

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait

Maulida dan Erika (2010) melakukan penelitian yang berjudul analisis karakteristik pengaruh suhu dan kontaminan terhadap viskositas oli menggunakan *rotary viscometer*. Penelitian ini dilakukan dengan mengukur nilai viskositas beberapa oli (oli bensin, oli diesel dan oli samping) dengan perubahan suhu serta penambahan kontamina didalamnya, pada penelitian ini untuk mengukur nilai viskositas yaitu menggunakan *rotary viscometer*. Penelitian ini dapat diketahui bahwa pada saat oli diberikan suhu yang tinggi (dipanaskan), maka viskositas dari oli tersebut akan menurun dan oli akan menjadi lebih encer. Sedangkan pada saat penambahan kontaminan, semakin banyak kontaminan yang tercampur ke dalam oli maka viskositas oli akan semakin bertambah.

Arisandi, dkk (2012) melakukan penelitian tentang analisa pengaruh bahan dasar pelumas terhadap viskositas pelumas dan konsumsi bahan bakar. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bahan dasar pelumas terhadap ketahanan viskositas pelumas. Penelitian ini menggunakan tiga jenis pelumas yaitu mineral, semi sintetik dan sintetik dengan viskositas yang sama yaitu SAE20- W50. Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa viskositas pelumas sintetik

mempunyai kestabilan paling baik, sedangkan viskositas pada pelumas mineral paling rendah dan konsumsi bahan bakar pada penggunaan pelumas sintetik cenderung hemat dibandingkan pelumas semi sintetik dan mineral, sedangkan konsumsi bahan bakar pelumas semi sintetik lebih hemat dibanding mineral.

Penelitian terkait juga dilakukan oleh Limantoro dan Felisia (2012), yaitu tentang penentuan viskositas relatif (metode stormer). Pada penelitian ini bertujuan untuk menentukan viskositas relatif berbagai macam zat alir terhadap viskositas air berdasarkan metode stormer. Metode stormer pada penelitian ini yaitu metode pengukuran viskositas menggunakan buret, kemudian dicatat waktu alir fluida untuk menentukan nilai viskositas suatu fluida dengan memanfaatkan persamaan Poiseuille. Fluida yang diukur nilai viskositasnya yaitu akuades dan sirup dengan konsentrasi 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%, dan untuk menentukan nilai viskositas, sebelumnya diukur terlebih dahulu densitas dari fluida tersebut menggunakan piknometer.

B. Teori Dasar

1. Oli (Minyak Pelumas)

Pelumas adalah zat kimia, yang umumnya cairan, yang diberikan di antardua benda bergerak untuk mengurangi gaya gesek. Zat ini merupakan fraksi hasil destilasi minyak bumi yang memiliki suhu 105-135 derajat celcius. Menurut Siti Yubaidah (2008), semakin berat beban motor semakin menurun nilai dari viskositas pelumas nya. Pelumasan merupakan salah satu sistem pelengkap pada

suatu kendaraan dengan tujuan mengatur dan menyalurkan minyak pelumas ke bagian-bagian mesin yang bergerak. Fungsi utama suatu pelumas adalah untuk mengendalikan friksi dan keausan. Namun pelumas juga memiliki fungsi lain yang bervariasi tergantung pada pelumas tersebut diaplikasikannya. Fungsi lain pelumas adalah sebagai berikut.

1. Memperkecil koefisien gesek.

Salah satu fungsi minyak pelumas adalah untuk melumasi bagian-bagian mesin yang bergerak untuk mencegah keausan akibat dua benda yang bergesekan. Minyak pelumas membentuk Oil film di dalam dua benda yang bergerak sehingga dapat mencegah gesekan/kontak langsung diantara dua benda yang bergesekan tersebut.

2. Pendingin (*Cooling*).

Minyak pelumas mengalir di sekeliling komponen yang bergerak, sehingga panas yang timbul dari gesekan dua benda tersebut akan terbawa/merambat secara konveksi ke minyak pelumas, sehingga minyak pelumas pada kondisi seperti ini berfungsi sebagai pendingin mesin.

3. Pembersih (*cleaning*).

Kotoran atau geram yang timbul akibat gesekan, akan terbawa oleh minyak pelumas menuju karter yang selanjutnya akan mengendap di bagian bawah carter dan ditangkap oleh magnet pada dasar carter. Kotoran yang ikut aliran minyak pelumas akan di saring di filter oli agar tidak terbawa dan terdistribusi ke bagian-bagian mesin yang dapat mengakibatkan kerusakan/mengganggu kinerja mesin.

4. Perapat (*sealing*).

Minyak pelumas yang terbentuk di bagian-bagian yang presisi dari mesin kendaraan berfungsi sebagai perapat, yaitu mencegah terjadinya kebocoran gas (*blow by gas*) misal antara piston dan dinding silinder.

5. Sebagai Penyerap Tegangan.

Oli mesin menyerap dan menekan tekanan lokal yang bereaksi pada komponen yang dilumasi, serta melindungi agar komponen tersebut tidak menjadi tajam saat terjadinya gesekan-gesekan pada bagian-bagian yang bersinggungan.

