

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara

Udara merupakan faktor yang penting dalam kehidupan. Namun pada era modern ini, sejalan dengan perkembangan pembangunan fisik kota dan pusat-pusat industri, serta berkembangnya transportasi, maka kualitas udara pun mengalami perubahan. Perubahan ini menyebabkan terjadinya pencemaran udara, atau, sebagai berubahnya salah satu komposisi udara dari keadaan yang normal; yaitu masuknya zat pencemar (berbentuk gas-gas dan partikel kecil/aerosol) ke dalam udara dalam jumlah tertentu untuk jangka waktu yang cukup lama, sehingga dapat mengganggu kehidupan manusia, hewan, dan tanaman[17].

Sumber pencemaran udara berasal dari kegiatan yang bersifat alami dan kegiatan *antropogenik*. Contoh sumber alami adalah akibat letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan dan lain sebagainya. Pencemaran *antropogenik* atau akibat kegiatan manusia secara kuantitatif lebih besar, misalnya sumber pencemar akibat aktivitas transportasi, industri, persampahan baik akibat proses dekomposisi ataupun pembakaran . Dilihat dari ciri fisik, bahan pencemar dapat berupa:

- a. Partikel (debu, *aerosol*, timah hitam).
- b. Gas (CO, NO_x, SO_x, H₂S dan HC).
- c. Energi (suhu dan kebisingan).

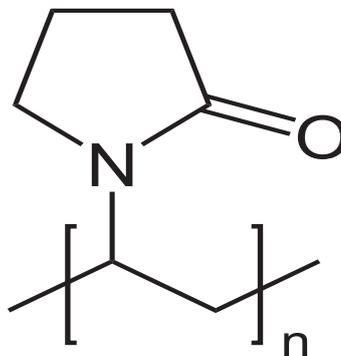
Berdasarkan dari kejadian, terbentuknya pencemar terdiri dari :

- a. Pencemar primer (yang diemisikan langsung dari sumbernya).
- b. Pencemar sekunder (yang terbentuk karena reaksi di udara antara berbagai zat)[17].

2.2 Polimer *Polyvinilpyrrolidon* (PVP)

Polivinilpyrrolidon (PVP), juga biasa disebut *polyvidone* atau *povidone*. PVP merupakan polimer sintetik yang terbuat dari bahan baku utama *1-etilpirolidin-2-one*, dengan berbagai tingkat polimerisasi yang menghasilkan polimer dengan berbagai bobot molekul. Molekul ini merupakan hasil modifikasi dari *asetilen*, ditemukan oleh Reppe. PVP termasuk homopolimer, yaitu polimer yang tersusun atas hanya satu jenis monomer atau seragam, walaupun terdapat modifikasinya menjadi kopolimer (molekul yang tersusun atas lebih dari satu jenis monomer).

Lebih dari 70 tahun PVP telah luas digunakan, khususnya dalam bidang industri farmasi, kosmetika, dan makanan dengan fungsi yang beragam. Hal ini disebabkan diversitas kebutuhan oleh masing-masing bidang industri Rantai polimer dari PVP dapat lihat pada gambar 2.1. Karakteristiknya putih bubuk putih krem. Larut dalam air dan berbagai pelarut organik. PVP adalah polimer vinil yang banyak digunakan untuk mengembangkan produk dari media pengiriman obat. PVP memiliki sifat hidrofilik sehingga banyak digunakan karena tidak beracun dan memiliki biokompatibilitas yang baik[9].

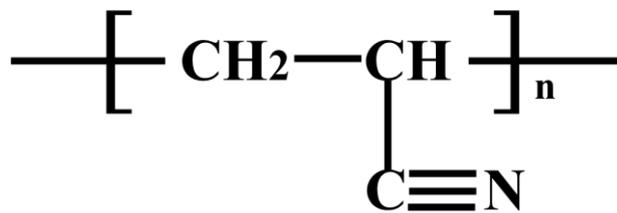


Gambar 2. 1 Rantai polimer PVP[18].

