumlah tertentu pelumas dipanaskan pada 200°C dengan O_2, didinginkan, diberi pelarut naptha dan endapan dikeringkan dan ditimbang. *Slight-number* merupakan angka yang menunjukkan jumlah mg endapan yang diperoleh dari 10 gram pelumas.

2-5 Klasifikasi Pelumas

Pada tahun 1999, sekitar 37.300.000 ton pelumas digunakan di seluruh dunia. Sebagian besar adalah untuk industri otomotif, akan tetapi industri lain seperti industri kelautan dan industri pekerjaan logam juga merupakan konsumen pelumas yang cukup besar. Meskipun udara dan pelumas berbasis gas telah dikenal, akan tetapi pelumas cair dan padatlah yang mendominasi pasar, terutama pelumas cair. Pelumas biasanya terdiri atas minyak basa dan sejumlah kecil aditif untuk memperoleh karakteristik yang diinginkan.

Dilihat dari sumbernya, pelumas dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu : pelumas yang berasal dari **minyak bumi**, dikenal sebagai ***'mineral oil'***, dan pelumas yang berasal dari **hewan atau tumbuhan**, dikenal sebagai ***'fatty oil'***. Selain itu pelumas dapat juga dibuat, dan dikenal sebagai minyak pelumas sintetis. Seperti telah disebutkan pada bagian 4, dilihat dari tampilan fisiknya, pelumas dapat diklasifikasi atas : pelumas cair, pelumas padat, pelumas setengah padat (lemak), dan pelumas gas.

1. Pelumas cair

   Mineral oil dan *fatty oil* adalah pelumas cair, biasanya merupakan campuran senyawa hidrokarbon yang cukup kompleks. Meskipun demikian masih dapat diklasifikasi berdasarkan kelompok hidrokarbonnya, yaitu : parafin dan naftalen. Minyak parafin dikarakterisasi berdasarkan *pour point*, biasanya – 17,8°C sampai – 6,7°C, dan berdasarkan perubahan viskositas terhadap temperatur yang moderat, biasanya indeks viskositas berkisar antara 85 – 100. Minyak parafin memiliki densitas yang lebih rendah

dibandingkan minyak naftalen. Minyak naftalen dikarakterisasi berdasarkan *pour point*, biasanya – 50°C sampai – 12°C, dan berdasarkan perubahan viskositas terhadap temperatur yang cukup besar, biasanya indeks viskositas berkisar antara 0 – 100. Baik minyak parafin maupun minyak naftalen, keduanya memiliki *flash point* dan *fire point* dengan rentang yang lebar. Minyak parafin mengandung *wax* yang cukup tinggi, sedangkan minyak naftalen mengandung sedikit *wax*. Untuk kondisi operasi mesin yang memerlukan rentang temperatur yang cukup lebar, lebih cocok digunakan minyak parafin dibandingkan minyak naftalen. Minyak naftalen banyak digunakan pada kondisi operasi yang memerlukan rentang temperatur yang sempit dan *pour point* yang relatif rendah.

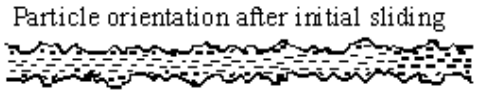
Pelumas yang berasal dari minyak bumi pada umumnya memiliki titik didih yang tinggi akan tetapi tidak dapat langsung dipakai, harus diproses terlebih dahulu untuk menghilangkan *wax* (menyebabkan *pour point* tinggi), asphalt (menyebabkan % C tinggi), dan pencemar lain (yang dapat mengalami oksidasi). Mula-mula fraksi-fraksi minyak bumi dengan temperatur tinggi disuling (destilasi) pada tekanan rendah menghasilkan berbagai fraksi dengan berat molekul besar, sedang, dan ringan. Kemudian didinginkan sehingga *wax* mengendap, dan ditambahkan H_2SO_4 pekat supaya pencemar lain terpisah dan dihasilkan pelumas cair. Penggunaan H_2SO_4 pekat menyebabkan jumlah pelumas yang rendah, waktu pengendapan zat padat yang lambat, dan terbentuknya emulsi pada netralisasi H_2SO_4 dengan NaOH. Oleh sebab itu penggunaan H_2SO_4 sering diganti dengan proses ekstraksi pelarut *(solvent extraction)* dengan bahan pelarut seperti phenol, p-cresol, nitrobenzene, furfural, di chloro ethyl eter, propane cair, SO_2 cair, dll.