6. Pencegahan Korosi.

Peranan pelumas dalam mencegah korosi, pertama saat mesin idle, pelumas berfungsi sebagai preservative. Pada saat mesin bekerja pelumas melapisi bagian mesin dengan lapisan pelindung yang mengandung aditif untuk menetralkan bahan korosif (Yubaidah, 2008).

Terdapat berbagai jenis minyak pelumas. Jenis jenis minyak pelumas dapat dibedakan penggolongannya berdasarkan bahan dasar (*base oil*), bentuk fisik, dan tujuan penggunaan.

1. Dilihat dari bentuk fisiknya

- a. liquid (pelumas cair);
- b. semi liquid;
- c. solid (pelumas padat).

2. Dilihat dari bahan dasarnya

- a. Minyak pelumas mineral, diperoleh dari minyak bumi dengan jalan penyulingan, dimana dari proses penyulingan tersebut didapatkan minyak pelumas dengan berbagai jenis kekentalan atau viskositasnya.

- b. Minyak pelumas sintesis, dibuat dari hidrokarbon yang telah mengalami proses khusus. Maksudnya adalah bahwa minyak ini dibuat tidak hanya sama dengan minyak mineral, akan tetapi melebihi kemampuan minyak mineral. Melalui proses kimia dihasilkan molekul baru yang memiliki stabilitas termal, oksidasi dan kinerja yang optimal.
- c. Minyak pelumas semi-sintesis, diperoleh dengan cara mencampur (blending) antara minyak pelumas sintesis dengan minyak pelumas mineral. Sehingga diperoleh kombinasi dari pelumas mineral.

2. Klasifikasi Minyak Pelumas

Menurut Sudarmaji (2007), minyak pelumas mesin diklasifikasikan menjadi dua yaitu sebagai berikut.

1. Klasifikasi berdasarkan kekentalan (viskositas).

Berdasarkan viskositasnya pelumas diklasifikasikan menjadi dua bagian besar, yaitu pelumas industri dan pelumas otomotif. Pelumas industri menurut ISO dan pelumas otomotif menurut SAE.

a. Klasifikasi Menurut ISO.

Sistem klasifikasi kekentalan minyak pelumas menurut *International Standard Organization* (ISO) adalah berdasarkan kekentalan kinematik, dalam satuan centistokes (cSt), pada daerah (*range*) kekentalan pada temperatur 40⁰C. Setiap daerah kekentalan diidentifikasi dengan angka ISO VG (Viscosity Grade) atau derajat kekentalan ISO, dengan kekentalan tersebut merupakan kekentalan kinematik rata-rata pada daerah tersebut

(*midpoint kinematic viscosity*). Untuk mendapatkan nilai kekentalannya, harus dihitung 10% dari nilai rata-rata kekentalan kinematiknya. Misalnya ISO VG 100 mempunyai kekentalan rata-rata 100 cSt, dimana batas kekentalannya adalah 90 cSt untuk minimum dan 110 cSt untuk maksimum.

b. Klasifikasi Menurut SAE.

Pada umumnya pelumas diklasifikasikan dalam viskositas untuk memenuhi syarat kebutuhan tiap jenis mesin. Setiap jenis mesin mempunyai syarat kebutuhan viskositas pelumas yang digunakan sendiri-sendiri. Yang melakukan penyusunan klasifikasi pertama kali adalah SAE atau *Society of Automotive Engineers* dari Amerika Serikat. Klasifikasi SAE merupakan klasifikasi untuk minyak pelumas mesin-mesin secara rheologi saja. Karakteristik lain dari minyak pelumas tidak termasuk. Praktek yang dianjurkan ini ditujukan untuk penggunaan oleh pabrik pembuat mesin-mesin dalam menentukan derajat kekentalan minyak pelumas yang akan direkomendasikan untuk penggunaan mesin-mesin yang diproduksi, dan oleh perusahaan minyak dalam merumuskan dan memberi label produksi mereka.

Klasifikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1. Pelumas diklasifikasikan dalam 11 kelas atau tingkat viskositas SAE, mulai dari SAE 0W sampai dengan SAE 60. Urutan tingkat viskositas SAE pada kolom pertama dari atas nilai viskositasnya kecil, semakin ke bawah nilai viskositasnya semakin besar. Dari kesebelas tingkat viskositas itu, dapat dibagi dalam dua bagian besar, yaitu tingkat viskositas yang tandanya diberi huruf W dibelakang

nomor tingkat viskositasnya dan tandanya tanpa huruf W. Kelompok pertama merupakan kelompok tingkat viskositas pelumas mesin yang digunakan pada musim dingin untuk daerah beriklim sedang yang memiliki empat musim. Huruf W yang dicantumkan pada tingkat viskositas adalah singkatan dari kata *winter* atau musim dingin. Kelompok kedua berjumlah lima tingkat viskositas tanpa huruf W, yang merupakan kelompok tingkat viskositas yang digunakan pada musim panas, yaitu SAE 20 sampai dengan SAE 60. Untuk iklim di Indonesia kita cukup menggunakan pelumas yang klasifikasinya digunakan pada musim panas, yaitu kelompok pelumas kedua tanpa huruf W.