2.3 Polimer *Polyacrylonitrile* (PAN)

Polyacrylonitrile merupakan polimer organik, hasil sintesis secara kimia oleh monomer-monomer *acrylonitrile*. Rantai polimer dari *acrylonitrile* dapat dilihat

pada Gambar 2.2. *Nanoserat* untuk aplikasi filtrasi udara telah dibuat dari berbagai polimer, salah satu bahannya adalah *Polyacrylonitrile* (PAN) [15]. PAN dikenal juga sebagai polimer sintetik semikristalin. PAN merupakan polimer yang penting dan sering digunakan dalam bidang biomedis karena harganya yang murah dan kekuatan termalnya yang baik [19]. PAN yang tidak meleleh pada kondisi normal, namun akan terdegradasi sebelum menyentuh titik lelehnya pada suhu 300 °C jika dipanaskan dengan kenaikan rentang pemanasan 50 °C atau lebih.



Gambar 2.2 Rantai polimer PAN [19].

PAN merupakan polimer yang memiliki kemampuan *pemintalan elektrik* yang sangat baik dengan pelarut *dimethylformamide* (DMF), serta dapat menghasilkan serat yang stabil dan seragam [20]. *Nanoserat* dari polimer PAN dapat menjadi media filtrasi yang baik karena sifat yang hidrofobik dan tidak larut dalam air [21].

2.4 Komposit

Komposit merupakan sistem yang tersusun dari pencampuran dua material atau lebih yang berbeda, dalam bentuk dan komposisi material yang tidak larut satu sama lain. Pada umumnya bahan komposit adalah bahan yang memiliki beberapa sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya. Dalam pengertian ini sudah tentu kombinasi tersebut tidak terbatas pada bahan matriknya.

Kata komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana material komposit adalah material gabungan dari

dua atau lebih material yang berlainan. Jadi komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari beberapa material pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat.

Sifat maupun Karakteristik dari komposit ditentukan oleh:

1. Material yang menjadi penyusun komposit. Karakteristik komposit. ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun, menurut rule of mixture sehingga hasilnya akan berbanding secara proporsional.
2. Bentuk dan penyusunan structural dari komposit. Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit.
3. Interaksi antar penyusun. Bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit itu[22].

2.5 Hidrofobitas

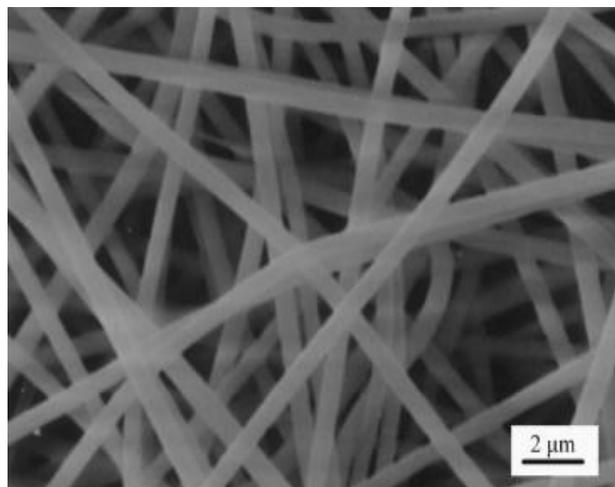
Hidrofobitas adalah sifat fisik dari suatu molekul (disebut sebagai molekul hidrofobik) yang tampaknya ditolak dari massa air. (Sebenarnya, tidak ada kekuatan tolakan yang terlibat, hal ini disebabkan karena tidak adanya daya tarik). Sebaliknya, hidrofilik merupakan senyawa yang tertarik pada air. Molekul hidrofobik cenderung nonpolar dan dengan demikian, lebih memilih molekul netral dan pelarut nonpolar lainnya. Karena molekul air bersifat polar, hidrofobik tidak larut baik di antara mereka. Molekul hidrofobik dalam air sering berkumpul bersama, membentuk misel. Air pada permukaan hidrofobik akan menunjukkan sudut kontak yang tinggi.

