

Gambaran Umum tentang Polimer

Galuh Yuliani, M.Si.



PENDAHULUAN

Modul ini merupakan modul pertama dari mata kuliah Kimia Polimer. Pada mata kuliah-mata kuliah sebelumnya, tentu Anda sudah sangat mengenal tentang berbagai jenis molekul, baik yang terdapat di alam maupun yang tergolong sintetik. Anda juga sudah mengetahui keberadaan golongan-golongan senyawa, baik organik maupun anorganik. Lebih khusus lagi, pada senyawa organik, Anda mengenal beberapa golongan senyawa berdasarkan gugus fungsinya, misalnya alkohol, aldehid, ester, eter dan lain-lain, dan beragam golongan senyawa anorganik, seperti garam-garam, oksida logam maupun senyawa kompleks. Pada modul ini, Anda akan diperkenalkan pada golongan senyawa lainnya, yaitu polimer.

Modul ini berisi tentang gambaran umum polimer, yaitu pengertian, tata nama dan sifat-sifat polimer. Modul ini terdiri dari dua kegiatan belajar. Kegiatan Belajar 1 tentang pengertian, bentuk-bentuk, penggunaan dan manfaat polimer dalam kehidupan. Sedangkan Kegiatan Belajar 2 tentang klasifikasi dan tata nama polimer.

Secara umum, setelah mempelajari modul ini, Anda diharapkan dapat menjelaskan gambaran umum tentang polimer.

Secara lebih khusus, setelah mempelajari modul ini, Anda diharapkan dapat:

1. mendefinisikan pengertian polimer;
2. menyebutkan tiga bentuk polimer yang umum digunakan dalam kehidupan;
3. menyebutkan sifat-sifat tiga bentuk polimer berdasarkan kegunaannya;
4. memberi contoh manfaat polimer dalam kehidupan;
5. menyebutkan jenis reaksi pembentukan polimer;
6. memberi contoh polimer adisi;
7. memberi contoh polimer kondensasi;
8. menyebutkan jenis-jenis polimer berdasarkan asal atau sumbernya;

9. menyebutkan jenis-jenis polimer berdasarkan strukturnya;
10. menyebutkan jenis-jenis polimer berdasarkan sifat kristalinitasnya;
11. menyebutkan perbedaan jenis-jenis polimer yang diklasifikasikan berdasarkan sifat termalnya;
12. menyebutkan nama polimer yang terbentuk, jika diketahui monomernya;
13. menyebutkan nama polimer jika diketahui struktur molekulnya.

Agar Anda berhasil dengan baik mempelajari modul ini, Anda dianjurkan untuk membaca kembali modul mata kuliah kimia organik, terutama tentang penggambaran struktur senyawa organik, reaksi-reaksi senyawa organik, dan kimia fisik, terutama tentang sifat-sifat fisik senyawa.

Mempelajari kimia polimer akan sangat menarik bagi Anda, karena sesungguhnya polimer sangat dekat dengan kehidupan kita sehari-hari. Selamat mempelajari modul ini!

KEGIATAN BELAJAR 1

Pengertian, Bentuk-bentuk Penggunaan dan Manfaat Polimer dalam Kehidupan

Pengetahuan yang dimiliki manusia terus menerus berkembang seiring dengan perkembangan zaman. Perkembangan ilmu pengetahuan manusia mendorong dihasilkannya teknologi-teknologi baru. Satu hal yang tidak dapat dilepaskan dari perkembangan teknologi baru adalah material-material baru yang ikut menunjang perkembangan teknologi tersebut.

Material yang pertama kali dimanfaatkan oleh manusia di zaman purbakala adalah batu. Pada masa tersebut, manusia membuat sebagian besar peralatan yang diperlukan untuk menunjang kehidupannya dari batu-batuan. Contoh produk peninggalan zaman purbakala adalah perkakas dan monumen yang terbuat dari batu.

Pada abad pertengahan, manusia mulai mengenal besi dan perunggu. Abad pertengahan ini kemudian disebut sebagai zaman logam. Penggunaan logam telah mengubah cara hidup manusia abad pertengahan. Pada masa ini, peralatan rumah tangga dan perkakas dibuat dari logam. Beragam alat berbahan dasar besi tempa dan paduan logam berkembang pesat. Contoh peninggalan abad pertengahan adalah koin-koin hingga peralatan perang seperti pedang dan baju besi.



Pada perkembangan berikutnya, manusia modern mulai beralih dari logam dan mulai mengembangkan material baru, yaitu plastik. Penggunaan plastik, dan polimer pada umumnya, di berbagai kehidupan manusia modern telah begitu luas dan

aplikasinya terus meningkat secara eksponensial. Tidak terlalu berlebihan kiranya apabila kita katakan masa sekarang sebagai abad polimer.

A. PENGERTIAN POLIMER

Untuk dapat mengenal lebih jauh tentang polimer, akan lebih baik bila kita mengetahui asal mula pemunculan istilah polimer, karena sesungguhnya senyawa polimer itu sendiri telah sejak lama terdapat secara melimpah di alam.

Sebelum awal 1920-an, ahli-ahli kimia meragukan keberadaan molekul-molekul yang memiliki berat molekul lebih dari beberapa ribu. Keraguan ini kemudian ditekankan oleh Hermann Staudinger, ahli kimia asal Jerman yang telah lama meneliti senyawa-senyawa alam seperti karet dan selulosa. Staudinger tidak menyetujui rasionalisasi ahli kimia lainnya yang menyatakan bahwa senyawa ini adalah agregat (kumpulan) dari molekul-molekul kecil. Sebaliknya, Staudinger menyarankan hipotesis bahwa senyawa ini terbuat dari makromolekul-makromolekul yang tersusun atas 10.000 atau lebih atom. Staudinger kemudian memformulasikan struktur dari karet, berdasarkan unit-unit ulang isoprene (yang kemudian disebut monomer). Untuk kontribusinya yang amat besar bagi perkembangan ilmu kimia, Staudinger menerima hadiah Nobel pada 1953. Istilah polimer dan monomer kemudian diperkenalkan, istilah ini berasal dari bahasa Yunani yaitu *poli* (banyak), *mono* (satu), dan *meros* (bagian).