Pelumas yang berasal dari hewan/tumbuhan merupakan senyawa ester gliserol dan asam lemak rantai panjang. Disebut *'fixed oil'* karena bila dipanaskan tidak terdistilasi, dan harus mempunyai sifat *'non drying'* (tidak menjadi kering), contoh : *coconut oil* (minyak kelapa). Pelumas dari hewan/tumbuhan ini dapat juga digunakan sebagai 'aditif' pada pelumas yang berasal dari minyak bumi, untuk meningkatkan sifat pelumas. Pelumas cair digunakan diantaranya pada bidang otomotif (mesin, rem, *gearbox*, transmisi hidrolik, dll.), traktor, industri (hidrolik, kompresor, turbin, dll.), penerbangan (mesin turbin, piston, dll.).

2. Pelumas padat

Pelumas padat/kering adalah pelumas yang meskipun dalam bentuk padat mampu mengurangi gesekan antara 2 permukaan yang bergesek satu sama lain, tanpa memerlukan media cair. Grafit (C) dan molybdenum disulfide (MoS_2) merupakan materi

anorganik yang unggul untuk digunakan sebagai pelumas padat. Dalam bentuk bubuk kering, materi ini merupakan aditif pelumas yang efektif karena terbentuknya struktur *lamellar*. Lamella terorientasi secara paralel terhadap permukaan dan searah dengan gerakan. Meskipun untuk permukaan dengan beban berat, struktur *lamellar* ini mampu melindungi kontak dengan permukaan. Pada arah pergerakan, lamella dengan mudah 'memotong' satu sama lain sehingga hanya sedikit gesekan yang terjadi.



Pelumas padat digunakan pada keadaan dimana pelumas konvensional minyak dan *grease*/gemuk tidak dapat digunakan. Pelumas padat dapat digunakan untuk kondisi operasi dengan temperatur tinggi dimana pelumas cair biasanya tidak tahan (temperatur dapat mencapai 350°C, untuk molybdenum disulfida dapat beroperasi pada temperatur 1100°C), dan beban berat (struktur *lamellar* terorientasi paralel dengan permukaan gesek yang dapat menahan beban berat). Pelumas padat terdiri atas lapisan-lapisan tipis film padat *(solid film)* yang harus memenuhi sifat-sifat : *'shear strenghth'* rendah, melekat kuat pada permukaan logam, konduktivitas panas baik, tahan terhadap zat kimia, dan stabil pada suhu operasi.

Senyawa yang dapat berfungsi sebagai pelumas padat adalah :

a. Politetrafluoroetilen (PTFE)

   PTEE biasa dikenal sebagai teflon dan merupakan pelumas organik. Digunakan sebagai lapisan pelindung, misalnya pada peralatan memasak dan berfungsi sebagai permukaan yang tidak lengket. Temperatur penggunaan dapat mencapai 350ºC, dan inert (tidak bereaksi) terhadap senyawa kimia.

b. Padatan anorganik

   Grafit, heksagonal boron nitrida, molibdenum sulfida (MoS_2), dan tungsten disulfida (WF_2), merupakan beberapa contoh material yang dapat digunakan sebagai pelarut padat. Pelumas jenis ini dapat dioperasikan pada temperatur tinggi, molibdenum sulfida dan heksagonal boron nitrida banyak digunakan dalam pesawat terbang.

c. Logam/campuran logam

Cadmium (Cd) dan emas (Au) digunakan sebagai lapisan pelindung untuk menghindari korosi dan kerusakan karena gesekan. Selain itu, campuran logam Pb, Zn, Ag, Sn, dan In juga sering digunakan sebagai pelumas padat.