Contoh molekul hidrofobik meliputi alkana, minyak, lemak, dan zat berminyak pada umumnya. Bahan hidrofobik digunakan untuk pengangkatan minyak dari air, pengelolaan tumpahan minyak, dan proses pemisahan kimia untuk menghilangkan zat non-polar dari senyawa polar[23].

2.6 Nanoserat

Nanoserat adalah serat dengan diameter dalam rentang nanometer. Nanoserat dapat dihasilkan dari berbagai polimer dan karenanya memiliki sifat fisik dan potensi aplikasi yang berbeda. Contoh-contoh polimer alami termasuk kolagen, selulosa, serat sutra, keratin, gelatin, dan polisakarida seperti kitosan dan alginat[24,25]. Contoh polimer sintetik meliputi poli (asam laktat) (PLA), *polikaprolakton* (PCL), *poliuretan* (PU), poli (asam laktat-ko-glikolat) (PLGA), poli (*3-hidroksibutirat-ko-3-hidroksivalerat*) (PHBV), dan poli (*ethylene-co-vinylacetate*) (PEVA). Rantai polimer terhubung melalui ikatan kovalen. Diameter nanoserat tergantung pada jenis polimer yang digunakan dan metode produksinya.

Semua nanoserat polimer unik untuk rasio luas permukaan dan volume yang besar, porositas tinggi, kekuatan mekanik yang cukup besar, dan fleksibilitas dalam fungsionalisasi dibandingkan dengan rekan-rekan *mikrofiber* mereka[26].



Gambar 2.3 Nanoserat[27].

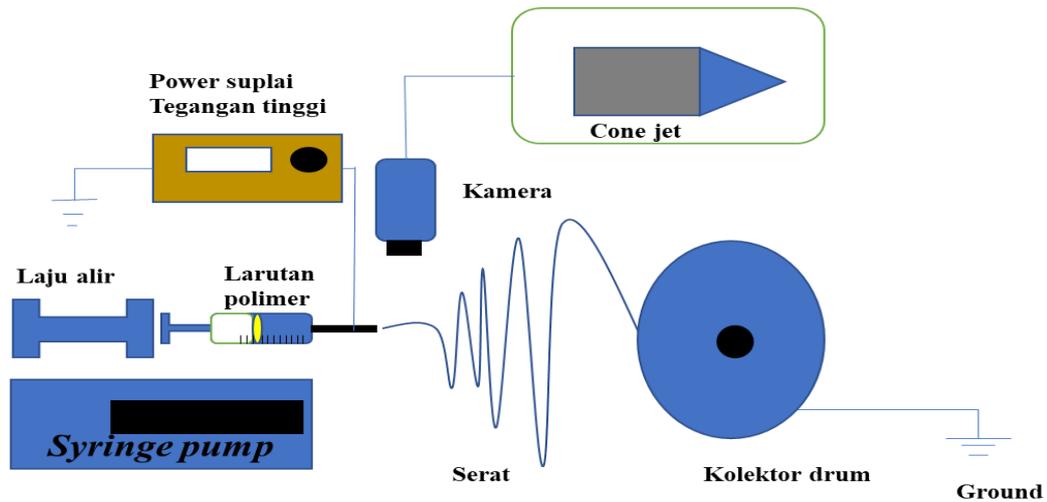
2.7 Pemintalan elektrik

Pemintalan elektrik merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk memproduksi membran nanoserat. Pemintalan elektrik atau biasa dikenal dengan pemintalan elektrik adalah salah satu metode untuk membuat serat (*fiber*) dengan

diameter 10 nm – 10 μ m [28]. Nanoserat hasil pemintalan elektrik memiliki karakteristik yang menarik dan unik, seperti luas permukaan yang lebih besar, memiliki sifat kimiawi, konduktivitas, dan sifat optik tertentu [28].