Terminologi polimer digunakan untuk menerangkan senyawa-senyawa yang memiliki berat molekul relatif besar (dengan orde 10^4) dan dibentuk dari serangkaian monomer-monomer kecil dan sederhana. Contoh polimer sederhana adalah polietena yang terdiri atas unit-unit ulang etena. Polietena dibentuk dari reaksi polimerisasi yang terjadi pada molekul-molekul etena. Etena kemudian disebut sebagai monomer, prekursor dari polietena.

Kebanyakan polimer adalah senyawa organik, dan tersusun atas molekul hidrokarbon. Meskipun demikian, polimer anorganik dan komposit juga banyak dikembangkan. Molekul hidrokarbon penyusun polimer organik dapat berikatan tunggal, rangkap dua maupun rangkap tiga. Hidrokarbon jenuh adalah hidrokarbon yang semua ikatannya tunggal, artinya jumlah atom-atomnya maksimum (atau jenuh). Salah satu contohnya adalah senyawa parafin, C_nH_{2n+2} . Sebagai kebalikannya, adalah hidrokarbon tak jenuh yang mengandung ikatan rangkap dua maupun rangkap tiga.

Pengetahuan akan makromolekul polimerik sebagai komponen penyusun sejumlah material-material alam, seperti kertas dan karet, mendorong perkembangan lebih lanjut pada pembuatan polimer-polimer sintetik analog yang memiliki beragam sifat dan kegunaan. Sehingga pada akhirnya, aplikasi



Gambar 1.1.

Contoh Aplikasi Polipropilen dan Polietilen

dari material-material seperti plastik, serat, film fleksibel, cat yang resisten dan padatan-padatan kuat namun ringan, telah secara signifikan mentransformasi kehidupan masyarakat modern.

Mengapa kemudian penggunaan polimer terus merambah ke berbagai aplikasi menggantikan material lain yang telah lama digunakan, seperti besi, baja atau paduan

logam lainnya? Alasan utamanya pastilah bukan harga dari bahan bakunya, karena sesungguhnya sumber dari polimer sintetik adalah minyak mentah atau gas-gas alam yang harganya saat ini terus merangkak naik. Jadi apabila kita bandingkan, harga polimer (dilihat dari penggunaan bahan bakunya, yaitu minyak bumi dan gas alam) relatif lebih tinggi dibandingkan material tradisional, seperti baja lunak atau paduan logam lainnya. Oleh sebab itu, alasan utama penggunaan polimer yang begitu luas bukan semata-mata karena biaya produksi yang rendah.

Untuk dapat menjawab pertanyaan di atas, kita harus melihat lebih jauh lagi pada produk akhir dan aplikasinya. Salah satu area terluas aplikasi



Gambar 1.2.

Contoh Aplikasi Politetrafluoroetilen

polimer adalah pada industri kemasan, di mana plastik telah mendominasi sebagai kemasan makanan dan minuman.

Preservasi makanan merupakan kebutuhan vital, karenanya keberadaan industri kemasan menjadi sangat penting. Untuk dapat diaplikasikan sebagai kemasan, diperlukan material yang mampu melindungi sediaan makanan dari kontaminasi bakteri. Selain plastik, kaleng (aluminium) dan botol, gelas juga dapat digunakan sebagai kemasan. Namun, plastik memiliki kelebihan kompetitif yaitu dari berat jenisnya yang kecil sehingga berat benda setelah dikemas akan lebih kecil dibandingkan pada penggunaan kemasan kaleng atau gelas. Masalah berat ini akan menjadi penting apabila kita berbicara tentang distribusi makanan tersebut dari satu tempat ke tempat lain. Material polimer yang sering digunakan sebagai kemasan, antara lain poli (vinil klorida) (PVC), polipropilen (PP), low-density polietilen (PE) dan poli (etilen tereftalat) (PET).

Di samping itu, penggunaan poli (vinil klorida) (PVC) menggantikan besi sebagai pipa untuk saluran air, terutama disebabkan PVC lebih ringan dari besi sehingga sangat memudahkan pada instalasinya dan tidak lupa, transportasinya dari satu tempat ke tempat lain. PVC juga kuat dan lebih tahan lama karena bersifat resisten terhadap korosi.

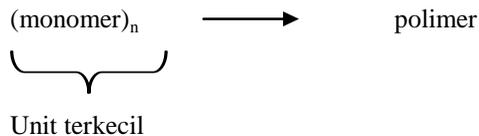
Kesimpulannya, polimer memiliki sifat-sifat intrinsik yang amat berguna pada pembuatan produk-produk baru. Manfaat yang paling menonjol adalah berat jenis yang rendah sehingga memudahkan instalasi dan transportasinya, dan akhirnya dapat menurunkan biaya produksi. Selain itu, tentu saja ketahanannya pada korosi, yang amat diperlukan pada pembuatan benda atau bangunan yang didisain agar tahan lama. Kelebihan lainnya adalah luasnya spektrum variasi polimer dilihat dari sifat fisik dan mekanik, kemudahan untuk dibentuk, diisi, dan diwarnai.

B. PENULISAN STRUKTUR POLIMER

Pernahkah Anda memperhatikan plastik yang biasa kita pakai sehari-hari? Tahukah Anda bahwa plastik (polietilen) tersebut sesungguhnya tersusun atas ikatan sederhana antar atom karbon dan hidrogen yang sangat panjang? Namun mengapa plastik sangat berbeda dengan gas etena, misalnya (sebagai monomer pembentuknya), padahal keduanya terdiri atas atom-atom yang sama?