3. Pelumas setengah padat *(grease)*

Pelumas setengah padat biasa dikenal dengan istilah *grease/stemvet*/gemuk yang mengandung pelumas cair dengan *'thickener'* (bahan pengental) dengan komposisi 5 – 17%. Bahan pengental yang ditambahkan menentukan karakteristik dari *grease*. Digunakan untuk pelumasan bagian-bagian dimana pelumas harus tinggal pada bagian-bagian tersebut, hal ini tidak dapat dilakukan oleh pelumas cair karena tidak menempel, misal : pada lager roda mobil. Pelumas setengah padat dibuat dari campuran dari minyak pelumas, bahan pengental (contoh : sabun), dan bahan lain yang memberi sifat khusus kepada pelumas seperti grafit, talk, dll. Bahan pengental yang digunakan dalam penyabunan asam lemak biasanya adalah 'sabun logam' dari logam-logam alkali (Na, Li, Ca) dan Al. Beberapa asam lemak untuk sabun adalah : asam palmitat $CH_3 – (CH_2)_{14} – COOH$, asam stearat $CH_3 – (CH_2)_{16} – COOH$, dan asam oleat $CH_3 – (CH_2)_7 – CH = CH – (CH_2)_7 – COOH$. Asam lemak dengan rantai hidro karbon jenuh mempunyai sifat lebih baik karena lebih stabil pada suhu tinggi dan *'dropping point'* lebih tinggi (*droping point* = suhu dimana pelumas menjadi cukup cair).

Beberapa contoh pelumas setengah padat adalah :

a. *Ca-soap grease*

   Murah, tahan air, akan tetapi pada temperatur 72°C terpisah menjadi sabun dan minyak. Penggunaan : pompa air, traktor

b. *Na-soap grease*

   Dropping point lebih besar dari Ca-soap, larut dalam air, temperatur operasi ± 120°C

c. *Al- soap grease*

   Mahal, tahan air, sangat lengket, temperatur operasi < 82°C

   Penggunaan: rantai, sisir, osilasi

d. *Ba-soap grease*

   Tahan air, adhesi baik/lengket, temperatur operasi < 135°C

   Penggunaan : untuk mobil

e. *Li-soap grease*

   Tahan air, lebih baik dari yang lain, temperatur operasi < 135°C

   Penggunaan : pesawat terbang

4. Pelumas gas

   Akhir-akhir ini gas dapat digunakan sebagai pelumas untuk poros presisi, giroskop, kompresor, kipas, dll. Aspek yang menarik dari gas adalah hubungan antara viskositas dan temperaturnya. Berlawanan dengan pelumas cair, viskositas gas hanya sedikit terpengaruh oleh perubahan temperatur dan tekanan. Pelumas gas dapat digunakan untuk permukaan yang cukup luas dan bebas gesekan/suara/getaran.

5. Pelumas Sintetis

   Pelumas sintetis/buatan adalah pelumas yang dibuat dari reaksi kimia 2 atau lebih senyawa kimia sederhana ditambah dengan aditif. Pelumas sintetis digunakan untuk keadaan dimana pelumas dari minyak bumi tidak memenuhi persyaratan (beban berat, suhu tinggi > 121°C atau rendah < – 26°C). Selain harganya mahal, pemilihan bahan untuk seal, gasket, isolator sukar karena sifat pelarut yang digunakan dapat melarutkan bahan-bahan tersebut dan ada yang mempunyai sifat beracun dan korosif.

   Beberapa contoh pelumas sintetik :

   a. Di basic acid ester: $ROOC – (CH_2)_n – COOR$

      Digunakan dalam mesin-mesin jet dan alat-alat militer.