Prinsip kerja pemintalan elektrik adalah dengan cara pemberian tegangan tinggi pada larutan untuk menghasilkan serat. Larutan polimer dilewatkan pada sebuah *nozzel* (jarum) yang kemudian larutan tersebut diinjeksikan melalui daerah yang memiliki medan listrik tinggi. Nanoserat yang dihasilkan ditampung pada sebuah kolektor. Berbentuk *cone jet* (kerucut *jet*) disebabkan oleh adanya muatan pada permukaan yang berlawanan dengan tegangan permukaan dari polimer, sehingga membentuk pola cairan yang berubah seperti kerucut. Pada titik inilah tegangan permukaan pecah sehingga terjadi transisi dari wujud cairan ke padat (serat). Semakin besar tegangan yang diberikan pada larutan polimer menyebabkan muatan yang terdapat pada permukaan larutan semakin besar, sehingga menyebabkan gaya elektrostatik semakin besar.

Nanoserat yang dihasilkan dari proses pemintalan elektrik dipengaruhi oleh banyak parameter, parameter tersebut adalah (a) parameter larutan diantaranya kekentalan larutan, tegangan permukaan, dan konduktivitas larutan, (b) parameter proses, diantaranya tegangan, laju alir, jarak antara ujung jarum dan kolektor, (c) parameter lingkungan sekitar, yaitu kelembaban, dan suhu [28]. Gambar 2.4 menunjukkan diagram sistem pemintalan elektrik yang digunakan dalam membuat nanoserat.



Gambar 2.4 Skema sederhana proses pemintalan elektrik.

2.8 Fourier Transform Infrared (FTIR)

Fourier Transformed Infrared (FTIR) merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk identifikasi senyawa, terkhususnya pada senyawa organik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Untuk analisis kualitatif dilihat dari spektrumnya yaitu dengan melihat puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa tersebut. Sedangkan analisis kuantitatif dapat dilihat dari senyawa standar yang dibuat spektrumnya pada berbagai variasi konsentrasi. Spektrum gelombang elektromagnetik Inframerah dimulai dari daerah panjang gelombang 14000 cm^{-1} hingga 10 cm^{-1} . Dari panjang gelombang tersebut daerah inframerah dibagi menjadi tiga daerah, yaitu IR dekat ($14000\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$) yang peka terhadap vibrasi *overtone*, IR sedang ($4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$) berkaitan dengan transisi energi vibrasi dari molekul yang memberikan informasi mengenai gugus-gugus fungsi dalam molekul tersebut, dan IR jauh ($400\text{-}10\text{ cm}^{-1}$) untuk menganalisis molekul yang mengandung atom-atom berat seperti senyawa anorganik tapi butuh teknik khusus. Biasanya analisis senyawa dilakukan pada daerah IR sedang[29].

Prinsip kerja FTIR adalah interaksi antara energi dan materi. *Infrared* yang melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa *infrared* diserap oleh sampel dan yang lainnya di transmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar *infrared* lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer dan direkam dalam bentuk puncak-puncak [30]. Spektrofotometer FTIR merupakan alat yang dapat digunakan untuk identifikasi senyawa, khususnya senyawa organik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

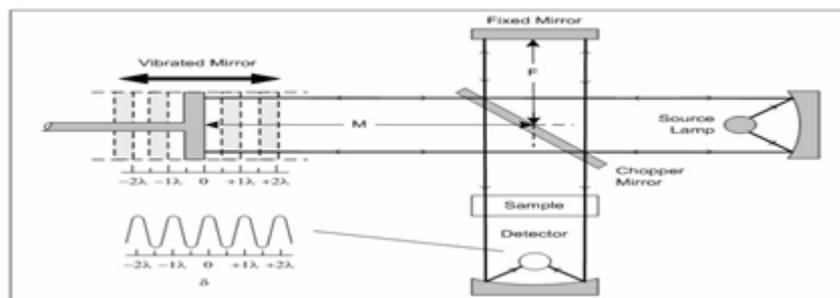
a. Analisis kualitatif

Analisis kualitatif dengan spektroskopi FTIR secara umum digunakan untuk identifikasi gugus-gugus fungsional yang terdapat dalam suatu senyawa yang dianalisis.