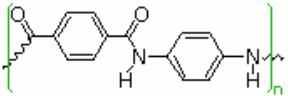
Untuk dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan ini Anda harus terlebih dahulu memahami struktur dari polimer dan membandingkannya dengan molekul-molekul yang lebih sederhana.

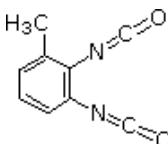
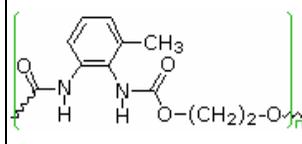
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, molekul polimer adalah makromolekul, berukuran besar yang memiliki ikatan kovalen internal. Untuk kebanyakan polimer, molekul-molekul ini memiliki rantai yang sangat panjang. Rangka utama dari polimer biasanya berupa serangkaian atom karbon, sering kali berikatan tunggal. Polimer terdiri dari struktur dasar yang disebut unit-unit mer. Molekul polimer tersusun atas rangkaian dari unit-unit mer yang berulang-ulang. Molekul yang hanya memiliki satu mer adalah monomer, yang merupakan unit terkecil dari polimer. Yang harus Anda garis bawahi, *unit ulang dari polimer tidak sama dengan monomer-nya*.



Struktur unit ulang dari polimer tidak hanya merefleksikan monomer-monomer pembentuk polimer tersebut, tetapi juga memudahkan alternatif penulisan struktur polimer menjadi lebih sederhana untuk merepresentasikan makromolekul ini. Misalnya untuk polietena, dinilai sebagai polimer yang paling sederhana, penulisan struktur polimernya dapat dijelaskan dari persamaan reaksi pada Gambar 1.3. Yang berperan sebagai monomer adalah etena, sedangkan polimer linier yang dihasilkan disebut sebagai polietena densitas-tinggi atau high-density polyethylene (HDPE). HDPE tersusun atas makromolekul-makromolekul dengan jumlah unit ulang (n) berkisar antara 10.000 sampai 100.000 (berat molekul antara 2×10^5 hingga 3×10^6).

Tabel 1.1.
Beberapa Jenis Polimer, Monomer dan Unit Ulang Penyusunnya

Polimer	Monomer	Unit Ulang (dengan beragam cara penulisan yang umum digunakan)
Poli(vinil klorida)	$\text{CH}_2=\text{CHCl}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{~~~~~C} - \text{C} \text{~~~~~} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{Cl} \end{array}$
Poliisobutilena	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{~~~~~CH}_2 - \text{CH} \text{~~~~~} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Polistirena	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{CH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{~~~~~CH}_2 - \text{CH} \text{~~~~~} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$
Poliisoprena	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C} = \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\text{~~~~~CH}_2 - \text{CH} = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH}_2 \text{~~~~~}$
Polikaprolaktam	$\text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_5 - \text{COOH}$	$\begin{array}{c} \text{~~~~~N} - (\text{CH}_2)_5 - \text{C} \text{~~~~~} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{H} \qquad \qquad \qquad \text{O} \end{array}$
Poliamida (Kevlar)	<p>para $\text{HO}_2\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}_2\text{H}$</p> <p>+</p> <p>para $\text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}_2$</p>	

Poli(viniliden klorida) (Saran A)	$\text{CH}_2=\text{CCl}_2$	$-(\text{CH}_2-\text{CCl}_2)_n-$
Poli(metil metakrilat) (PMMA)	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CO}_2\text{CH}_3$	$-(\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)\text{CO}_2\text{CH}_3)_n-$
Poli(vinil asetat) (PVAc)	$\text{CH}_2=\text{CHOCOCH}_3$	$-(\text{CH}_2-\text{CHOCOCH}_3)_n-$
Poliuretan (spandex)	HOCH ₂ CH ₂ OH dan 	

C. APLIKASI POLIMER

Tidak diragukan lagi, pengetahuan akan polimer telah memberikan pengaruh besar terhadap cara hidup manusia. Sulit untuk menemukan satu aspek dalam kehidupan kita yang tidak dipengaruhi oleh keberadaan polimer. Perkembangan material polimer sedemikian pesat, sehingga ada material-material baru yang saat ini sangat kita butuhkan, namun puluhan tahun yang lalu masih belum ditemukan. Dengan pemutakhiran dalam hal pemahaman akan polimer diikuti penelitian mengenai aplikasinya, tidak ada alasan bahwa revolusi ini akan terhenti di masa yang akan datang.

Pada bagian ini, akan disajikan aplikasi dari beberapa golongan polimer. Dilihat dari kegunaannya, ada tiga golongan besar dari polimer:

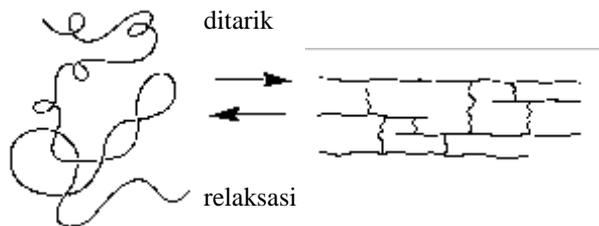
1. Elastomer.
2. Plastik.
3. Serat.

Untuk dapat memahami lebih jauh mengenai ketiga bentuk ini, kita tinjau satu persatu asal-usul dan sifat-sifatnya.

1. Elastomer

Polimer-polimer yang dikategorikan sebagai elastomer adalah polimer yang memiliki sifat dan karakteristik karet – yaitu fleksibel dan elastik. Untuk dapat bersifat elastik, maka suatu polimer harus memenuhi kriteria berikut:

- Memiliki molekul-molekul yang panjang dan fleksibel, yang akan menggulung (berbentuk *coil*) pada keadaan alaminya, namun dapat diregangkan tanpa mengalami pemutusan, seperti yang ditunjukkan pada gambar.