Sangat disarankan pilih 10W-40, karena oli jenis ini tidak terlalu kental sebab maksimal kekentalannya SAE 40 dan saat musim dingin memiliki kekentalan SAE 10 akan mempermudah start mesin pada pagi hari. Jenis minyak pelumas terdiri dari *single grade* dan *multi grade oil*. *Multi grade oil* ialah oli yang nilai kekentalannya tidak terpengaruh oleh temperatur (ada range temperatur) dan biasanya ditandai dengan kode W di belakangnya. Contohnya 10W; SAE 10W-30; SAE 30. Huruf W pada 10W menunjukkan derajat viskositas/kekentalan pada $-17,8^{\circ}$ Celsius yang merupakan patokan pada viskositas mesin untuk start pada keadaan dingin. Nomor yang tidak memakai huruf W merupakan derajat viskositas pada $98,9^{\circ}$ Celsius.

2. Klasifikasi berdasarkan kualitas.

Kualitas oli mesin diklasifikasikan sesuai dengan standart *American Petroleum Institute* (API). Klasifikasi API biasanya tercantum pada masing-masing kemasan minyak pelumas. Hal ini untuk menambah tingkatan SAE. Pemilihan minyak pelumas akan lebih mudah, apabila dilihat dari perbandingan kondisi pengoperasian mesin kendaraan. Selain SAE dengan klasifikasi berdasarkan nilai kekentalan, ada juga API yang berdasarkan mutu/penggunaan (Hidayat, 2012).

3. Standar Minyak Pelumas

Standarisasi minyak pelumas untuk mesin kendaraan bermotor pertama kali dilakukan oleh *Society of Automotif Engineering* (SAE) pada tahun 1911 dengan kode SAE J300. Minyak pelumas dikelompokkan berdasarkan tingkat kekentalannya. Dalam kemasan atau kaleng pelumas, biasanya dapat ditemukan kode angka yang menunjukkan tingkat kekentalannya, seperti: SAE 40, SAE 90, SAE 10W-50, dan lain sebagainya. Semakin tinggi angkanya semakin kental minyak pelumas tersebut. Ada juga kode angka multi grade seperti 10W-50, yang dapat diartikan bahwa pelumas memiliki tingkat kekentalan sama dengan SAE 10 pada suhu udara dingin (W=Winter) dan SAE 50 pada udara panas.

Tabel 2.1. Klasifikasi Viskositas SAE Untuk Pelumas Mesin SAE J300

Tingkat Viskositas SAE	Viskositas (cP) Suhu rendah	Viskositas (cSt) Suhu 100° C		Viskositas (cP) Suhu 150° C
		Min	Max	
0W	6200 at -35°C	3.8		
5W	6600 at -30°C	3.8		
10W	7000 at -25°C	4.1		
15W	7000 at -20°C	5.6		
20W	9500 at -15°C	5.6		
25W	13000 at -10°C	9.3		
20		5.6	<9.3	2.6
30		9.3	<12.5	2.9
40		12.5	<16.3	2.9
50		16.3	<21.9	3.7
60		21.9	<26.1	3.7

4. Fluida

Fluida atau zat alir adalah zat yang dapat mengalir. Kata Fluida mencakup zat cair, air dan gas karena kedua zat ini dapat mengalir, sebaliknya batu dan benda-benda keras atau seluruh zat padat tidak digolongkan kedalam fluida karena tidak bisa mengalir. Susu, minyak pelumas, dan air merupakan contoh zat cair. dan Semua zat cair itu dapat dikelompokkan ke dalam fluida karena sifatnya yang dapat mengalir dari satu tempat ke tempat yang lain. Selain zat cair, zat gas juga termasuk fluida. Zat gas juga dapat mengalir dari satu satu tempat ke tempat lain. Hembusan angin merupakan contoh udara yang berpindah dari satu tempat ke tempat lain.

Zat cair dan gas adalah fluida, jelas bahwa bukan benda tegar, sebab jarak antardua partikel di dalam fluida tidaklah tetap. Molekul-molekul di dalam fluida mempunyai kebebasan lebih besar untuk bergerak sendiri-sendiri. Dalam zat cair gaya interaksi antara molekul-molekul, yaitu yang disebut gaya kohesi, masih cukup besar, karena jarak antara molekul tidaklah terlalu besar. Akibatnya zat cair masih tampak sebagai kesatuan, kita masih dapat melihat batas-batas zat cair. Di samping itu zat cair tidak mudah untuk dimampatkan (Sutrisno, 1997).

