

Bab 1

PENENTUAN BOBOT MOLEKUL

1.1. Berat Molekul Rata-Rata Jumlah (\overline{Mn}) dan Berat (\overline{Mw})

Berat molekul merupakan variabel yang teristimewa penting sebab berhubungan langsung dengan sifat kimia polimer. Umumnya polimer dengan berat molekul tinggi mempunyai sifat yang lebih kuat.

Polimer – polimer dianggap memiliki berat molekul yang berkisar antara ribuan hingga jutaan dengan berat molekul optimum yang bergantung pada struktur kimia dan penerapannya.

Nilai berat molekul yang diperoleh bergantung pada besarnya ukuran dalam metode pengukurannya. Sampel suatu polimer sesungguhnya terdiri atas sebaran ukuran molekul dan sebaran massa molekul. Oleh karena itu setiap penentuan massa molekul akan menghasilkan harga rata – rata.

Contoh Soal:

1. Suatu sampel polimer yang terdiri atas 9 mol dengan berat molekul 30.000 dan 5 mol dengan berat molekul 50.000. Hitunglah berat molekul rata – rata jumlah.

Maka harga \overline{Mn} =

$$\begin{aligned}\overline{Mn} &= \frac{\sum_{i=1} MiNi}{\sum_{i=1} Ni} \\ &= \frac{(9 \times 30.000) + (5 \times 50.000)}{(9 + 5)} \\ &= 37.000\end{aligned}$$

Berat molekul rata – rata jumlah (\overline{Mn}), diperoleh dari perhitungan bilangan atau jumlah molekul dari setiap berat dalam sampel bersangkutan. Berat total suatu sampel polimer adalah jumlah berat dari setiap spesies molekul yang ada. Dalam pengukuran berat molekul rata – rata jumlah semua molekul yang terdispersi dianggap memiliki berat yang sama pada suatu rantai polimer, namun antara rantai polimer yang

satu dengan rantai polimer yang lain memiliki jumlah molekul yang berbeda sesuai dengan derajat polimerisasi dari suatu proses polimer. Secara matematis dapat ditulis:

$$\overline{Mn} = \frac{\sum_{i=1} MiNi}{\sum_{i=1} Ni} \dots\dots\dots(1.1)$$

Dimana: Mi: Jumlah mol setiap spesies i.
 Ni : Jumlah molekul etiap spesies i.

Jadi berat molekul rata-rata jumlah (\overline{Mn}) adalah berat sampel per mol.

Berat molekul rata – rata berat (\overline{Mw}) dihitung berdasarkan pada massa dan polarisibilitas spesies polimer yang ada. Polimer dengan masa yang lebih besar maka kontribusinya ke pengukuran menjadi lebih besar. Berbeda dengan berat molekul rata – rata jumlah (yang merupakan jumlah fraksi mol masing – masing spesies dikalikan dengan molekulnya). Metode ini menjumlahkan fraksi berat masing – masing spesies dikalikan jumlah molekulnya. Nilai ini dikenal dengan berat molekul rata-rata berat (\overline{Mw}). Secara matematis diekspresikan sebagai berikut:

$$\overline{Mw} = \frac{\sum_{i=1} NiMi^2}{\sum_{i=1} NiMi} \dots\dots\dots(1.2)$$

Dari contoh soal di atas hitunglah nilai (\overline{Mw})!

$$\begin{aligned} \overline{Mw} &= \frac{9(30.000)^2 + 5(50.000)^2}{9(30.000) + 5(50.000)} \\ &= 40.000 \end{aligned}$$

Jika mol diganti gram maka:

$$\begin{aligned} \overline{Mw} &= \frac{9(30.000) + 5(50.000)}{9 + 5} \\ &= 37.000 \end{aligned}$$

Dari kasus tersebut terlihat bahwa \overline{Mw} lebih besar dari pada \overline{Mn} . Hal ini terjadi karena dalam pengukuran sifat koligatif, setiap molekul mempunyai kontribusi yang sama berapapun beratnya sedangkan dengan metode hamburan cahaya., molekul besar mempunyai kontribusi yang besar pula karena menghamburkan cahaya lebih efektif. Jika molekul –

molekul polimer terdispersi dalam ruang luas, maka masing – masing molekul dalam satu rantai polimer memiliki bobot yang berbeda semakin banyak, namun jumlahnya sama sehingga menyebabkan \overline{M}_w dalam suatu sampel lebih besar dari \overline{M}_n . Atau dengan kata lain sistem yang memiliki suatu daerah berat molekul dikatakan sebagai **polidispersi** ($\overline{M}_w > \overline{M}_n$). Jika berat masing – masing berat molekul yang terdispersi dalam suatu sistem adalah sama, maka $\overline{M}_w = \overline{M}_n$, disebut sistem **monodispersi**.