- Mengandung beberapa ikatan-silang antar rantai polimer sehingga satu rantai tidak akan bergeser melewati rantai lainnya pada saat molekul tersebut ditarik.
- Ikatan-silang tidak terlalu banyak, karena molekul dengan ikatan-silang yang terlalu banyak akan menjadi terlalu kaku untuk dapat diregangkan.
- Gaya tarik menarik antar rantai polimer satu dengan lainnya harus relatif kecil, sehingga polimer dapat menggulung kembali ke bentuk *coil* setelah gaya regangan dihilangkan.

Contoh elastomer adalah karet alam dan karet sintetik *stiren butadiene rubber* (SBR), dan karet silikon.

Pada karet silikon, rantai karbon utama digantikan dengan rantai silikon dan oksigen yang tersusun secara bergantian. Elastomer ini juga merupakan polimer berikatan silang yang stabil, bahkan sampai suhu yang lebih tinggi dari elastomer berbasis atom karbon.

2. Plastik

Konsumsi plastik dunia telah menembus angka miliaran ton per tahun. Ada dua jenis plastik, yaitu termoplastik dan termoset.

Polimer termoplastik akan melunak saat dipanaskan dan mengeras saat didinginkan, karenanya dapat dilelehkan dan dibentuk. Pada pabrikasinya, material termoplastik dapat mengandung material filler, berupa serat atau serbuk, yang memberikan peningkatan sifat-sifat fisik atau mekanik tertentu (kekuatan, kekakuan, warna, dan lain-lain).

Beberapa contoh polimer termoplastik, adalah:



- a. Poliolefin: Polietilen (LDPE dan HDPE), Polipropilena.
- b. Stiren: Polistiren (PS), Akrilonitril-Butadiena-Stiren (ABS), Stiren Akrilonitril (SAN).
- c. Vinilik: Poli (vinil klorida) (PVC).
- d. Akrilik: Poli (metil metakrilat) (PMMA).
- e. Polimer Fluoro: Politetrafluoroetilen (FTFE/Teflón).
- f. Poliamida: Poliamida.
- g. Poliester: Polikarbonat.
- h. Polimer yang mengandung belerang(S): Polisulfon.

Polimer termoset tidak meleleh saat dipanaskan. Material termoset lebih kuat dan kaku dari termoplastik.

Contoh-contoh polimer termoset adalah:

- a. Epoksi.
- b. Fenolik.
- c. Melamin formaldehid.

Di antara sekian banyak polimer yang masuk dalam kategori plastik, yang paling penting dan paling banyak digunakan sebagai plastik komersial, adalah polietilen. Polietilen digunakan dalam beragam aplikasi karena, berdasarkan strukturnya, dapat diproduksi dalam banyak ragam bentuk. Aplikasi dari polietilen antara lain sebagai kantong plastik, kontainer, tekstil, insulasi listrik, dan lain-lain.

3. Serat

Serat merepresentasikan aplikasi penting dari material polimer, seperti halnya kategori plastik dan elastomer. Serat alami seperti katun, wol, dan sutera telah digunakan



oleh manusia selama berabad-abad. Pada tahun 1885, sutera sintetik mulai dipatenkan dan diperkenalkan pada industri serat modern.

Secara umum, serat memiliki panjang setidaknya 100 kali dari lebarnya. Beberapa golongan serat alami dan sintetik dapat memiliki perbandingan panjang terhadap lebar hingga 3000 kali atau lebih.

Aplikasi terdekat dari serat adalah pada industri tekstil. Polimer sintetik yang telah dikembangkan memiliki sifat-sifat khusus, yaitu titik pelunakan yang tinggi yang memudahkan dalam penyetrikaan bahan tekstil, kekuatan mekanik tinggi, kekakuan cukup, kualitas bahan baik, kenyamanan dan estetika. Polimer-polimer inilah yang dibentuk menjadi serat dengan beragam karakteristik. Dari kriteria ini, sesungguhnya ada banyak golongan plastik yang juga dapat digunakan sebagai serat.



Nylon (panggilan dagang dari poliamida) dikembangkan pada tahun 1930-an dan digunakan sebagai bahan parasut selama Perang Dunia II. Serat sintetik ini, dikenal karena kekuatannya, elastisitas dan ketahanannya, memiliki aplikasi komersial sebagai pakaian dan karpet. Nilon memiliki sifat khusus yang tidak dimiliki material lain, yaitu elastisitas. Nilon sangat elastik, meskipun demikian, apabila batas keelastikannya telah dilewati, material ini tidak akan kembali ke bentuk awal. Seperti kebanyakan serat

sintetik, Nilon memiliki ketahanan listrik yang besar, inilah yang menyebabkan aplikasinya pada bahan pakaian dan karpet.

Dari bahan tekstil hingga rompi anti-peluru (Kevlar), serat telah menjadi bagian penting yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan. Seiring dengan kemajuan dalam pembuatan serat, material generasi baru yang kuat namun ringan akan banyak diproduksi di masa yang akan datang.

Pada Tabel 1.2 di bawah ini, telah ditabulasikan beragam jenis polimer yang banyak digunakan berikut ranah aplikasinya.

Tabel 1.2.
Contoh-contoh Polimer dan Aplikasinya

Nama Polimer	Aplikasi
Polietylen (PE) Low Density Polyethylen(LDPE)	Kantong plastik, wadah film
Polietylen (PE) High Density Polyethylen(HDPE)	Insulasi listrik, botol, mainan
Polipropilen (PP) beragam tingkatan	Mirip dengan LDPE, karpet plastik, stationary
Poli(vinil klorida) (PVC)	pipa
Poly(viniliden klorida) (Saran A)	Penutup jok, film
Polystiren (PS)	Mainan, cabinet, kemasan
Poliakrilonitril (PAN, Orlon, Acrilan)	Selimut, pakaian
Politetrafluoroetilen (PTFE, Teflon)	Permukaan anti-lengket , insulasi listrik
Poli(metil metakrilat) (PMMA, Lucite, Plexiglas)	lighting covers, signs skylights
Poly(vinil asetat) (PVAc)	Cat lateks, lem (adhesive)
cis-Poliisoprene karet alam	Memerlukan vulkanisasi untuk aplikasinya
Polikloropren (cis + trans) (Neoprene)	Karet sintetik Resisten minyak



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Sebutkan pengertian dari polimer!
- 2) Apa keuntungan penggunaan polimer dibandingkan material lain?
- 3) Sebutkan beberapa aplikasi polimer dalam kehidupan!
- 4) Sebutkan tiga golongan besar polimer!
- 5) Sebutkan contoh polimer yang tergolong plastik! Apa aplikasinya dalam kehidupan?
- 6) Sebutkan contoh polimer yang tergolong elastomer! Apa aplikasinya dalam kehidupan?
- 7) Sebutkan contoh polimer yang tergolong serat! Apa aplikasinya dalam kehidupan?