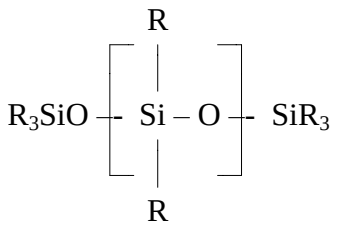
   b. Organo phosphates $[OP(OR)_3]$

      Digunakan sebagai bahan anti-aus dalam pelumas (sebagai aditif).

   c. Silicate esters $[SI(OR)_4]$

      Digunakan sebagai cairan hidrolik suhu tinggi. Bila mengalami hidrolisa membentuk SiO_2 (bahan amplas)

   d. Silicones



      Mempunyai VI tinggi dan tahan beban berat

   e. Polyglycol ethers

Mempunyai *'pour point'* rendah, *VI* tinggi, tidak melarutkan karet dan bahan gasket, harganya lebih murah.

f. Halogeno Hydrocarbon

Hidrokarbon khlor dan fluor sangat tahan terhadap oksidasi, stabil terhadap suhu, tahan api. Digunakan dalam alat-alat untuk oksigen cair dan larutan H_2O_2.

Aditif/Bahan Pencampur

Aditif ditambahkan pada pelumas untuk meningkatkan sifat-sifat yang diperlukan dalam pelumasan.

Beberapa macam aditif :

a. Anti oksidan : 0,4 – 2 %
b. Inhibitor korosi : 0,4 – 2 %
c. Anti-aus : 5 – 10 %
d. Detergen : 2 – 10%
e. *Pour point depressant* (supaya tetap cair pada suhu rendah).
f. *VI improver* : mencegah pelumas menjadi encer pada suhu tinggi dan kental pada suhu rendah.
g. *Foam Inhibitor* : mencegah terbentuknya busa, contoh : methyl silicone polymers.

Pemilihan Pelumas

Penggunaan pelumas tergantung kepada kondisi operasi alat-alat sehingga perlu diadakan pemilihan yang tepat seperti berikut :

Kondisi Operasi	Tipe Pelumas
kecepatan rendah, beban ringan	pelumas dengan viskositas rendah
kecepatan tinggi, beban ringan	gas/minyak pelumas dengan viskositas rendah
kecepatan tinggi, beban berat	pelumas yang tahan tekanan tinggi
kecepatan rendah, beban berat	pelumas dengan sifat kelicinan baik
suhu tinggi	pelumas yang sukar menguap, tahan oksidasi
suhu rendah	Pelumas dengan sifat cair yang baik

Isu Pencemaran Lingkungan

Pelumas bersifat racun terhadap hewan dan tumbuhan, dalam jumlah kecil saja pelumas dapat mencemari sejumlah besar air. Selain itu proses daur ulang, pembakaran, dan pembuangan pelumas dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Di beberapa negara telah diberlakukan peraturan yang ketat berkaitan dengan pelumas, jutaan dolar biaya yang harus dikeluarkan oleh industri untuk melakukan proses pada air buangan industri supaya memenuhi persyaratan untuk dibuang ke lingkungan. Membakar pelumas untuk pembangkit listrik juga telah diatur dengan ketat karena banyaknya aditif yang ditambahkan pada pelumas. Pembakaran pelumas menghasilkan polusi udara berupa zat-zat beracun dan senyawa logam berat. Sayangnya peraturan yang ketat tersebut tidak dapat mengatur pencemaran yang disebabkan oleh pembuangan pelumas ke saluran pembuangan atau tanah oleh masyarakat umum. Saat ini sudah ada pelumas yang tidak bersifat racun (pelumas lanolin) sehingga aman digunakan baik bagi manusia maupun bagi lingkungan. Beberapa organisasi, biasanya didukung oleh pemerintahnya, memiliki ijin untuk menyetujui pelumas dengan mengevaluasi potensi pelumas tersebut terhadap pencemaran lingkungan. Beberapa merk pelumas yang sudah mendapat persetujuan dapat dilihat dari namanya, diantaranya : *German ”Blue Angel”, European ”Daisy” Eco Label, Global Eco-Label ”GEN mark”, Nordic ”White Swan”, Japanase ”Earth friendly mark”, USA ”Green Seal”, Canadian ”Environmental Choice”, Chinese ”Huan”, Singapore ”Green Label”, dan French ”NF Environment mark”.*