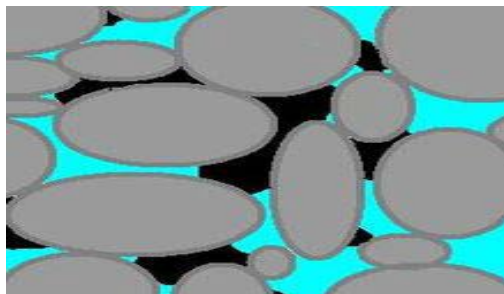


BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pembentukan Minyak Bumi

Minyak bumi (bahasa Inggris: *petroleum*, dari bahasa Latin: *petrus*), dijuluki juga sebagai *emas hitam* adalah cairan kental, coklat gelap, atau kehijauan yang mudah terbakar, yang berada di lapisan atas dari beberapa area di kerak bumi. Minyak bumi dan gas alam berasal dari jasad renik lautan, tumbuhan dan hewan yang mati sekitar 150 juta tahun yang lalu. Sisa-sisa organisme tersebut mengendap di dasar lautan, kemudian ditutupi oleh lumpur. Lapisan lumpur tersebut lambat laun berubah menjadi batuan karena pengaruh tekanan lapisan di atasnya. Sementara itu, dengan meningkatnya tekanan dan suhu, bakteri anaerob menguraikan sisa-sisa jasad renik tersebut dan mengubahnya menjadi minyak dan gas.



Gambar 2.1. Pori batuan

- Abu-abu adalah pasir
- Biru adalah air
- Hitam adalah minyak

Proses pembentukan minyak bumi dan gas ini memakan waktu jutaan tahun. Minyak dan gas yang terbentuk meresap dalam batuan yang berpori seperti air dalam batu karang. Minyak dan gas dapat pula bermigrasi dari suatu daerah ke daerah lain,

kemudian terkonsentrasi jika terhalang oleh lapisan yang kedap. Walaupun minyak bumi dan gas alam terbentuk di dasar lautan, banyak sumber minyak bumi yang terdapat di daratan. Hal ini terjadi karena pergerakan kulit bumi, sehingga sebagian lautan menjadi daratan.

Ada tiga macam teori yang menjelaskan proses terbentuknya minyak dan gas bumi. Teori pertama adalah teori biogenetik atau lebih dikenal dengan teori organik. Yang kedua adalah teori anorganik, sedangkan yang ketiga adalah teori duplex yang merupakan perpaduan dari kedua teori sebelumnya. Teori duplex yang banyak diterima oleh kalangan luas menjelaskan bahwa minyak dan gas bumi berasal dari berbagai jenis organisme laut baik hewani maupun nabati.

Di perkirakan bahwa minyak bumi berasal dari materi hewani dan gas bumi berasal dari materi nabati. Yang jelas minyak dan gas bumi terdiri dari senyawa kompleks yang unsur utamanya adalah karbon (C) dan unsur hidrogen (H). Secara sederhana senyawa ini dapat ditulis dengan rumus kimia C_xH_y , sehingga sering disebut sebagai senyawa hidrokarbon.

Pada zaman purba, di darat dan di laut hidup beraneka ragam binatang dan tumbuh-tumbuhan. Binatang serta tumbuh-tumbuhan yang mati ataupun punah itu akhirnya tertimbun di bawah endapan Lumpur. Endapan Lumpur ini kemudian di hanyutkan oleh arus sungai menuju lautan, bersama bahan organik lainnya dari daratan.

Akibat pengaruh waktu, temperatur tinggi dan tekanan beban lapisan batuan di atasnya binatang serta tumbuh-tumbuhan yang mati tadi berubah menjadi bintik-bintik dan gelembung minyak atau gas.

Akibat pengaruh yang sama, maka endapan Lumpur berubah menjadi batuan sediment. Batuan lunak yang berasal dari Lumpur yang mengandung bintik-bintik minyak dikenal sebagai batuan induk. Selanjutnya minyak dan gas ini akan bermigrasi menuju tempat yang bertekanan lebih rendah dan akhirnya terakumulasi di tempat yang disebut perangkap (trap).