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Polimer dapat didefinisikan sebagai makromolekul (dengan orde massa molekul 10^5) yang tersusun atas unit-unit ulang monomer.
- 2) Keuntungan penggunaan polimer dibandingkan bahan lain (logam, misalnya), di antaranya:
 - a) Massa jenis yang kecil, sehingga memudahkan pada distribusi dan instalasinya.
 - b) Tahan terhadap korosi.Coba anda cari kelebihan lainnya!
- 3) Anda dapat menyebutkan beberapa jenis polimer dan aplikasinya, misalnya:
 - a) Polietilen, dalam industri kemasan.
 - b) Poli (vinil klorida), sebagai bahan baku pipa.
 - c) Poliester, dalam industri tekstil.
 - d) Dan lain-lain.
- 4) Tiga golongan besar polimer, adalah:
 - a) Elastomer.
 - b) Plastik.
 - c) Serat.
- 5) Misalnya polipropilen, sebagai kemasan air mineral, dan lain-lain.

- 6) Misalnya SBR (Stiren-butadien-rubber), sebagai bahan ban kendaraan
 7) Misalnya Nylon, sebagai kain.



RANGKUMAN

1. Polimer merupakan makromolekul yang tersusun atas unit-unit ulang molekul sederhana, yang disebut sebagai monomer.
2. Perkembangan ilmu kimia polimer sangat pesat dan penggunaan polimer telah merambah ke berbagai bidang kehidupan.
3. Bentuk polimer yang banyak digunakan adalah plastik, serat, dan elastomer.

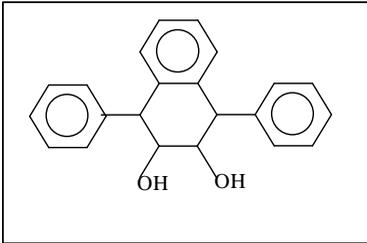


TES FORMATIF 1

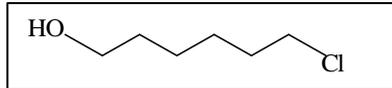
Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Manakah di antara senyawa berikut yang tergolong sebagai polimer

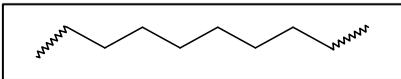
A.



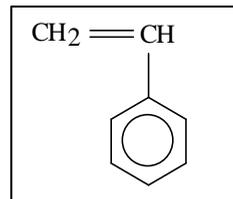
B.



C.



D.



- 2) Manakah yang merupakan unit ulang dari polietena

- A. CH₂-CH₂
- B. -CH-CH-
- C. -CH₂-
- D. CH₄

- 3) Pernyataan berikut yang *bukan* merupakan penyebab meluasnya aplikasi polimer organik, adalah
 - A. kemudahan untuk dibentuk dan diwarnai
 - B. dimensinya yang relatif ringan
 - C. variasi sifat fisik dan mekaniknya
 - D. bahan baku dari sumber yang dapat diperbaharui

- 4) Berikut ini adalah polimer yang banyak digunakan sebagai kemasan air mineral, *kecuali*
 - A. Polietilen
 - B. Poli(etilen tereftalat)
 - C. Polipropilen
 - D. Poli(vinil asetat)

- 5) Teflon® adalah nama dagang dari polimer yang digunakan sebagai bahan anti lengket. Nama lain dari polimer ini adalah
 - A. Poli (etilen tereftalat)
 - B. Polisulfon
 - C. Politetrafluoroetilen
 - D. Poliakrilonitril

- 6) Salah satu contoh polimer yang memiliki ketahanan luar biasa terhadap panas dan tidak dapat dilelehkan adalah
 - A. Polietilen
 - B. Melamin formaldehid
 - C. Poli (etilen tereftalat)
 - D. Poli (vinil asetat)

- 7) Polimer yang memiliki panjang lebih dari 100 kali lebarnya dan banyak diaplikasikan dalam industri tekstil, tergolong sebagai
 - A. Termoplastik
 - B. Termoset
 - C. Elastomer
 - D. Serat

- 8) Berikut ini adalah polimer yang bersifat dapat dilelehkan, dibentuk dan diwarnai, *kecuali*
 - A. Epoksi
 - B. Polietilen
 - C. Polipropilen
 - D. Polistiren

- 9) Ban kendaraan bermotor harus terbuat dari bahan yang bersifat elastik, tahan panas, dan dapat menyerap sebagian energi sehingga memberikan kenyamanan kepada pengemudinya. Polimer yang menjadi bahan baku ban tergolong sebagai
- A. Termoplastik
 - B. Termoset
 - C. Elastomer
 - D. Serat
- 10) Polimer yang banyak digunakan sebagai bahan perekat (*adhesives*) adalah
- A. Poli(vinil asetat)
 - B. Poli(vinil klorida)
 - C. Poliakrilonitril
 - D. Polistiren

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2**Klasifikasi dan Tata Nama Polimer**

Pada kegiatan belajar yang lalu, Anda sudah mendapatkan pengertian dan kegunaan-kegunaan polimer dalam kehidupan. Untuk dapat memiliki gambaran yang utuh tentang polimer, Anda diharapkan dapat mengenal berbagai klasifikasi dan tata nama polimer.