1.2. Fraksinasi Polimer

Untuk memisahkan sampel polimer tertentu kedalam beberapa golongan bermassa molekul sama disebut **fraksinasi**. Umumnya cara yang digunakan dalam fraksinasi didasarkan pada kenyataan bahwa larutan polimer berkurang dengan naiknya massa molekul.

Beberapa cara fraksinasi dapat diuraikan sebagai berikut:

Dalam **pengendapan bertingkat**, sampel polimer dilarutkan pada pelarut yang cocok sehingga membentuk larutan yang berkonsentrasi 0,1%. Selanjutnya, ke dalam larutan encer tersebut ditambahkan bukan pelarut setetes demi setetes sambil diaduk cepat. Bahan bermassa molekul tinggi menjadi tak larut dan segera terpisah. Kemudian, zat bukan pelarut sebagai pengendap ditambahkan lagi untuk mengendapkan polimer bermassa molekul tinggi berikutnya. Tata kerja ini diulang-ulang sehingga sampel terpisah menjadi beberapa fraksi yang kian berkurang massa molekulnya.

1.3. Penentuan Bobot Molekul Polimer

Banyak sekali bahan polimer yang tergantung pada massa molekulnya. Misalnya kelarutan, ketercetakan, larutan serta lelehan. Karena itu perlu diketahui cara menentukan bobot molekul polimer.

Prinsip dasar penentuan bobot molekul polimer adalah dengan menghitung jumlah rantai per satuan berat, dengan cara analisis kimia langsung (analisis gugus ujung), pengukuran sifat koligatif larutan polimer yang berbanding langsung dengan jumlah polimer dalam larutan. Di samping itu, dapat ditentukan pula dengan cara pengamatan sifat fisik larutan yaitu menggunakan metode hamburan cahaya, ultrasentrifugasi, viskositas dan teknik kromatografi permeasi gel (GPC).

Berikut ini akan disajikan secara mendalam mengenai keenam metode tersebut.

a. Metode Analisis Gugus Ujung

Analisis gugus ujung merupakan teknik analisis polimer untuk mengetahui massa molekul satu sampel atau sistem dengan menghitung jumlah rantainya. Dalam proses polarisasi pada suatu monomer awal dan akhir rantai, akan terdapat gugus fungsi yang tidak berkaitan dengan satuan monomer lain. Jika suatu polimer diketahui mengandung jumlah tertentu gugus ujung per molekulnya, maka jumlah gugus itu dapat ditentukan dalam jumlah massa polimer dengan metode analisis gugus ujung. Dengan demikian jika massa 1 mol polimer dapat ditentukan, maka molekul atau bobot molekul polimer juga dapat ditentukan.

Hal – hal yang harus diperhatikan dalam penerapan analisis gugus ujung:

- Gugus ujung harus dapat dianalisis secara kuantitatif.
- Jumlah gugus ujung yang dapat dianalisis harus diketahui dengan pasti.
- Gugus fungsi lain yang mengganggu analisis harus ditiadakan.
- Konsentrasi gugus ujung harus cukup besar.
- Metode ini tidak dapat diterapkan pada polimer bercabang.
- Dalam 1 polimer linier terdapat gugus ujung sebanyak dua kali molekul linier.

Metode analisis gugus ujung dapat dilakukan melalui beberapa cara yakni titrasi, penerapan spektroskopi UV, IR dan NMR, pengukuran aktivitas gugus ujung yang radioaktif serta analisis gugus ujung yang mengandung unsur tertentu.

Contoh analisis gugus ujung, dengan cara titrasi.