Berdasarkan hal tersebut, dapat didefinisikan bahwa fluida adalah suatu zat yang dapat mengalir. Dimana fluida meliputi cairan, yang mengalir di bawah pengaruh gravitasi sampai menempati daerah terendah yang mungkin dari penampungnya, dan gas yang mengembang mengisi penampungnya tanpa peduli bentuknya. Jadi istilah fluida termasuk cairan dan gas, namun klasifikasi tersebut tidaklah selalu jelas (Halliday, 1984).

Fluida ini dapat kita bagi menjadi dua bagian yakni fluida statis dan fluida dinamis. Fluida Statis adalah fluida yang berada dalam fase tidak bergerak (diam) atau fluida dalam keadaan bergerak tetapi tak ada perbedaan kecepatan antar partikel fluida tersebut atau bisa dikatakan bahwa partikel-partikel fluida tersebut bergerak dengan kecepatan seragam sehingga tidak memiliki gaya geser. Sifat fisis fluida dapat ditentukan dan dipahami lebih jelas saat fluida berada dalam keadaan diam (statis). Sifat-sifat fisis fluida statis ini di antaranya, massa jenis, tegangan permukaan, kapilaritas, dan viskositas.

Fluida dinamis adalah fluida (bisa berupa zat cair, gas) yang bergerak. Untuk memudahkan dalam mempelajari, fluida dinamis dianggap steady (mempunyai

kecepatan yang konstan terhadap waktu), tak termampatkan (tidak mengalami perubahan volume), tidak kental, tidak turbulen (tidak mengalami putaran-putaran). Besaran-besaran dalam fluida dinamis yaitu debit aliran (Q).

Jumlah volume fluida yang mengalir persatuan waktu:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

keterangan:

Q = debit aliran (m^3/s);

V = volume (m^3);

t = selang waktu (s) (Tipler, 1987).

Atau:

$$Q = Av \quad (2)$$

keterangan:

Q = debit aliran (m^3/s);

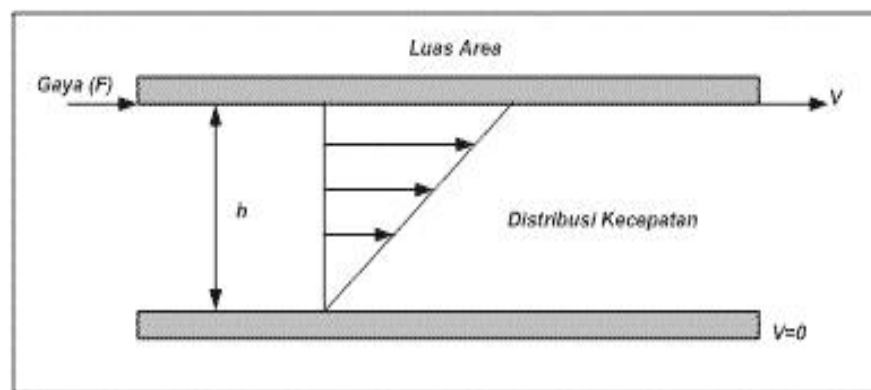
A = luas penampang (m^2);

v = kecepatan aliran fluida (m/s).

5. Viskositas

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. Pada hukum aliran viskos, Newton menyatakan hubungan antara gaya-gaya mekanika dari suatu aliran viskos sebagai geseran dalam (viskositas) fluida adalah konstan sehubungan dengan gesekannya. Hubungan tersebut berlaku untuk fluida Newtonian, perbandingan antara tekanan geser (σ) dengan kecepatan geser (γ) nya konstanta. Parameter inilah yang disebut dengan viskositas (η). Aliran viskos dapat digambarkan dengan dua buah bidang sejajar yang dilapisi fluida tipis diantara kedua bidang tersebut.



Gambar 2.1. Aliran Viskositas

Suatu bidang permukaan bawah yang tetap dibatasi oleh lapisan fluida setebal h , sejajar dengan suatu bidang permukaan atas yang bergerak seluas A . Jika bidang bagian atas itu ringan, yang berarti tidak memberikan beban pada lapisan fluida dibawahnya, maka tidak ada gaya tekan yang bekerja pada lapisan fluida. Suatu gaya F dikenakan pada bidang bagian atas yang menyebabkan bergerakinya bidang atas dengan kecepatan konstan v , maka fluida dibawahnya akan membentuk suatu lapisan-lapisan yang saling bergeseran. Setiap lapisan tersebut akan memberikan tekanan geser (σ) sebesar F/A yang seragam, dengan kecepatan lapisan fluida yang paling atas sebesar v dan kecepatan lapisan fluida paling bawah sama dengan

nol. Maka kecepatan geser (γ) pada lapisan fluida di suatu tempat pada jarak y dari bidang tetap, dengan tidak adanya tekanan fluida sehingga menjadi:

$$\gamma = \frac{dv}{dy} = \frac{v}{h} \quad (3)$$

Pada fluida newtonian perbandingan antara besaran tekanan geser dan kecepatan geser adalah konstanta viskositas.