A. KLASIFIKASI UMUM DARI PRODUK POLIMER**1. Berdasarkan Sumber**

Berdasarkan asalnya, terdapat dua jenis polimer, yaitu:

- a. Polimer Alam, yaitu polimer yang dapat dieksploitasi dari alam secara langsung.
- b. Polimer sintetik, yaitu polimer yang dibuat manusia, biasanya menggunakan bahan baku minyak mentah dan gas alam.



Polimer alam dapat berasal dari tiga sumber, yaitu:

- 1) Tumbuhan, seperti katun, kapas dan karet alam.
- 2) Hewan, seperti sutra dan wol.
- 3) Mineral, seperti asbes.

2. Berdasarkan Reaksi Pembentukannya

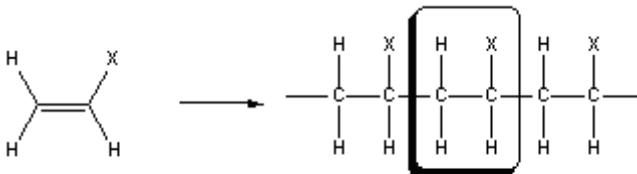
Polimer sintetik dapat diklasifikasikan lebih lanjut berdasarkan reaksi pembentukannya. Pada tahun 1929, Carothers menyarankan klasifikasi polimer ke dalam dua kelompok, yaitu polimer kondensasi dan polimer adisi.

Berdasarkan pengelompokan ini, dapat ditarik formulasi sebagai berikut.

- Polimer kondensasi adalah polimer yang unit ulang dari rantai polimer-nya memiliki jumlah atom lebih sedikit dibandingkan monomernya, misalnya dalam banyak kasus, reaksi polimerisasi kondensasi sering kali diikuti dengan pelepasan molekul air.
- Polimer adisi adalah polimer yang tidak mengalami kehilangan atom-atom tertentu pada pembentukannya, jadi jumlah atom monomer sama dengan jumlah atom dari unit ulangnya (walaupun jumlah/jenis ikatannya dapat berbeda).

Namun, klasifikasi ini menuai kontroversi karena adanya beberapa ketidaksesuaian. Akhirnya, pada tahun 1953, Flory mengusulkan perubahan klasifikasi ini. Klasifikasi yang diusulkan didasarkan pada mekanisme pembentukan polimer. Polimer kondensasi dibentuk dari reaksi kondensasi antarmolekul yang bertahap (*step reaction*) dari gugus-gugus reaktif yang dimiliki molekul-molekul tersebut, sedangkan polimer adisi dihasilkan dari reaksi rantai (*chain reaction*) di sekitar satu sisi aktif (radikal).

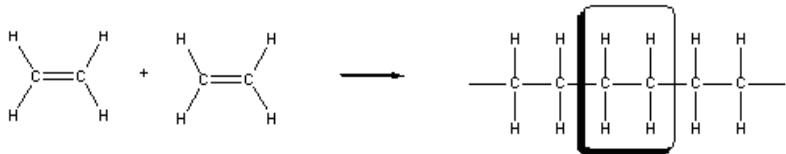
Polimer adisi diperoleh dari unit monomer tak jenuh yang saling bereaksi membentuk polimer dengan rumus empirik unit ulangnya yang identik dengan monomer, sehingga tidak ada produk samping. Biasanya monomer adalah senyawa monofungsional (hanya memiliki satu sisi reaktif). Secara umum reaksi polimerisasi adisi digambarkan sebagai berikut.



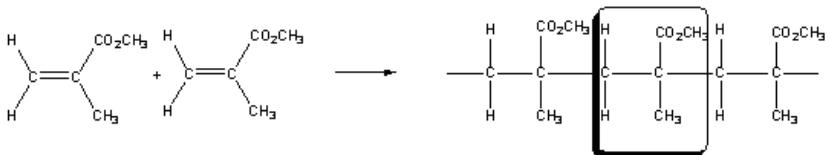
Beberapa karakteristik dari polimer adisi, adalah:

- Reaksi polimerisasi adisi berlangsung pada ikatan rangkap karbon-karbon.
- Dapat melibatkan reaksi pembukaan cincin.
- Jenis-jenis polimer adisi yang paling dikenal adalah polimer vinil.
- Contoh dari polimer adisi antara lain polietilen, poli (vinil klorida), polistiren, polipropilen.

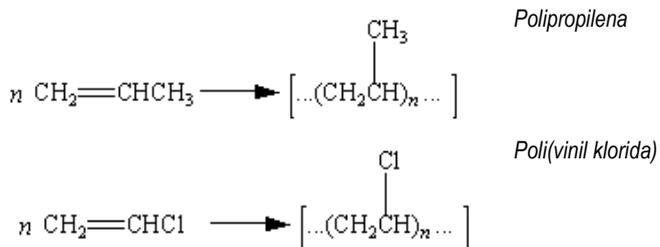
Contoh reaksi polimerisasi adisi pada polietena:



Contoh reaksi polimerisasi adisi pada poli (metil metakrilat):



Selain polietilen dan poli(metil metakrilat), polipropilena, dan poli (vinil klorida) juga merupakan polimer-polimer adisi. Polimer ini diperoleh dari penambahan monomer-monomer untuk menumbuhkan rantai polimer. Polimer adisi dapat dikenali dari unit-unit ulangnya yang selalu memiliki rumus molekul yang sama dengan monomer pembentuknya.