Prosedur kerjanya adalah sebagai berikut:

- Sampel Poliester (gugus karboksil dan hidroksil), masing – masing ditimbang dan dilarutkan dalam pelarut yang cocok (aseton untuk karboksil dan dititrasi dengan basa NaOH dengan indikator penolftalein (titik akhir titrasi).
- Untuk hidroksil sampel diasetilasi dengan anhidrat asetat berlebih untuk membebaskan asam asetat, bersama dengan gugus ujung distribusi dengan cara yang sama.
- Dari kedua titrasi tersebut diperoleh milligram ekivalen karboksil dan hidroksil dalam sampel tersebut.
- Jumlah mol polimer per gram dapat dihitung dengan persamaan-1.3:

$$\text{Mol polimer per gram} = \frac{\text{MekCOOH} + \text{MekOH}}{2 \times 1000 \times \text{Beratsampel}} \dots\dots\dots(1.3)$$

C₂, dinyatakan bahwa 2 gugus ujung dihitung per molekul.

- Hitung berat molekul = $\frac{1}{\text{molpo lim erpergram}} \dots\dots(1.4)$

Gugus ujung lain yang dapat dititrasi adalah gugus amino dalam polisakarida, gugus asetil dalam poliamida bergugus asetil, isosianat dalam polistirena dan epoksida dalam polimer epoksi.

Contoh soal:

Andaikan 1 gram poliester yang diambil mengandung 1 gugus –COOH per molekul polimer. Jika CM₂ larutan baku natrium hidroksida 0,01 mol dm³ diperlukan untuk menetralkan sampel tersebut. Berapa massa molekul relatif poliester tersebut?

Jawab: Mol NaOH yang digunakan:

$$\frac{10}{100} \times 0,01 = 10^{-4} \text{ mol}$$

Maka jumlah mol gugus –COOH = 10⁻⁴, karena tiap molekul polimer mengandung 1 gugus –COOH, jumlah mol polimer yang ada = 10⁻⁴ mol. Berat 10⁻⁴ mol polimer tersebut adalah 1 gram. Maka 1 mol polimer beratnya 1/10⁻⁴ gram = 10⁴ gram. Dengan demikian massa molekul polimer = 10.000.

Kelemahan dari metode ini adalah sebagai berikut:

- Harus mengandaikan struktur molekul.
- Tidak dapat dipakai untuk polimer bercabang.
- Hanya dapat dipakai untuk polimer dengan daerah berat molekul < 10.000.

Keunggulan dari metode ini adalah:

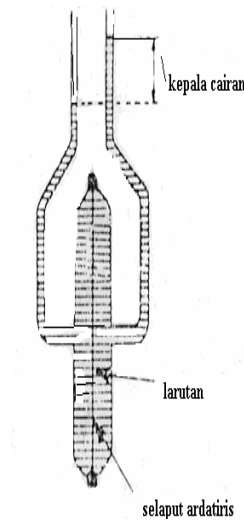
- Bisa dipakai untuk polimer kondensasi. Dipakai untuk menentukan bobot molekul yang mempunyai gugus fungsi.
- Bisa dipakai untuk menentukan polimer poliamida, insiator, poliester dan radikal bebas.

b. Pengukuran Sifat Koligatif Larutan (Osmometri)

Osmometri adalah metode penentuan bobot yang didasarkan pada peristiwa **Osmosis**. Diantara berbagai metode penetapan berat molekul

rata – rata jumlah yang didasarkan pada sifat – sifat koligatif, osmometri membran merupakan metode yang paling bermanfaat dalam menentukan jumlah partikel terlarut yang ada dengan menghasilkan harga rata-rata massa molekul relatif. Osmosis dapat dikatakan sebagai pelewatan pelarut melalui selaput ardatiris atau semipermiabel dan pelarut murni ke dalam larutan atau larutan encer ke larutan yang lebih pekat.

Selaput ini biasanya terdiri atas selofan atau pun bahan berselulosa lainnya. Selaput ini hanya melewatkan pelarut saja sedangkan zat terlarut tidak dapat dilewatkan.



Gambar-1. Osmometri

Mula-mula tinggi larutan pelarut sama, setelah dibiarkan beberapa saat osmosis terjadi ketika pelarut pindah ke larutan melalui membran semipermiabel, sehingga tinggi larutan naik, tetapi pada suatu saat kenaikan berhenti karena sistem mengalami keseimbangan.