Suatu perangkap dapat mengandung:

- Minyak, gas, dan air
- Minyak dan air
- Gas dan air

Karena perbedaan berat jenis, apabila ketiga-tiganya berada dalam suatu perangkat dan berada dalam keadaan stabil, gas senantiasa berada di atas, minyak di tengah dan air di bagian bawah. Gas yang terdapat bersama-sama minyak bumi disebut *associated gas* sedangkan yang terdapat sendiri dalam suatu perangkat disebut *non-associated gas*.

Dalam proses pembentukan minyak bumi diperlukan waktu yang masih belum bisa ditentukan sehingga mengenai hal ini masih terdapat pendapat yang berbeda-beda. Ada yang mengatakan ribuan tahun, ada yang mengatakan jutaan tahun bahkan ada yang mengatakan lebih dari itu (anonim, 2008).

2.2. Surfaktan

Istilah surfaktan (*surface active agent*) pada umumnya digunakan untuk menggambarkan molekul yang berinteraksi pada permukaan cairan. Surfaktan terdiri dari dua bagian, yaitu gugus hidrofobik dan hidrofilik. Surfaktan dapat digunakan dalam sistem cairan ataupun bukan cairan. Pernyataan lain adalah amfifil yang mengingatkan bahwa molekul atau ion mempunyai afinitas tertentu baik terhadap pelarut polar maupun nonpolar. Sebagai contoh, alkohol – alkohol rantai lurus, amina – amina dan asam – asam adalah amfifil yang berubah dari hidrofilik dominan menjadi lipofilik apabila jumlah atom karbon dalam rantai alkil naik. Amfifilik merupakan sifat dari zat aktif permukaan yang menyebabkan zat ini diadsorpsi pada antarmuka, apakah ini cair/gas atau cair/cair. Jadi dalam suatu disperse dalam air dari amil alkohol, gugus alkoholik polar dapat bergabung dengan molekul – molekul air (Miller, 1930).

Surfaktan merupakan senyawa yang dapat menurunkan tegangan permukaan dari suatu larutan, tegangan antarmuka antara dua larutan, atau bahkan tegangan antarmuka antara larutan dan zat padat. Surfaktan dapat berfungsi sebagai detergen, zat pembasah, emulsifier, zat pembusa dan zat pendispersi (Rosen, 2010)

Apabila pada permukaan antara dua fasa yang bersih (seperti gas-cairan dan cairan-cairan) ditambahkan komponen ketiga, maka komponen ketiga ini akan teradsorpsi pada permukaan dan komponen ini akan sangat mempengaruhi sifat permukaan. Adsorpsi molekul zat terlarut dari larutan oleh permukaan padatan biasanya hanya membentuk monolayer. Adsorben polar cenderung untuk

mengadsorbsi adsorbat polar secara kuat dan mengadsorbsi adsorbat nonpolar secara lemah. Sebaliknya adsorben nonpolar cenderung untuk mengadsorbsi secara kuat adsorbat nonpolar dan mengadsorbsi adsorbat polar secara lemah (Alberty, dkk,1984).

Surfaktan dapat menurunkan tegangan permukaan dengan baik jika digunakan dalam konsentrasi yang sangat rendah. Contohnya Softanol 90 menurunkan tegangan permukaan air dari 73 menjadi 30 dyne/cm pada konsentrasi 0,005% dan etanol pada konsentrasi 20% menurunkan tegangan permukaan air menjadi 38 dyne/cm, sebagaimana terlihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1. Perubahan tegangan permukaan oleh konsentrasi surfaktan

Tegangan permukaan air (dyne/cm)	73	50	40	30	22
Softanol 90	0	0,003	0,005	0,008	-
Etanol	0	9	18	40	100