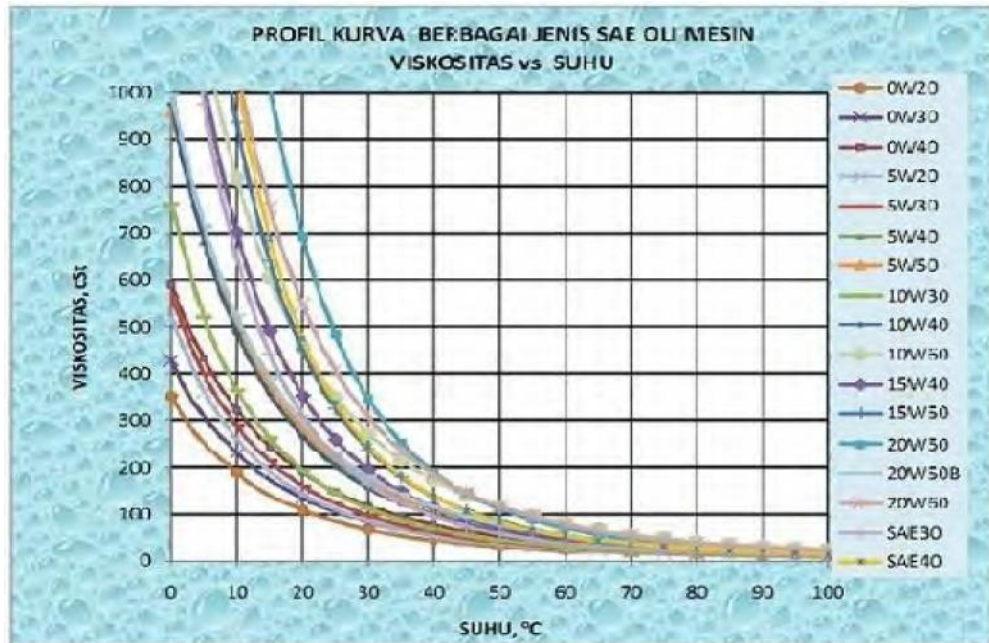
$$\eta = \frac{\sigma}{\gamma} \quad (4)$$

Parameter (η) ini didefinisikan sebagai viskositas absolut (dinamis) dari suatu fluida. Dengan menggunakan satuan internasional ; untuk gaya (N), luas area (m^2), panjang (m) dan kecepatan (m/s), maka besaran viskositas dapat dinyatakan dengan:

$$\eta = \frac{\sigma}{\gamma} = \frac{N/m^2}{(m/s)/m} = Pa.s \quad (5)$$

Satuan Pa.s dirasakan terlalu besar dalam prakteknya sehingga digunakan satuan mPa.s, yang lebih dikenal sebagai cP atau *centipoises* (catatan: 1 Pa.s = 1000mPa.s = 1000cP, 1P = 100cP).

Untuk mengukur besaran viskositas diperlukan satuan ukuran. Dalam sistem standar internasional satuan viskositas ditetapkan sebagai viskositas kinematik dengan satuan ukuran mm^2/s atau cm^2/s . $1 cm^2/s = 100 mm^2/s$, $1 cm^2/s = 1 St$ (Stokes) (Young, 2002).



Gambar 2.2. Kurva Viskositas Oli Mesin terhadap Suhu

Gambar 2.2 menjelaskan profil kurva setiap jenis SAE oli mesin, dari mulai SAE kode rendah sampai tinggi. Dari grafik ini terlihat bahwa sesungguhnya perbedaan nyata kekentalan dari setiap jenis SAE oli mesin hanya terjadi pada suhu-suhu rendah dibawah 40°C. Tetapi diatas suhu itu, grafik kekentalan semua jenis SAE oli mesin menuju ke satu garis lurus (Fuad, 2011).

Sifat yang disebut viskositas fluida ini merupakan ukuran ketahanan sebuah fluida terhadap deformasi atau perubahan bentuk. Viskositas suatu gas bertambah dengan naiknya temperatur, karena makin besarnya aktivitas molekuler ketika temperatur meningkat. Sedangkan pada zat cair, jarak antar molekul jauh lebih kecil dibanding pada gas, sehingga kohesi molekuler disitu kuat sekali. Peningkatan temperatur mengurangi kohesi molekuler dan ini diwujudkan berupa berkurangnya viskositas fluida (Olson, 1993).

Salah satu faktor terpenting yang harus dimiliki oleh minyak pelumas adalah viskositasnya. Jika viskositas minyak pelumas rendah maka minyak pelumas tersebut akan mudah terlepas akibat besarnya tekanan dan kecepatan dari bagian-bagian yang bergerak dan saling bergesekan tersebut. Dan jika minyak pelumas menjadi terlepas karenanya, maka akan menimbulkan gesekan antara logam dengan logam secara langsung yang berarti memperbesar gesekan dan mempercepat keausan dari bagian-bagian yang bergerak tersebut (Hidayat, 2008).