Pada keadaan ini selisih ketinggian pelarut dan larutan ialah massa molekul relatif polimer dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{\pi}{c'} = \frac{RT}{(M)} + Bc' \dots\dots\dots(1.5)$$

- Dimana
- π = Tekanan osmosis
 - c' = Konsentrasi larutan
 - R = Tetapan riedberg
 - T = Suhu
 - B = Koofesien visial
 - (M) = Massa molekul relative polimer

c. Hamburan Sinar/Cahaya

Hamburan cahaya (*light scattering*) adalah metode analisis polimer untuk menentukan berat molekul satu contoh dengan melihat jumlah cahaya yang dihamburkan oleh partikel – partikel dalam larutan. Hamburan cahaya dapat dipakai untuk mendapatkan berat molekul mutlak. Prinsip kerjanya didasarkan pada fakta bahwa cahaya, ketika melewati suatu pelarut atau larutan melepaskan energi yang diakibatkan oleh absorpsi, konversi ke panas dan hamburan.

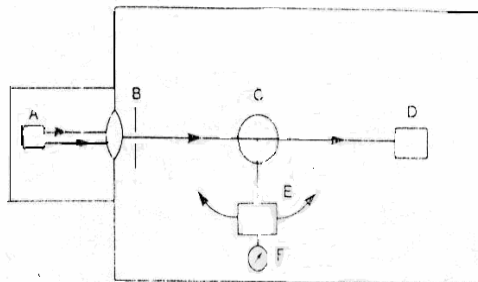
Jika seberkas sinar ditembuskan kedalam cairan yang tak menyerap sinar, maka sebagian sinar dihamburkan. Jika cairan pelarut dibuat tak homogen oleh penambahan molekul nisbi maka hamburan tambahan akan terjadi. Peningkatan hamburan dapat dihubungkan dengan konsentrasi larutan dan massa molekul nisbi zat terlarut, dibuat dalam persamaan

Debye:

$$\frac{Hc}{\tau} = \frac{1}{Mw} + 2A_2c + \dots \dots \dots (1.6)$$

- dengan \overline{Mw} = rata-rata bobot bagi massa molekul nisbi m
- A_2 = koefisien vialial kedua
- τ = kekeruhan (turbiditas)
- c = konsentrasi
- H = $\frac{32 \pi^3 n_0^2 (dn/dc)^2}{3N_A \lambda^4}$
- n_0 = indeks bias pelarut
- du/dc = lanadai indeks bias pelarut
- N_A = tetapan Avogrado
- λ = panjang gelombang sinar

Skema alat penghamburan sinar sederhana:



Gambar-2. Alat Penghambur Cahaya

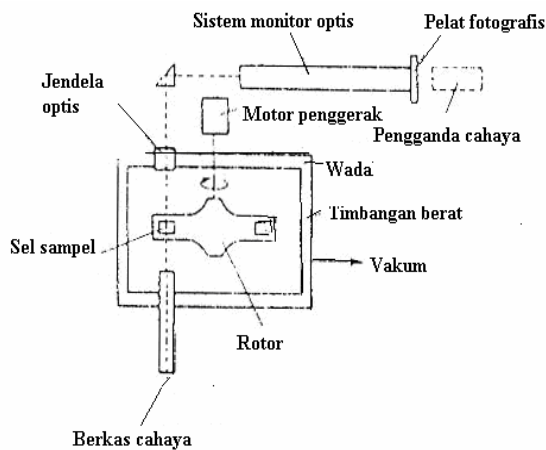
Sinar lampu uap raksa A ditembuskan melalui filter pemonomokromatis B, lalu memasuki sel kaca C yang berisi larutan polimer. Sinar yang dilewatkan diserap dalam penangkap sinar D, intensitas sinar hamburan diukur dengan membiarkan jatuh pada photo – multiplier E yang dipasang pada lengan yang dapat bergerak sehingga sinar hamburan dapat dibuat pada berbagai berkas *dating*. Multiplier lalu diukur dengan galvanometer. Hamburan sinar dapat dipakai untuk menentukan massa molekul polimer $> 1.000.000$. Kelemahan dari metode ini adalah mahalnya alat dan kerumitan metode secara keseluruhan.

d. Ultrasentrifugasi dan Pengendapan

Ultrasentrifugasi merupakan metode penentuan bobot molekul dengan cara melibatkan pemutaran larutan polimer pada kecepatan tertentu. Metode ini lebih banyak dipakai untuk menentukan berat molekul polimer alam seperti protein.