2.2.1. Pembagian Surfaktan

Pada umumnya gugus hidrofobik merupakan gugus hidrokarbon yang berantai panjang dan gugus hidrofil merupakan gugus yang mempunyai kepolaran yang tinggi yang dapat meningkatkan kelarutan. Berdasarkan sifat dari gugus hidrofiliknya surfaktan dibagi menjadi empat jenis, yaitu :

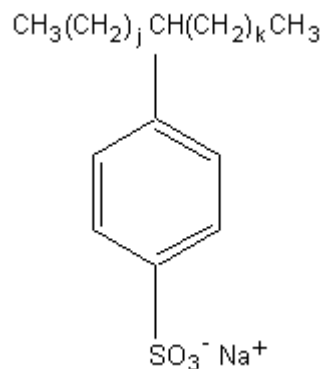
- Anionik, yaitu surfaktan dengan bagian aktif permukaannya mengandung muatan negatif. Contohnya $\text{RC}_6\text{H}_4\text{SO}_3^-\text{Na}^+$ (alkil benzena sulfonat).
- Kationik, yaitu surfaktan dengan bagian aktif permukaan mengandung muatan positif. Contohnya $\text{RNH}_3^+\text{Cl}^-$ (garam amina rantai panjang).
- Nonionik, yaitu surfaktan dengan bagian aktif tidak mengandung muatan apapun. Contohnya $\text{ROCH}_2\text{CH}_2\text{O}$ -(polioksietilen).
- Ampoterik atau zwitterionik yaitu surfaktan yang mengandung muatan negatif maupun muatan positif pada bagian aktif permukaannya. Contohnya $\text{RN}^+(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SO}_3^-$ (sulfobetin) (Miller, 1930).

2.2.2. Surfaktan Anionik

Surfaktan anionik merupakan komponen utama dari detergen, dimana penjualannya mencapai 60 juta dolar di seluruh pasar Dunia. Surfaktan anionik juga digunakan dalam pembersih permukaan, produk perawatan tubuh, bahan – bahan farmasi dan lain sebagainya. Di dalam berbagai aplikasi, surfaktan anionik dicampur dengan surfaktan anionik lainnya ataupun surfaktan nonionik untuk mendapatkan sifat – sifat yang diinginkan seperti penurunan tegangan permukaan, penurunan tegangan antarmuka, kelarutan substrat minyak dan lain sebagainya (Khan, dkk, 1999).

Sifat hidrofiliknya berasal dari bagian kepala ionik yang biasanya merupakan gugus sulfat atau sulfonat. Pada kasus ini, gugus hidrofob diikat ke bagian hidrofil dengan ikatan C-O-S yang labil, yang mudah dihidrolisis. Beberapa contoh dari surfaktan anionik adalah linier alkilbenzen sulfonat (LAS), alkohol sulfat (AS), alpha olefin sulfonat (AOS) dan parafin atau secondary alkana sulfonat (SAS) (Permono, 2003).

Struktur dari LAS seperti terlihat pada gambar :



Gambar 2.2. Struktur Linear alkilbenzen sulfonat

Dalam hal ini nilai $j + k$ adalah antara 7 sampai 11 (Kosswig, 2005).

Berikut merupakan sifat-sifat umum dari surfaktan anionik :

- Jenis surfaktan yang paling besar (jumlahnya)
- Tidak kompatibel dengan jenis surfaktan kationik
- Sensitif terhadap air sadah atau hard water. Derajat sensitifitasnya :
karboksilat > fosfat > sulfat (sulfonat)
- Rantai pendek polioksietilen antara gugus anionik dan hidrokarbon meningkatkan toleransi terhadap garam

- Rantai pendek polioksipropilene antara gugus anionik dan hidrokarbon meningkatkan kelarutan dalam solven organik.
- Jenis sulfat mudah terhidrolisa oleh asam-asam dalam proses autokatalitik. Jenis yang lain stabil, asalkan tidak digunakan pada kondisi ekstrim (Porter, 1994).