Kemampuan minyak pelumas untuk mengatasi perubahan nilai viskositas terhadap perubahan temperatur dikenal dengan istilah indeks viskositas. Nilai indeks viskositas merupakan suatu besaran yang menyatakan perbandingan relatif antar minyak pelumas yang dinyatakan dengan persen. Nilai indeks viskositas tinggi, menyatakan bahwa minyak pelumas tersebut semakin kecil mengalami perubahan nilai viskositas pada range temperatur tertentu, yang berarti bahwa mutu minyak pelumas tersebut semakin baik berdasarkan standar pengukuran *American Standard Test and Measurement D567 (ASTM)*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi viskositas menurut Bird (1987) adalah sebagai berikut.

a. Tekanan

Viskositas cairan naik dengan naiknya tekanan, sedangkan viskositas gas tidak dipengaruhi oleh tekanan.

b. Temperatur

Viskositas akan turun dengan naiknya suhu, sedangkan viskositas gas naik dengan naiknya suhu. Pemanasan zat cair menyebabkan molekul-molekulnya

memperoleh energi. Molekul-molekul cairan bergerak sehingga gaya interaksi antar molekul melemah. Sehingga viskositas cairan akan turun dengan kenaikan temperatur.

c. Kehadiran zat lain

Penambahan gula tebu meningkatkan viskositas air. Adanya bahan tambahan seperti bahan suspensi menaikkan viskositas air. Pada minyak ataupun gliserin adanya penambahan air akan menyebabkan viskositas akan turun karena gliserin maupun minyak akan semakin encer, waktu alirnya semakin cepat.

d. Ukuran dan berat molekul

Viskositas naik dengan naiknya berat molekul. Misalnya laju aliran alkohol cepat, larutan minyak laju alirannya lambat dan kekentalannya tinggi seta laju aliran lambat sehingga viskositas juga tinggi.

e. Berat molekul

Viskositas akan naik jika ikatan rangkap semakin banyak.

f. Kekuatan antar molekul

Viskositas air naik dengan adanya ikatan hidrogen, viskositas CPO dengan gugus OH pada trigliseridanya naik pada keadaan yang sama.

6. Pengukuran Viskositas Dengan Buret (Metode Stormer)

Viskositas suatu zat cairan murni atau larutan merupakan indeks hambatan aliran cairan. Viskositas dapat diukur dengan mengukur laju aliran cairan, yang melalui tabung berbentuk silinder. Cara ini merupakan salah satu cara yang paling mudah dan dapat digunakan baik untuk cairan maupun gas (Bird, 1993). Viskositas

adalah indeks hambatan aliran cairan. Viskositas dapat diukur dengan mengukur laju aliran cairan yang melalui tabung berbentuk silinder. Viskositas ini juga disebut sebagai kekentalan suatu zat. Jumlah volume cairan yang mengalir melalui pipa per satuan waktu. Hubungan antara viskositas dengan kecepatan aliran yang laminar melalui suatu pipa dinyatakan oleh persamaan Poiseuille sebagai berikut.

$$= \frac{\pi \cdot r^4 \cdot P \cdot t}{8 \cdot V \cdot L} \quad (6)$$

keterangan:

V = volume fluida dalam cm^3 ;

t = waktu yang diperlukan fluida untuk mengalir melalui pipa (sekon);

r = jari-jari pipa (cm);

L = panjang pipa (cm);

P = tekanan.

(Young dan Freedman, 2002).

Metode stormer yaitu metode pengukuran viskositas menggunakan buret. Sebelum dilakukan percobaan untuk mengukur viskositas menggunakan metode stormer, harus ditentukan terlebih dahulu densitas (massa jenis) dari suatu fluida. Saat menggunakan piknometer, larutan yang ditentukan densitasnya harus dijaga agar suhunya tetap sebelum ditimbang analitis. Cara menggunakan piknometer yaitu sebagai berikut.