Tekniknya didasarkan pada prinsip bahwa molekul – molekul di bawah pengaruh medan sentrifugal yang kuat, mendistribusi diri menurut besarnya secara tegak lurus terhadap sumbu putar, suatu proses yang disebut **sedimentasi** dan lajunya proposional dengan massa molekul.

Sentrifugasi dilakukan dalam suatu lubang terbuka dalam satu rangkaian sel dalam rotor, kedudukannya diberi jendela – jendela sedemikian dan bisa dipakai untuk mengamati perubahan konsentrasi dalam larutan polimer. Komponen – komponen dasar ultrasentrifugal sebagai berikut:



Gambar-3. Komponen Alat untuk Sentrifugasi

Berat molekul rata-rata berat dihitung melalui persamaan:

$$\overline{M}_w = \frac{2RT \ln(c_2 / c_1)}{(1 - \nu p) \omega (r_2^2 - r_1^2)} \dots\dots\dots(1.7)$$

Dimana:

c_1 dan c_2 adalah konsentrasi berturut-turut pada jarak r_1 dan r_2 dari pusat rotasi ke pengamatan sel.

ν = volume spesifik polimer

ρ = massa jenis larutan

ω = kecepatan sudut rotasi

e. Viskositas

Viskositas merupakan ukuran yang menyatakan kekentalan suatu larutan polimer. Perbandingan antara viskositas larutan polimer terhadap viskositas pelarut murni dapat dipakai untuk menentukan massa molekul nisbi polimer. Keunggulan dari metode ini adalah lebih cepat, lebih mudah, alatnya murah serta perhitungannya lebih sederhana. Alat yang digunakan adalah **Viskometer Ostwald**.

Prinsip kerjanya sebagai berikut:

Yang diukur adalah waktu yang diperlukan pelarut atau larutan polimer untuk mengalir diantara 2 tanda x dan y.

Volume cair harus tetap karena ketika cairan mengalir kebawah melalui pipa kapiler A, cairan harus mendorong cairan naik ke B. Akibatnya volume cairan berbeda masuk percobaan, maka cairan yang didorong menaiki tabung B akan berubah pula.

Dasar teori Viskositas yang digunakan untuk massa molekul polimer ialah jika viskositas larutan polimer adalah η dan viskositas pelarut murni ialah η_0 , maka viskositas jenis η_{SP} . Larutan polimer diabaikan oleh persamaan:

$$\eta_{SP} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} \dots\dots\dots(1.8)$$

Persamaan ini menggambarkan peningkatan viskositas yang disebabkan oleh polimer. C adalah konsentrasi larutan polimer.

Harga η_{SP} disebut **viskositas tereduksi** dan diberi lambang $[\eta]$ untuk pelarutan terbatas.

$$\text{Secara matematis ditulis: } \lim_{c \rightarrow 0} \frac{\eta_{SP}}{C} = [\eta] \dots\dots\dots(1.9)$$

Karena massa jenis berbagai larutan yang dipakai hampir sama dengan massa jenis pelarut maka dapat diandaikan viskositas tiap larutan hasil pengenceran berbanding lurus dengan waktu alirnya dan pesamaannya adalah:

$$\eta_{SP} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \dots\dots\dots(1.10)$$

t_2 = waktu alir untuk larutan.

t_1 = waktu alir untuk pelarut

Jika dihitung harga η_{SP} dan $\eta_{SP/c}$ kemudian diekstrapolasi ke konsentrasi awal (C_0) akan menghasilkan harga $[\eta]$.