2.3. Tegangan Permukaan

Tegangan permukaan γ dari suatu cairan adalah gaya per satuan panjang pada permukaan yang menurunkan pemanjangan daerah permukaan. Definisi ini diilustrasikan berdasarkan percobaan, dimana perpindahan pembatas didorong oleh gaya F untuk memperluas film cairan yang diperpanjang seperti film gelembung sabun dalam suatu bingkai wayar. Tegangan permukaan dari ilustrasi ini dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\gamma = \frac{F}{2l}$$

Dimana l adalah panjang pembatas, dan faktor 2 karena terdapat dua permukaan larutan, satu pada bagian depan dan satu lagi pada bagian belakang. Tegangan permukaan air pada suhu 25 °C adalah $71,97 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$ (Alberty, 1988).

Tegangan permukaan disebabkan karena adanya kecenderungan permukaan cairan untuk memperkecil luas permukaan secara spontan. Pada tingkat molekuler hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut : molekul yang berada di dalam cairan akan mengalami gaya tarik-menarik (gaya Van der Waals) yang sama besarnya ke segala arah. Tetapi, molekul pada permukaan cairan akan mengalami gaya resultan yang mengarah ke dalam cairan dan akibatnya molekul dipermukaan cenderung untuk meninggalkan permukaan masuk ke dalam cairan sehingga permukaan cairan cenderung untuk menyusut. Hal ini pulalah yang menyebabkan butiran cairan atau gelembung gas cenderung untuk membentuk lingkaran (karena pada lingkaran nisbah luas permukaan-volume minimum).

Tegangan permukaan yang dapat diukur bukan hanya tegangan permukaan antara permukaan cairan dan gas, tetapi juga tegangan permukaan antara permukaan dua cairan (kadang-kadang disebut juga tegangan antarpermukaan). Nilai tegangan

permukaan antara permukaan dua cairan biasanya terletak antara nilai tegangan permukaan cairan-gas masing-masing cairan. Hal ini dapat dilihat pada tabel :

Tabel 2.2. Tegangan permukaan cairan

Cairan	Tegangan permukaan dengan udara (N m ⁻¹)	Tegangan permukaan dengan air (N m ⁻¹)
Air	72,75	-
Benzena	28,88	35,0
CCl ₄	26,80	45,1
Air raksa	485	375

(Bird, 1993).

Persamaan Young-Laplace adalah persamaan diferensial parsial nonlinear yang menggambarkan perbedaan tekanan kapiler di antarmuka antara dua cairan statis , seperti air dan udara , karena fenomena tegangan permukaan atau ketegangan dinding , meskipun penggunaan akhir-akhir ini hanya berlaku jika asumsi bahwa dinding sangat tipis. Persamaan Laplace Young-perbedaan tekanan berkaitan dengan bentuk permukaan atau dinding dan secara mendasar penting dalam studi statis permukaan kapiler . Keseimbangan tegangan untuk larutan statis bertemu pada antarmuka , dimana antarmuka dianggap sebagai permukaan(titik nol):

$$\begin{aligned}
 \Delta p &= -\gamma \nabla \cdot \hat{n} \\
 &= 2\gamma H \\
 &= \gamma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)
 \end{aligned}$$

Dalam hal ini Δp adalah perbedaan tekanan di antarmuka fluida, γ adalah tegangan permukaan, \hat{n} adalah titik normal permukaan, H adalah kelengkungan rata-rata, dan R_1, R_2 adalah jari-jari kelengkungan(Batchelor, 1967).

2.3.1. Kohesi dan Adhesi

Adhesi adalah kemampuan dari partikel-partikel yang tidak sejenis untuk saling tarik-menarik satu sama lain, dimana kohesi adalah kemampuan dari partikel-partikel sejenis untuk saling tarik-menarik satu sama lain (Israelachvili, 1985).

Bahan-bahan adhesif mengisi rongga-rongga ataupun pori-pori dari permukaan dan mengikat permukaan dengan ikatan dalam. Adapun adhesi dapat terjadi melalui beberapa cara, meliputi :

- Adhesi kimia

Dua bahan dapat membentuk senyawa sebagai bentuk gabungannya melalui pemakaian elektron bersama (ikatan ionik dan kovalen) ataupun dalam bentuk yang lebih lemah yaitu dengan ikatan hidrogen.