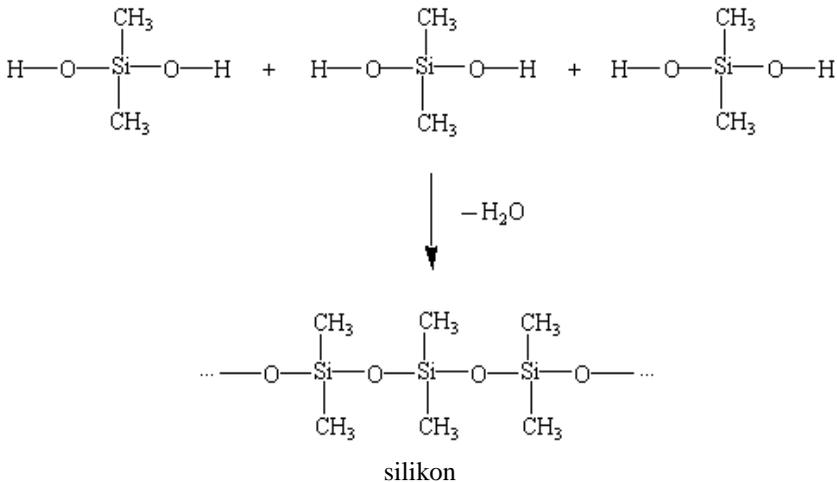
Jenis produk polimer yang diperoleh melalui reaksi polimerisasi kondensasi (polikondensasi) ditentukan oleh “fungsionalitas” - jumlah rata-rata gugus-gugus reaktif per molekul monomer - dari monomernya.

- a. Monomer mono-fungsional, yang hanya memiliki satu gugus aktif akan menghasilkan senyawa dengan berat molekul rendah, misalnya etanol bereaksi dengan asam propionate akan menghasilkan etil propionate – suatu monoester.

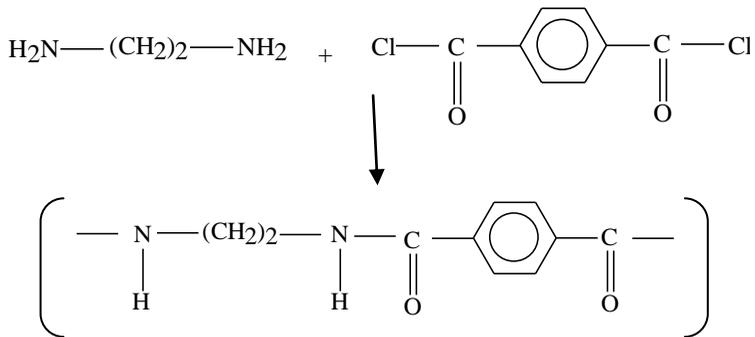
- b. Monomer bi-fungsional, yang memiliki dua gugus aktif - seperti asam tereftalat bereaksi dengan etilen glikol akan menghasilkan suatu polimer, yaitu polyester.
- c. Monomer poli-fungsi, yang memiliki lebih dari dua gugus aktif, akan menghasilkan polimer bercabang atau polimer berikatan silang.

Pemilihan monomer berdasarkan fungsionalitasnya, akan menentukan jenis polimer yang diperoleh. Hasil dari polikondensasi akan mengarah pada sifat termal produk, yaitu termoplastik dan termoset. Perbedaan kedua jenis polimer ini akan dijelaskan kemudian.

Silikon, misalnya, merupakan contoh polimer kondensasi yang dibentuk dari polimerisasi $(\text{CH}_3)_2\text{Si}(\text{OH})_2$. Setiap satu monomer ditambahkan pada rantai polimer, satu molekul air akan dilepaskan (terkondensasi), seperti yang ditunjukkan pada gambar. Perhatikan bahwa unit ulang dari polimer kondensasi lebih kecil apabila dibandingkan monomer pembentuknya.



Contoh lain dari polimer yang disintesis melalui reaksi polikondensasi adalah poli (etilen tereftalamid).



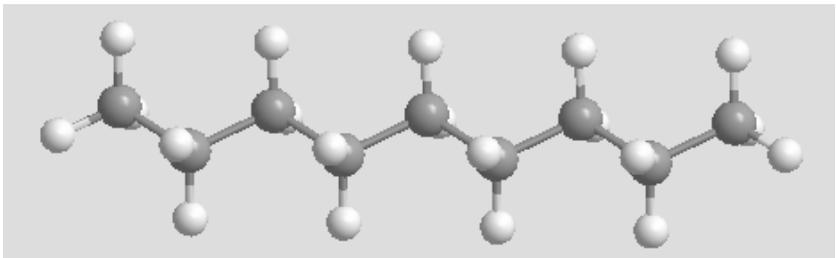
3. Berdasarkan Struktur Rantai Polimernya

Berdasarkan struktur rantai polimer, terdapat tiga jenis polimer, yaitu:

- a. Polimer linier.
- b. Polimer bercabang.
- c. Polimer berikatan-silang (*cross-linked*).

a. Polimer Linier

Polimer linier atau rantai lurus adalah polimer yang terdiri dari serangkaian ikatan karbon-karbon yang panjang. Namun sesungguhnya terminologi ini agak menyesatkan karena geometri di sekitar tiap-tiap atom karbon adalah tetrahedral dan rantai yang dihasilkan tidaklah berbentuk linier atau lurus, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 1.5.
Struktur Tiga Dimensi Polietilen

Seiring dengan pertumbuhan rantai polimer, akan terbentuk lipatan-lipatan secara acak menghasilkan struktur *coil*, seperti yang ditunjukkan pada

gambar di bawah. Rantai polimer yang panjang dapat saling tumpang tindih. Untuk lebih mudahnya, kita dapat membayangkan rantai polimer yang dihasilkan sebagaimana halnya spaghetti, jenis makanan mie tertentu dari Italia.

Jadi, istilah polimer linier merupakan penyederhanaan untuk merepresentasikan polimer yang tidak memiliki percabangan atau ikatan silang. Polimer linier biasanya terbentuk dari monomer-monomer monofungsional yang mengalami reaksi polimerisasi adisi (melalui mekanisme radikal bebas).