Dengan demikian dapat dihitung massa molekul polimer dengan persamaan:

$$[\eta] = KM^a \dots\dots\dots(1.11)$$

M = Massa molekul relatif polimer

K dan a untuk beberapa pelarut dan polimer tertentu disajikan pada Tabel-1.1 di bawah ini:

Tabel-1.1.Nilai K dan a dari Beberapa Pelarut dan Polimer

Polimer	Pelarut	T (°C)	K	A
Polietilena	Dekalin	135	$6,1 \times 10^{-2}$	0,70
Polistirena	Taluena	75	$7,5 \times 10^{-3}$	0,75
Polisirena	Sikloheksana	34	$8,2 \times 10^{-2}$	0,50
Polivinil asetat	Asoton	30	$8,6 \times 10^{-3}$	0,74
Selulosa asetat	Aseton	20	$2,38 \times 10^{-3}$	1,0

Sumber: Wirjosentono, 1994

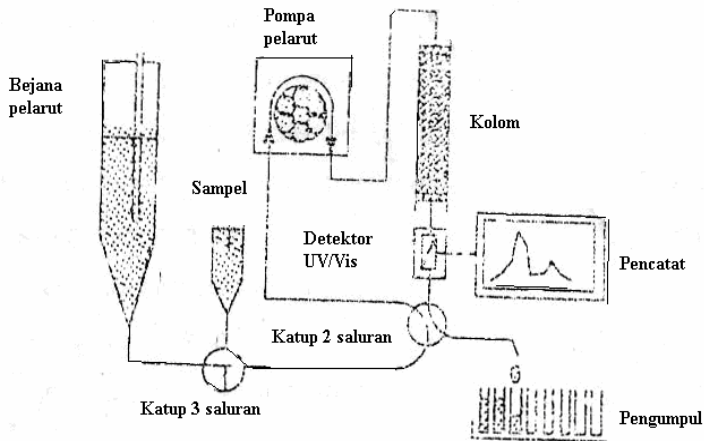
f. Kromatografi Permeasi Gel (GPC)

Teknik kromatografi permeasi gel (GPC) berkembang sebagai cara penentuan bobot molekul polimer yang digunakan sejak tahun 1960-an. Cara ini didasarkan pada teknik fraksinasi yang tergantung dari ukuran molekul polimer yang diinjeksikan ke dalam suatu kolom yang terdiri atas gel berpori berjari – jari sekitar $50 - 106^0$ A.

Kolom dapat melewatkan molekul pelarut yang merupakan fasa bergerak, sedangkan molekul polimer yang lebih kecil dapat memasuki pori – pori gel, karena itu bergerak lebih lambat disepanjang kolom dibanding molekul

besar. Elemen yang keluar dideteksi dengan cara spektroskopi atau cara – cara fisik lainnya dan dikalibrasi dengan larutan polimer standar untuk menghasilkan kurva distribusi bobot molekul.

Komponen dari gel sebagai berikut:



Gambar-4. Skema Kerja GPC

Komponen utama:

- A. Pompa Pelarut
- B. Katub berisi
- C. Kolom berisi gel berpori/permeasi
- D. Detektor UV atau RI

Cara kerjanya: Pompa pelarut harus berkemampuan tinggi untuk mengalirkan pelarut ke sepanjang sistem dengan lajur alir yang sinambung dan bertekanan tinggi. Larutan polimer sampel diinjeksikan dengan konsentrasi tertentu. Kemudian diletakkan sepanjang eluat oleh detektor yang peka. Setelah dihasilkan data pada pencatat bobot molekul secara langsung.

1.4. Polimer Gel

Gel adalah sistem dua atau lebih komponen bukan cair yang terbentuk dengan cara dispersi molekul dari senyawa bobot molekul rendah kedalam polimer rantai terikat – silang. Hal ini diakibatkan oleh adanya ikatan – kovalen, gaya antara molekul dan interaksi ion dengan gugus polar polimer atau antara rantai polimer.

Gel tidak mempunyai sifat zat alir sama sekali, karena adanya ikatan antar rantai, sehingga gel merupakan keadaan antara dari zat cair dan padat.

Cara – cara pembentukan gel, adalah:

- a. Penggembungan polimer terikat silang. Cara ini menghasilkan gel dengan interaksi kimia.
- b. Polimerisasi monomer polifungsional. Cara ini juga menghasilkan gel dengan interaksi kimia.
- c. Pendinginan larutan polimer dengan gugus polar. Cara ini menghasilkan gel dengan gaya antara – molekul.