b. Analisis kuantitatif

Analisis kuantitatif dengan spektroskopi FTIR secara umum digunakan untuk menentukan konsentrasi analit dalam sampel. Metode *fourier transform infrared* (FTIR) yang merupakan metode bebas reagen, tanpa penggunaan radioaktif dan dapat mengukur kadar hormon secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis gugus fungsi suatu sampel dilakukan dengan membandingkan pita absorpsi yang terbentuk pada spektrum infra merah menggunakan spektrum senyawa pembanding (yang sudah diketahui).

Skema alat spektroskopi inframerah menurut [31] yaitu sebagai berikut:



Gambar 2.5 Skema Alat FTIR

FTIR terdiri dari 5 bagian utama, yaitu[32]:

1. Sumber sinar, terbuat dari filament nernst atau globar yang dipanaskan menggunakan listrik hingga temperatur 1000-1800°C. Pemijar globar merupakan batangan silikon karbida yang dipanasi hingga 1200°C dan merupakan sumber radiasi yang sangat stabil . Pijar Nernst merupakan bidang cekung dari sirkonium dan ytrium oksida yang dipanasi hingga sekitar 1500°C dengan arus listrik serta kurang stabil dibandingkan dengan pemijar globar dan memerlukan pendingin air.
2. Pencerminan, sistem utama FTIR adalah interferometer yang berfungsi sebagai kombinasi peralatan atau pengatur seluruh frekuensi inframerah yang dihasilkan oleh sumber cahaya. Interferometer terdiri dari 3 komponen yaitu lensa statik, lensa dinamis, dan *beamsplitter*.
3. Daerah cuplikan, dimana berkas acuan dan cuplikan masuk ke dalam daerah cuplikan dan masing-masing menembus sel acuan dan cuplikan secara bersesuaian. Detektor, berfungsi untuk mendeteksi sinar infra merah atau energi pancaran yang lewat akibat panas yang dihasilkan.
4. Detektor yang sering digunakan adalah termokopel, sel golay dan balometer. Ketiga detektor bekerja berdasarkan efek pemanasan yang ditimbulkan oleh sinar IR.
5. Elektronik, detektor inframerah menghasilkan tegangan yang merespon interferogram yang masuk melalui sampel, tegangan ini akan membentuk analog sebelum spektrofotometer dapat mengirim interferogram ke sistem data, maka sinyal harus dikonversikan dari bentuk analog ke bentuk digital.

2.9 Parameter Pemintalan Elektrik

Meskipun electrospinning adalah proses yang sederhana, namun terdapat parameter penting yang perlu diperhatikan karena sangat mempengaruhi kualitas dari

nanoserat yang dihasilkan seperti parameter proses yaitu tegangan, jarak ujung jarum ke kolektor, bentuk kolektor, diameter jarum, dan laju umpan; kondisi ambient seperti kelembaban dan temperatur lingkungan. Selain parameter proses pemintalan elektrik juga terdapat parameter dari larutan seperti konduktivitas, konsentrasi, viskositas, tegangan permukaan, dan berat molekular; merupakan hal yang perlu dipertimbangkan.

1. Parameter larutan

Adapun beberapa parameter larutan pemintalan elektrik adalah

a. Konsentrasi

Konsentrasi larutan polimer berperan penting dalam pembentukan fiber selama proses electrospinning:

- Jika konsentrasi sangat rendah (sangat viskos), maka akan terbentuk kumpulan tetesan larutan akibat terganggunya kemampuan polimer untuk diproses. Dalam hal ini, yang terjadi bukanlah electrospinning, melainkan electrospray.
- Jika konsentrasi sedikit lebih tinggi, maka akan dihasilkan campuran tetesan dan fiber.
- Jika konsentrasi sesuai, maka akan dihasilkan nanofiber yang halus.
- Jika konsentrasi sangat tinggi, maka akan dihasilkan fiber dengan diameter yang besar sehingga akan menyumbat kapiler.