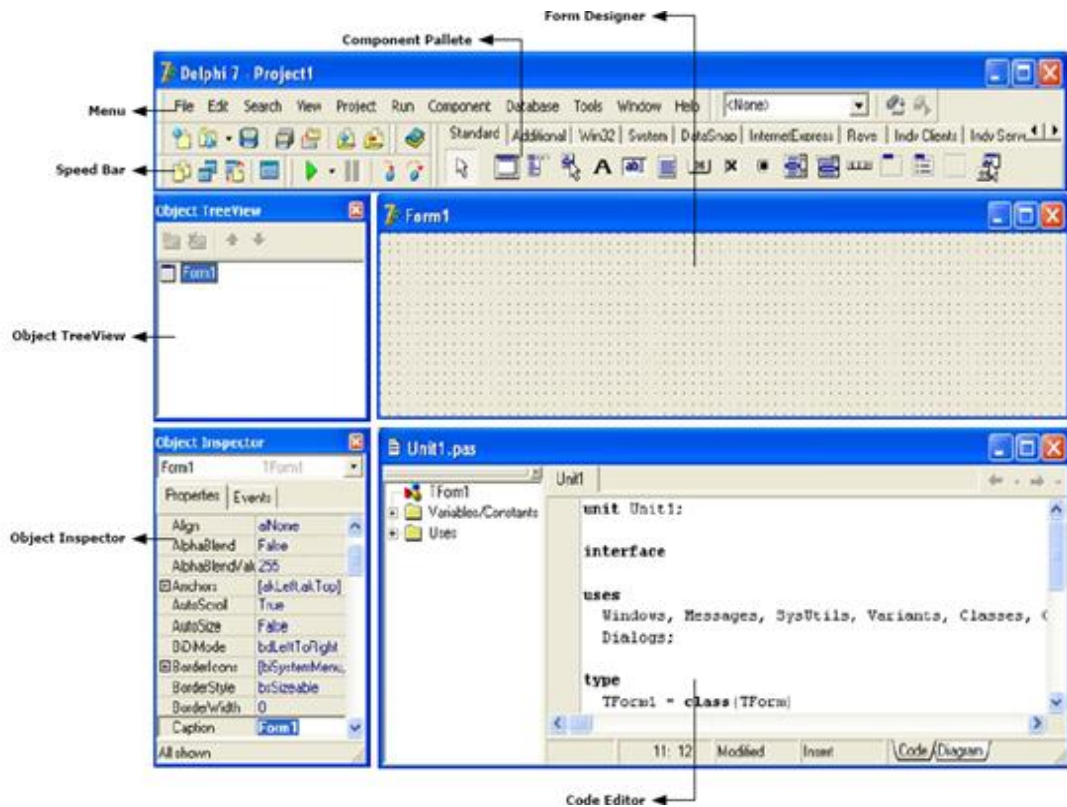
1. Menimbang piknometer dalam keadaan kosong
2. Memasukkan fluida yang akan diukur massa jenisnya ke dalam piknometer tersebut.
3. Menempatkan volume-nya, lalu menutup piknometer
4. Menimbang massa piknometer yang berisi fluida tersebut
5. Kemudian setelah didapatkan berat analitis dari larutan, maka akan diperoleh densitas (massa jenis) dengan rumus:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{(massa\ pikno+isi) - (massa\ pikno\ kosong)}{volume} \quad (11)$$

7. Borland Delphi

Delphi merupakan bahasa pemrograman yang bekerja di bawah operasi Windows yang memberikan fasilitas pembuatan aplikasi *visual* dalam bahasa pemrograman terstruktur dengan struktur bahasa pemrograman *Object Pascal* (TPPWK, 2006). Kelebihan program delphi dibandingkan dengan program aplikasi lain adalah pada produktifitas dari pengembangan perangkat lunak yaitu:

- a. Kualitas dari lingkungan pengembangan visual;
- b. Kecepatan compiler dibandingkan dengan kompleksitasnya;
- c. Kekuatan dari bahasa pemrograman dibandingkan dengan kompleksitasnya;
- d. Pola desain dan pemakaian yang diwujudkan dengan framework yang menarik.



Gambar 2.3. Tampilan Borland Delphi

Pada program Borland Delphi terdapat tampilan komponen visual yaitu sebagai berikut.

- a. Main Menu adalah bagian utama dari Integrated Development Environment (IDE) yang mempunyai semua fungsi utama seperti program-program berbasis windows lainnya.
- b. Form Designer merupakan interface (antar muka) aplikasi yang akan dibangun, Form akan menampung seluruh komponen yang akan digunakan dalam proses perancangan sebuah aplikasi dengan Delphi.
- c. Object Inspector digunakan untuk mengubah properti atau karakteristik dari suatu komponen. Terdiri dari 2 tab yaitu:
 - 1) Properties digunakan untuk menentukan seting suatu objek. Satu objek memiliki beberapa properti yang dapat diatur langsung dari object

inspector maupun melalui kode program. Seting ini mempengaruhi cara kerja objek tersebut saat aplikasi dijalankan.

- 2) Event merupakan bagian yang dapat diisi dengan kode program tertentu yang berfungsi untuk menangani event-event (berupa sebuah procedure) yang dapat direspon oleh sebuah komponen. Event adalah peristiwa atau kejadian yang diterima oleh suatu objek, misal : klik, drag, dan lain-lain. Event yang diterima objek akan memicu Delphi menjalankan kode program yang ada didalamnya. Misalnya ingin sesuatu dikerjakan pada saat form ditutup, maka untuk menyatakan tindakan tersebut (berupa sebuah procedure) menggunakan OnClose.
- d. Code Editor adalah tempat menuliskan kode program atau pernyataan-pernyataan dalam objek pascal tanpa harus menuliskan kode-kode sumber.
- e. Component Palette merupakan komponen-komponen VCL(*Visual Component Library*) yang dikelompokkan kedalam Tab-tab, komponen komponen inilah yang akan digunakan untuk merancang interface atau antar muka aplikasi.
- f. Toolbar / Speed Bar merupakan Icon (Shortcut) yang dirancang untuk lebih memudahkan menjangkau fasilitas yang ada pada Delphi.
- g. Object Tree View berisi daftar komponen yang sudah diletakkan di form designer.