- Adhesi dispersi

Dalam hal ini adhesi terjadi melalui adanya ikatan van der Waals antara molekul-molekul yang tidak sejenis.

- Adhesi elektrostatis

Beberapa bahan konduktor dapat melewatkan elektron-elektron untuk membentuk suatu perbedaan muatan listrik sebagai gabungannya.

- Adhesi difusi

Pada beberapa bahan dapat terjadi penggabungan molekul yang berbeda pada suatu bagian yang sama melalui difusi (Kendall, 1994).

Kerja adhesi adalah pemisahan untuk membentuk dua permukaan baru dari satu antarmuka:

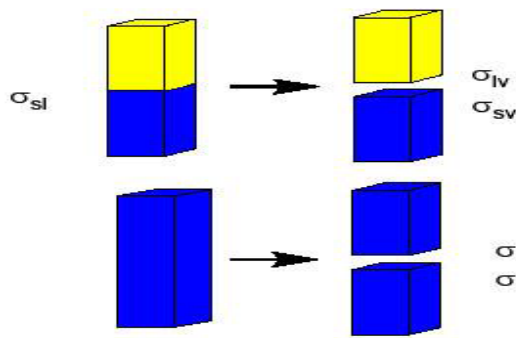
$$W^{adh} = \sigma_{sv} + \sigma_{lv} - \sigma_{sl}$$

Kerja kohesi adalah pemisahan untuk membentuk dua permukaan baru:

$$W^{koh} = 2\sigma$$

Dengan menggunakan persamaan Young-Dupre :

$$W^{adh} = \sigma_{lv} \cos \theta + \sigma_{lv}$$



Gambar 2.3. Kerja adhesi dan kohesi

2.3.2. Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Tegangan Permukaan

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi tegangan permukaan, yaitu :

- Elektrolit

Adanya elektrolit dapat menyebabkan kenaikan tegangan permukaan, sehingga disebut juga *negative surface activity* (Sukardjo, 1985).

- Temperatur

Tegangan permukaan cairan menurun dengan naiknya temperatur dan bernilai nol pada temperatur kritis.

- Tekanan

Tegangan permukaan cairan berbanding lurus dengan tekanan, sehingga jika tekanan naik maka tegangan permukaan cairan tersebut juga meningkat dan sebaliknya jika tekanan menurun maka tegangan permukaan cairan juga turun.

- Zat terlarut

Adanya penambahan zat terlarut ke dalam suatu larutan dapat menurunkan tegangan permukaan larutan tersebut karena zat terlarut menurunkan besarnya energi Gibbs yang berdampak pada menurunnya tegangan permukaan (Alberty, 1988).

- Luas permukaan bidang

Besarnya tegangan permukaan berbanding terbalik dengan luas permukaan bidang, maka semakin luas permukaan bidang menyebabkan tegangan permukaan menurun.

- **Konsentrasi**

Semakin besar konsentrasi maka nilai tegangan permukaan juga semakin besar, demikian pula sebaliknya bila konsentrasi menurun maka tegangan permukaan cairan juga menurun.

- **Densitas**

Densitas berhubungan lurus dengan tegangan permukaan suatu cairan sehingga semakin besar densitas tegangan permukaan cairan tersebut juga semakin besar (Glasstone, 1959).

2.3.3. Metode Penentuan Tegangan Permukaan

Dalam penentuan energi bebas permukaan, perlu diingat kenyataan penting yang sangat mendasar. Ada beberapa metode yang berbeda untuk menentukan energi bebas permukaan, namun tidak satupun yang dapat menentukannya secara langsung.