b. Berat molekul

Berat molekul merupakan ketergantungan antar rantai polimer pada larutan. dalam konsentrasi tetap, penurunan berat molekul polimer akan terjadi pembentukan tetesan pada serat. Seiring dengan meningkatnya berat molekul akan menghasilkan fiber yang halus. Meningkatnya berat molekul lebih lanjut juga akan menghasilkan micro-ribbon, meski konsentrasi larutannya rendah.

c. Viskositas

Viskositas yang sangat rendah hanya akan menciptakan tetesan atau campuran tetesan dengan serat . Larutan dengan viskositas yang sangat tinggi akan mengakibatkan larutan sulit dikeluarkan dan membeku pada ujung jarum. Viskositas larutan diatur dengan menyesuaikan konsentrasi larutan. serat kontinyu yang dihasilkan oleh larutan yang viskositasnya sesuai.

d. Tegangan permukaan

Tegangan permukaan merupakan fungsi dari komposisi pelarut sehingga perbedaan pelarut menyebabkan perubahan tegangan permukaan. Tegangan permukaan berpengaruh terhadap morfologi fiber hasil electrospinning. Penurunan tegangan permukaan dapat menghasilkan fiber yang lebih halus. Tegangan permukaan dapat diatur dengan mengubah rasio campuran pelarut.

e. Konduktivitas

Konduktivitas larutan umumnya dipengaruhi oleh tipe polimer, pelarut, dan garam. Umumnya, polimer alami merupakan polielektrolit sehingga meningkatkan kemampuan jet membawa muatan, menambah ketegangan pada medan listrik, dan akan menghasilkan bentuk fiber yang kurang baik. Konduktivitas elektrik larutan diatur dengan menambahkan garam ionik seperti NaCl. Dengan bantuan garam ionik, dapat diperoleh nanofiber dengan diameter kecil. Penggunaan asam organik sebagai pelarut dapat menghasilkan larutan dengan konduktivitas yang tinggi.

2. Parameter proses

Adapun beberapa parameter proses pemintalan elektrik adalah

a. Tegangan

Tegangan harus melebihi tegangan ambang agar jet bisa dikeluarkan dalam bentuk Taylor Cone. Tegangan mempengaruhi diameter fiber, namun signifikansinya bergantung pada konsentrasi larutan dan jarak ujung 3 jarum ke kolektor. Saat konsentrasi meningkat, gaya listrik yang dibutuhkan semakin besar untuk mengatasi tegangan permukaan.

b. Laju alir

Laju alir yang kecil memberikan waktu lebih pada polimer untuk terpolarisasi. Jika laju alir sangat besar, maka hasil yang akan diperoleh adalah campuran tetesan fiber dengan diameter yang tebal.

c. Kolektor

Kolektor berperan sebagai substrat konduktif untuk mengumpulkan fiber bermuatan. Biasanya, aluminium foil digunakan untuk mengumpulkan nanofiber. Namun, karena timbul kesulitan dalam memindahkan nanofiber dari kolektor ini, dikembangkan kolektor lain seperti liquid baths, plat logam, rotating drums, dan rotating disks.

d. Jarak kolektor dengan ujung jarum

Jarak kolektor dengan ujung jarum mempengaruhi morfologi dan diameter fiber. Jika jarak terlalu pendek, fiber tidak memiliki cukup waktu untuk memadat sebelum sampai ke kolektor. Namun, jika jarak terlalu jauh, maka akan dihasilkan tetesan fiber. Jarak yang optimal diperlukan agar memberikan jet listrik waktu yang cukup untuk pengeringan nanofiber[33].