Polimer jaringan tergebung, merupakan hasil pembentukan gel point-a dan b. Pembentukan gel sangat tergantung pada sifat cairan dan derajat ikatan – silang polimer. Gel yang dihasilkan dari cairan bobot molekul rendah, memiliki kekuatan *yield* yang tinggi karena tegangan yang diberikan hanya menyebabkan patahan akibat pemutusan ikatan kimia antara struktur. Sehingga, pengaruh gesekan yang besar atau suhu tinggi menyebabkan pemutusan ikatan kimia akan berlangsung secara bersamaan dan mengakibatkan degradasi bahan polimer (degradasi mekanik/termal). Gelatin, merupakan contoh pembentukan gel point-c. Gel ini terjadi karena interaksi antara molekul diantara struktur – struktur.

Pembentukan gel berlangsung pada saat polimer polar dicampurkan dengan cairan non – polar yang tidak melarutkan polimer. Hasilnya, akan terbentuk ikatan silang, sebagai akibat adanya interaksi antara rantai polimer yang lebih besar daripada interaksinya dengan molekul cairan. Gel yang terbentuk ini, selanjutnya akan memisah pada saat dibiarkan dalam waktu lama, membentuk fase polimer dan pelarut atau larutan encer polimer. Proses ini dinamakan *sineresis*.

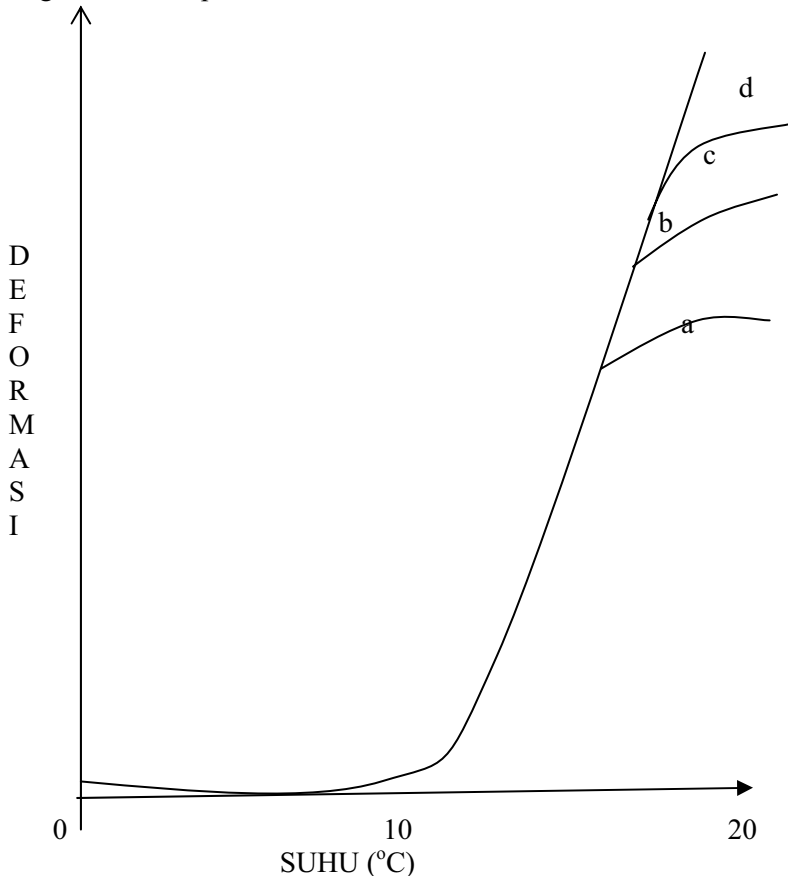
Berdasarkan hubungan gel dengan sifat mekanik, gel dibagi atas:

- a. **Gel encer**, mengandung 2 – 20% polimer, contohnya gelatin, agar – agar, selulosa – xantat. Gel encer ini memiliki sifat deformasi akibat pengaruh frekuensi perlakuan beban (ω) pada suhu kamar tetap sampai frekuensi mencapai 1000 kali. Akibatnya, frekuensi perlakuan beban terhadap gel – encer memungkinkan terjadinya penyusunan – ulang dalam rantai polimer dengan waktu relaksasi yang singkat. Penyusunan ulang dan gerakan rantai mungkin terjadi pada suhu tinggi, karena pada kondisi tersebut terjadi pemutusan ikatan silang sehingga interaksi menjadi lemah. Alasan lainnya, yang mendukung mobilitas tinggi dari segmen rantai ialah bahwa dalam gel encer bagian rantai polimer yang tidak mengalami ikatan silang akan