Biasanya melalui penentuan beberapa parameter lainnya dan tegangan permukaan dihitung berdasarkan beberapa perhitungan secara matematis. Penentuan tegangan permukaan dibedakan menjadi dua, yaitu metode dinamis dan statis. Adapun contoh penentuan tegangan permukaan tersebut adalah :

a. Penentuan tegangan permukaan dengan metode statis :

- Kenaikan kapiler
- Sessile drop
- Pendant drop
- Berat tetes (lambat)
- Tekanan gelembung maksimum
- Plat Wilhelmy

b. Penentuan tegangan permukaan dengan metode dinamis :

- Gelombang kapiler
- Unstable jets
- Cincin Du Nouy (cepat)
- Drop Weight (cepat)
- Plat Wilhelmy
- Spinning drop

Untuk penentuan tegangan permukaan dibawah sekitar 1 dyne/cm hampir seluruh metode dapat digunakan, tetapi pengukuran tegangan antarmuka dapat meliputi beberapa kendala penelitian. Untuk pengukuran tegangan antarmuka dengan nilai dibawah sekitar 1 dyne/cm dapat dilakukan dengan menggunakan metode cincin Du Nouy, plat Wilhelmy, sessile drop, ataupun pendant drop. Untuk penentuan tegangan antarmuka yang sangat rendah lebih sering menggunakan metode spinning drop.

2.3.4. Metode Cincin Du Nouy

Dalam metode ini yang diukur adalah gaya yang dibutuhkan untuk mengangkat cincin dari permukaan cairan. Gaya ini diukur dengan jalan mencelupkan cincin yang digantung pada lengan neraca dan perlahan – lahan mengangkatnya sampai cincin tersebut meninggalkan cairan. Metode ini tidak hanya dapat digunakan mengukur tegangan permukaan cairan-udara, tetapi juga dapat digunakan mengukur tegangan permukaan cairan-cairan seperti misalnya tegangan permukaan minyak-air.

Gaya yang dibutuhkan untuk mengangkat cincin dari permukaan air dapat dihitung dari persamaan :

$$\gamma = \frac{\beta F}{4\pi R}$$

R = Jari – jari rata – rata cincin

F = Gaya yang dibutuhkan untuk mengangkat cincin dari permukaan

β = Faktor koreksi yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$(\beta - a)^2 = \left(\frac{4b}{\pi^2}\right) \left(\frac{1}{R^2}\right) \left(\frac{F}{4\pi R(\rho_1 - \rho_2)}\right) + c$$

a = 0,725

b = 0,09075 m⁻¹ det²

c = 0,04534 – 1,679 $\frac{r}{R}$

r = jari – jari kawat yang digunakan untuk membuat cincin

R = jari – jari rata – rata lingkaran

ρ_1 = massa jenis cairan yang berada di bawah

ρ_2 = massa jenis cairan yang berada di atas (Bird, 1993)

2.4. Viskositas

Diantara semua sifat – sifat fluida, viskositas memerlukan perhatian yang terbesar dalam telaahan tentang aliran fluida. Viskositas adalah sifat fluida yang mendasari diberikannya tahanan terhadap tegangan geser oleh fluida tersebut. Hukum viskositas Newton menyatakan bahwa untuk laju perubahan bentuk sudut fluida yang tertentu maka tegangan geser berbanding lurus dengan viskositas.

Viskositas gas meningkat dengan suhu, tetapi viskositas cairan berkurang dengan naiknya suhu. Perbedaan dalam kecenderungan terhadap suhu tersebut dapat diterangkan dengan menyimak penyebab – penyebab viskositas. Tahanan suatu fluida terhadap tegangan geser tergantung pada kohesinya dan pada laju perpindahan momentum molekularnya. Cairan dengan molekul – molekul yang jauh lebih rapat daripada gas mempunyai gaya – gaya kohesi yang jauh lebih besar daripada gas. Kohesi nampaknya merupakan penyebab utama viskositas dalam cairan, dan karena kohesi berkurang dengan naiknya suhu, maka demikian pula viskositas. Sebaliknya, gas mempunyai gaya – gaya kohesi yang sangat kecil. Sebagian besar dari tahanannya terhadap tegangan geser merupakan akibat perpindahan momentum molekular (Sukardjo, 2002).