2.10 Viskositas

Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida. Kekentalan merupakan sifat cairan yang berhubungan erat dengan hambatan untuk mengalir. Viskositas menentukan kecepatan mengalirnya suatu cairan. Suatu jenis larutan yang mudah mengalir dapat dikatakan memiliki viskositas yang rendah, dan sebaliknya larutan yang sulit mengalir dikatakan memiliki viskositas yang tinggi. Kekentalan yang dimiliki setiap zat berbeda-beda, hal ini bergantung pada konsentrasi dari zat terlarut dalam cair atau fluida tersebut. Fluida, baik zat cair maupun zat gas yang jenisnya berbeda memiliki tingkat kekentalan yang berbeda. Viskositas atau kekentalan sebenarnya merupakan gaya gesekan antara molekul-molekul yang menyusun suatu fluida. Jadi molekul-molekul yang membentuk suatu

fluida saling gesek-menggesek ketika fluida-fluida tersebut mengalir. Pada zat cair, viskositas disebabkan karena adanya gaya kohesi (gaya tarik menarik antara molekul sejenis). Sedangkan dalam zat gas, viskositas disebabkan oleh tumbukan molekul. 16 Satuan sistem internasional (SI) untuk koefisien viskositas adalah $\text{Ns/m}^2 = \text{Pa}\cdot\text{s}$ (pascal sekon). Satuan CGS (centimeter gram sekon) untuk SI koefisien viskositas adalah $\text{dyn}\cdot\text{s}/\text{cm}^2 = \text{poise (p)}$. Viskositas juga sering dinyatakan dalam sentipoise (cp). $1 \text{ cp} = 1/1000 \text{ p}$. Satuan poise digunakan untuk mengenang seorang Ilmuwan Prancis, almarhum Jean Louis Marie Poiseuille. $1 \text{ poise} = 1 \text{ dyn}\cdot\text{s}/\text{cm}^2 = 10^{-1} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$. Suatu fluida dapat diketahui tingkat kekentalan berdasarkan koefisien kekentalan fluida tersebut. Koefisien viskositas adalah hambatan pada aliran cairan. Koefisien viskositas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan Poiseuille [34]:

$$\eta = \frac{\pi P r^4 t}{8 V L} \quad (2.1)$$

η = koefisien viskositas (poise)

r = jari-jari pipa (cm)

t = waktu (s)

V = volume (ml)

L = panjang pipa (cm)

P = tekanan (dyne/cm^2)

Menentukan viskositas suatu zat menggunakan alat yang disebut dengan viskosimeter. Viskositas yang digunakan untuk menentukan viskositas cairan adalah metode ostwald. Metode ini ditentukan berdasarkan hukum Poiseuille menggunakan viskosimeter ostwald. Cara menentukannya dilakukan dengan mengukur waktu yang diperlukan cairan untuk mengalir dalam pipa kapiler dari A ke B. Cairan diisap dengan pompa ke tabung B, hingga permukaan cairan melewati batas atas (tanda a), dan cairan dibiarkan mengalir melalui batas. Menghitung waktu yang dibutuhkan cairan mengalir mulai dari batas a hingga melewati batas b

menggunakan stopwatch. Pengukuran viskositas yang tepat dengan cara seperti persamaan (2.2) sulit dicapai. Hal ini disebabkan karena dalam prakteknya harga r dan l sukar ditentukan secara tepat dalam persamaan Poiseuille. Oleh karena itu viskositas cairan ditetapkan dengan cara membandingkannya dengan cairan yang mempunyai viskositas tertentu, misalnya aquades. Untuk dua cairan yang berbeda dengan pengukuran alat yang sama, diperoleh hubungan:

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{\pi r^4 t}{8VL} \cdot \frac{8VL}{\pi \rho_0 r^4 t_0} = \frac{\rho t}{\rho_0 t_0} \quad (2.2)$$

$$\eta = \eta_0 \frac{t \cdot \rho}{t_0 \cdot \rho_0} \quad (2.3)$$

Jadi, bila viskositas dan kerapatan pembanding diketahui, maka dengan mengukur waktu yang diperlukan kedua cairan untuk mengalir melalui alat yang sama dapat ditentukan viskositas (η) cairan yang sudah diketahui kerapatannya[35].