8. Histogram Tingkat Keabuan (*Gray Scale*)

Grayscale merupakan skala keabu-abuan. Suatu istilah untuk menyebutkan satu citra yang memiliki warna abu-abu, hitam, dan putih. *Grayscale* menunjukkan

jumlah warna (dari abu-abu, hingga hitam putih) yang ada dalam satu citra. Makin besar angka *grayscale*, citra yang terbentuk makin mendekati kenyataan. *Grayscale* merupakan derajat keabu-abuan yang membagi masing-masing nilai dari intensitas RGB kemudian dicari rata-rata. *Grayscale* biasanya format yang lebih disukai untuk pengolahan citra.

Citra skala keabuan memberikan kemungkinan warna yang lebih banyak daripada citra biner, karena ada nilai-nilai lain di antara nilai minimum dan nilai maksimumnya. Banyaknya kemungkinan nilai dan nilai maksimumnya bergantung pada jumlah bit yang digunakan. Contohnya untuk skala keabuan 8 bit, maka jumlah kemungkinan nilainya adalah $2^8 = 256$, dan nilai maksimumnya adalah $2^8 - 1 = 255$.

Format citra ini disebut skala keabuan karena pada umumnya warna yang dipakai adalah antara hitam sebagai warna minimal dan warna putih sebagai warna maksimalnya, sehingga warna antaranya adalah abu-abu. Namun pada prakteknya warna yang dipakai tidak terbatas pada abu-abu, sebagai contoh dipilih warna minimalnya adalah putih dan warna maksimalnya adalah merah, maka semakin besar nilainya semakin besar pula intensitas warna merahnya (Achmad dan Kartika, 2005).

Histogram merupakan alat yang berguna untuk melihat profil intensitas dari suatu citra. Histogram memberikan gambaran tentang komposisi citra, informasi tentang kontras, dan distribusi intensitas citra secara keseluruhan. Sebuah histogram disajikan melalui sebuah diagram batang, dimana nilai intensitas pixel ditempatkan pada sumbu x, dan banyak setiap intensitas pixel ditempatkan pada

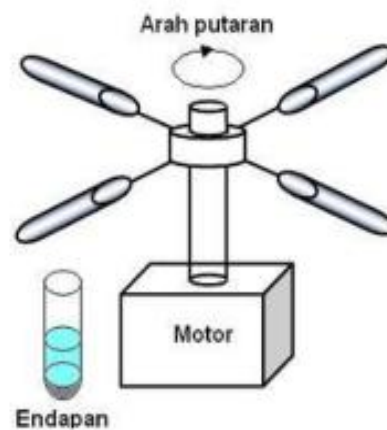
sumbu y. Suatu citra yang gelap akan memiliki distribusi pixel di sebelah kiri lebih banyak. Sedangkan citra yang cerah memiliki distribusi pixel di sebelah kanan lebih banyak. Pada citra yang ideal, distribusi pixel akan merata pada setiap nilai intensitas histogram.

9. Sentrifugasi

Sentrifugasi merupakan suatu cara mekanis untuk memisahkan komponen-komponen dari campuran cairan atau campuran cairan dan partikel padat dengan menggunakan gaya pemusingan (sentrifugal) yang lebih besar daripada gaya gravitasi sehingga mempercepat laju pengendapan fasa terdispersi. Umumnya, sentrifugasi digunakan untuk memisahkan komponen tak larut (*insoluble*) dari media cair (Ford dan Graham, 1991).

Pemisahan suspensi dalam jumlah sedikit, dapat dilakukan dengan sentrifugasi. Sentrifugasi digunakan untuk memisahkan padatan yang ukurannya cukup kecil dan tersebar merata dalam cairan. Volume campuran yang akan dipisahkan biasanya sedikit sehingga tidak mungkin untuk disaring. Campuran yang akan dipisahkan dimasukkan dalam tabung, kemudian tabung dimasukkan ke dalam alat sentrifugasi. Selain itu, digunakan tabung lain yang berisi cairan sebagai penyeimbang. Di dalam alat sentrifugasi, tabung diputar dengan cepat. Karena adanya gaya sentrifugal, maka padatan akan terkumpul di bagian bawah tabung sehingga memudahkan untuk dipisahkan dari cairan.

Sentrifugasi adalah pemisahan dengan menggunakan gaya putaran atau gaya sentrifugal. Metode ini dimaksudkan untuk mempercepat proses pengendapan dengan memberikan gaya sentrifugasi pada partikel-partikelnya. Pemisahan sentrifugal menggunakan prinsip dimana objek diputar secara horizontal pada jarak tertentu. Apabila objek berotasi di dalam tabung atau silinder yang berisi campuran cairan dan partikel, maka campuran tersebut dapat bergerak menuju pusat rotasi, namun hal tersebut tidak terjadi karena adanya gaya yang berlawanan yang menuju ke arah dinding luar silinder atau tabung, gaya tersebut adalah gaya sentrifugasi. Penggambaran teknik sentrifugasi dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Pengendapan dengan teknik sentrifugasi.