Perilaku zat cair, terutama air banyak dipelajari dalam bidang teknik sipil, sedangkan gas banyak dipelajari dalam bidang teknik mesin, kimia, aeronotika, dan sebagainya. Zat cair mempunyai beberapa sifat berikut ini :

- Apabila ruangan lebih besar dari volume zat cair, akan terbentuk permukaan bebas horizontal yang berhubungan dengan atmosfer
- Mempunyai rapat massa dan berat jenis
- Dapat dianggap tidak termampatkan
- Mempunyai kohesi, adhesi dan tegangan permukaan
- Mempunyai viskositas (kekentalan) (Wylie, 1992)

Viskositas merupakan ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida. Di dalam Satuan Internasional (SI), satuan viskositas adalah N s m^{-2} ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$) atau Pa s (Paskal sekon). Di dalam CGS satuan viskositas adalah dyne s cm^{-2} ($\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$). Satuan ini disebut Poise diberi simbol P ($1 \text{ poise} = 0,1 \text{ Pa s}$). Ini merupakan

penghargaan kepada ilmuwan Prancis, “Poisseeuille” yang menurunkan rumus penentuan viskositas dan metode untuk menentukan viskositas larutan. Satuan viskositas lain adalah centipoises (1/100 poise) dan millipoise (1/1000 poise) (Yazid, 2005).

Koefisien viskositas adalah kekuatan dalam dyne yang menggunakan tekanan di antara dua lapisan sejajar, dapat juga dianggap sebagai gaya per satuan luas yang diperlukan untuk menggerakkan ataupun memindahkan satu lapisan cairan yang mempunyai kecepatan 1 cm det^{-1} melewati garis sejajar yang lain yang berjarak 1 cm.

Ketika suatu zat cair mengalir melalui suatu pipa, lapisan dari cairan dalam kontak dengan dinding pipa adalah tetap dimana cairan pada pusatnya mempunyai kecepatan yang tertinggi untuk mengalir. Konstanta η adalah koefisien viskositas dalam unit cgs mempunyai dimensi $\text{gcm}^{-1}\text{det}^{-1}$ dan unitnya adalah poise. Kuantitas lain adalah fluiditas, $f = 1/\eta$ dan viskositas kinematik (ν) didefinisikan sebagai viskositas dibagi densitas ($\nu = \eta /d$) (Findlay, 1960).

2.4.1. Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Viskositas

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi viskositas, yaitu :

- Tekanan

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

- Temperatur

Viskositas cairan akan turun dengan naiknya temperatur, sedangkan viskositas gas naik dengan naiknya temperatur. Pemanasan zat cair menyebabkan molekul – molekulnya memperoleh energi. Molekul –molekul cairan bergerak sehingga gaya interaksi antar molekul melemah. Dengan demikian viskositas cairan akan turun dengan kenaikan temperatur.

- Kehadiran zat lain

Penambahan gula tebu meningkatkan viskositas air. Adanya bahan tambahan seperti bahan suspensi (misalnya albumin dan globulin) menaikkan viskositas air. Pada minyak ataupun gliserin adanya penambahan air akan menyebabkan viskositas akan turun karena gliserin ataupun minyak akan semakin encer, waktu alirnya pun akan semakin cepat.

- Ukuran dan berat molekul

Viskositas naik dengan naiknya berat molekul. Misalnya laju aliran alkohol cepat, larutan minyak laju alirannya lambat dan kekentalannya tinggi. Larutan minyak misalnya CPO memiliki kekentalan tinggi serta laju aliran lambat sehingga viskositas juga tinggi.

- Bentuk molekul

Viskositas akan naik jika ikatan rangkap semakin tinggi.

- Kekuatan antar molekul

Viskositas air naik dengan adanya ikatan hidrogen, viskositas CPO dengan gugus OH pada trigliseridanya naik pada keadaan yang sama (Alberty, dkk, 1984).