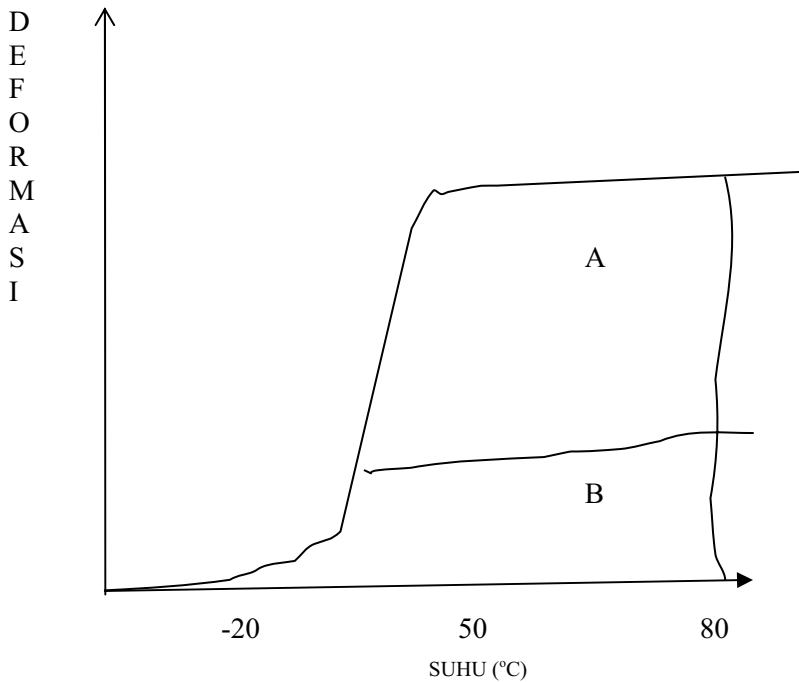
saling dipisahkan oleh lapisan molekul cairan. Akibatnya, segmen – segmen tersebut memiliki waktu relaksasi yang lebih kecil dibandingkan bila ada didalam matriks polimer.

- b. **Gel pekat**, mengandung lebih besar dari 20% polimer. Pada gel pekat, waktu relaksasi menjadi semakin besar karena interaksi antara rantai polimer besar, akibatnya deformasi sangat dipengaruhi oleh frekuensi dan suhu.

Pengaruh frekuensi dan suhu pada deformasi, dapat dikurangi dengan menambahkan suatu zat kedalam gel. Zat tersebut fungsinya untuk membentuk ikatan jaringan dengan rantai polimer, contohnya quinon dalam gelatin. Teknik seperti ini dikenal dengan teknik penyamakan dan senyawa yang ditambahkan disebut dengan **zat penyamak**. Untuk lebih jelasnya digambarkan seperti Gambar-5 dan Gambar-6.



Gambar-5. Pengaruh Suhu terhadap Deformasi Gel Gelatin pada Beberapa Frekuensi Perlakuan Beban (ω), a = 1000; b = 100; c = 10; d = 1



Gambar-6. Pengaruh Frekuensi dan Suhu terhadap Deformasi Gelatin Pekat Setelah Penambahan Quinon sebagai Penyamak, A = 1% quinon dan B = 5% quinon

1.5 Soal-Soal Latihan

1. Berdasarkan pemikiran yang praktis ketika mengukur berat molekul polimer, manakah yang lebih baik antara memakai pelarut yang baik atau yang buruk?
2. Dalam proses bagaimanakah suatu sampel dapat dikatakan sebagai sampel monodispersi?
3. Jelaskan cara kerja metode penghamburan sinar!
4. Dengan menggunakan persamaan

$$\pi v = \frac{w}{m} RT$$

Hitunglah bobot molekul polimer dari suatu larutan yang mengandung sampel polimer dengan massa zat terlarut (w) = 5 gram dalam 50 mol dan tekanan atmosfer 2,5 Atm dalam 25 °C!