- Konsentrasi

Untuk suatu larutan viskositasnya bergantung pada konsentrasi atau kepekatan larutan. Umumnya larutan yang konsentrasinya tinggi, viskositasnya juga tinggi. Sebaliknya larutan yang viskositasnya rendah, konsentrasinya juga rendah (Sukardjo, 2002).

2.4.2. Metode Penentuan Viskositas dengan Viskosimeter Ostwald

Viskositas suatu cairan murni atau larutan merupakan indeks hambatan alir cairan. Viskositas dapat diukur dengan mengukur laju alir cairan yang melalui tabung berbentuk silinder. Cara ini merupakan salah satu cara yang paling mudah dan dapat digunakan baik dalam cairan maupun gas.

Pada viskosimeter Ostwald, yang diukur adalah waktu yang dibutuhkan oleh sejumlah tertentu cairan untuk mengalir melalui pipa kapiler dengan gaya yang disebabkan oleh berat cairan itu sendiri. Pada percobaan sebenarnya, sejumlah tertentu cairan (misalkan 10 cm^3 , bergantung pada ukuran viskosimeter) dipipet ke dalam viskosimeter. Cairan kemudian dihisap melalui labu pengukur dari viskosimeter sampai permukaan cairan lebih tinggi dari batas atas. Cairan kemudian dibiarkan turun.

Ketika permukaan cairan turun melewati batas atas, stopwatch mulai dinyalakan dan ketika cairan melewati batas bawah, stopwatch dimatikan. Jadi,

waktu yang dibutuhkan cairan untuk melalui jarak antara batas atas dan batas bawah dapat ditentukan (Bird, 1993).

Pengukuran viskosimeter Ostwald dapat dihitung berdasarkan Hukum Poiseuille berikut :

$$\eta = \frac{\pi P r^4 t}{8 V l}$$

η = viskositas larutan

V = total volume larutan

t = waktu yang dibutuhkan larutan dengan volume V untuk mengalir melalui viskometer

P = tekanan yang bekerja pada cairan

l = panjang pipa

Pengukuran viskositas yang tepat dengan cara di atas sulit dicapai. Hal ini disebabkan harga r dan l sukar ditentukan secara tepat. Kesalahan pengukuran terutama r sangat besar pengaruhnya karena harga ini dipangkatkan empat. Untuk menghindari kesalahan tersebut dalam prakteknya digunakan cairan pembanding.

Untuk dua cairan yang berbeda dengan pengukuran alat yang sama diperoleh hubungan :

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\pi R^4 (P_t)_1}{8 V l} \times \frac{8 V l}{\pi R^4 (P_t)_2}$$

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{(P_t)_1}{(P_t)_2} \times \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2}$$

Karena tekanan berbanding lurus dengan rapatannya cairan, maka berlaku :

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{d_1 t_1}{d_2 t_2}$$

η_1 = viskositas air (poise)

η_2 = viskositas larutan yang diuji (poise)

d_1 = densitas air (g/ml)

d_2 = densitas larutan yang diuji (g/ml)

t_1 = waktu alir air (detik)

t_2 = waktu alir larutan yang diuji (detik)

Jadi, bila η dan d cairan pembanding diketahui, maka dengan mengukur waktu yang diperlukan untuk mengalir kedua cairan melalui alat yang sama dapat ditentukan η cairan yang sudah diketahui rapatannya (Sukardjo, 2002). Tabel 2.3 memperlihatkan viskositas beberapa cairan pada suhu yang berbeda-beda.

Tabel 2.3. Viskositas cairan pada berbagai suhu (dalam satuan Poise)

Cairan	Suhu °C					
	0	10	20	30	40	50
Air	0,0179	0,013	0,0101	0,0080	0,0065	0,0055
Gliserin	105,9	34,4	13,4	6,29	2,89	1,41
Anilin	0,102	0,065	0,0044	0,0316	0,0237	0,0185
Bensin	0,0091	0,0076	0,0065	0,0056	0,0050	0,0044
Etanol	0,0177	0,0147	0,012	0,0100	0,0083	0,007
Minyak lobak	25,3	3,85	1,63	0,96	-	-

(Bird, 1987)