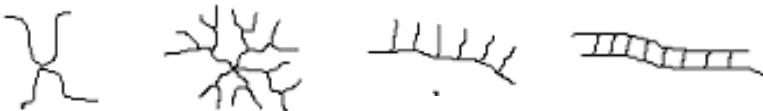
Polimer linier tidak memiliki percabangan pada rantai utama, sehingga mudah untuk diatur pada orientasi tertentu. Kemudahan pengaturan polimer pada orientasi tertentu menyebabkan sifat polimer linier menjadi teratur (kristalin).

b. Polimer bercabang



Polimer-polimer dengan percabangan-percabangan pada interval yang bervariasi sepanjang rantai utama, disebut sebagai polimer bercabang (terlihat pada gambar).

Adanya percabangan-percabangan pada rantai polimer, menyebabkannya sulit untuk tersusun dengan orientasi tertentu, sehingga sifatnya menjadi kurang teratur. Percabangan polimer dapat menghasilkan beragam geometri sehingga membentuk struktur tertentu yang unik. Di antaranya adalah, polimer bintang, dendrimer, sisir, dan tangga.



(a) polimer bintang (b) dendrimer (c) polimer sisir (d) polimer tangga

c. Polimer Berikatan-Silang

Polimer berikatan-silang mengandung percabangan-percabangan yang menghubungkan rantai polimer satu dengan yang lainnya, menghasilkan struktur seperti pada gambar berikut.



Pada awalnya, penambahan ikatan-silang antar rantai polimer akan menyebabkan polimer bersifat lebih elastik. Misalnya, pada vulkanisasi karet, yang dilakukan melalui penambahan atom-atom sulfur rantai pendek yang menghubungkan rantai polimer satu dengan yang lainnya, seperti pada karet alam. Namun, seiring dengan penambahan ikatan silang, pada tingkat tertentu polimer akan menjadi kaku dan bersifat lebih *rigid*.

Alasan pembedaan polimer bercabang dengan polimer yang berikatan-silang adalah karena perbedaan karakter rantai sampingnya. Pada polimer yang berikatan silang, rantai samping yang terdapat pada suatu rantai polimer dapat menghubungkan rantai polimer lain yang bersebelahan. Sedangkan pada polimer bercabang, tidak terjadi ikatan kovalen antar rantai polimer.

Cara termudah untuk membedakan polimer bercabang dengan polimer berikatan-silang (*cross-linked*) adalah dengan mempelajari pengaruh pelarutan menggunakan pelarut tertentu terhadap polimer tersebut. Polimer bercabang sering kali dapat larut dalam satu atau lebih pelarut karena pemisahan antar rantai polimer dapat terjadi dengan mudah. Sebaliknya, polimer yang berikatan-silang tidak larut dalam semua pelarut karena rantai polimer satu dengan lainnya terikat oleh ikatan kovalen yang kuat.

4. Berdasarkan Sifat Termalnya

Polimer akan memiliki kecenderungan yang berbeda-beda saat dipaparkan pada kondisi termal tertentu. Berdasarkan sifat termalnya, ada dua kelas polimer, yaitu termoplastik dan termoset.

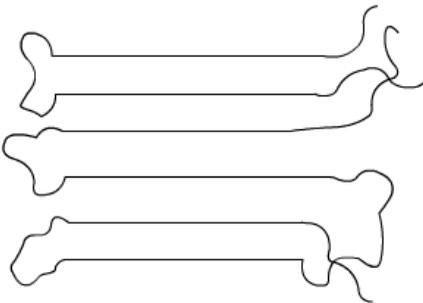
- a. Polimer-polimer linier dan bercabang membentuk suatu kelas material yang dikenal sebagai termoplastik. Material ini akan mengalir apabila dipanaskan dan dapat dicetak menjadi beragam bentuk yang akan dipertahankannya ketika didinginkan.
- b. Polimer yang berikatan-silang secara kuat menghasilkan jenis plastik termoset. Sekali ikatan silang telah terbentuk, polimer ini akan menghasilkan bentuk tertentu yang tidak akan dapat diubah lagi meskipun dipanaskan, kecuali bila dihancurkan.

Polipropilen, misalnya, yang sering kali digunakan sebagai bahan kursi-kursi plastik di sekolah-sekolah, adalah salah satu contoh termoplastik; bahan ini cukup lentur sehingga memberikan kenyamanan saat kita meregangkan badan kita. *Casing* plastik radio yang umum kita jumpai termasuk dalam kategori plastik termoset; bahan ini lebih cenderung untuk terpecah belah dibandingkan menjadi bengkok apabila terjatuh mengenai lantai.

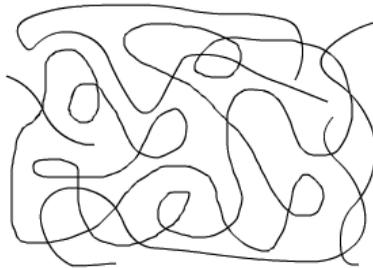
Polimer-polimer termoplastik dapat dipanaskan dan dibentuk menjadi beragam variasi bentuk. Sebaliknya, polimer termoset tahan terhadap panas, dan tidak dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Sekali polimer termoset terbentuk, maka polimer tersebut tidak akan dapat dimodifikasi lebih lanjut. Di pabrik-pabrik polimer, yang memproduksi berbagai macam polimer, derajat ikatan-silang merupakan variabel yang diatur secara ketat karena akan sangat berpengaruh pada produk polimer yang diperoleh.

5. Berdasarkan Kristalinitasnya

Bentuk molekul dan cara molekul diatur dalam suatu padatan merupakan faktor penting dalam menentukan sifat dari polimer. Kita dapat menemukan polimer yang hancur saat disentuh hingga polimer yang digunakan sebagai bahan rompi anti peluru, struktur molekul, komformasi dan orientasi polimer bisa menjadi alasan dari sifat yang amat berbeda dari keduanya. Salah satu sifat penting yang sangat berpengaruh dan menjadi dasar pengklasifikasian polimer adalah kristalinitasnya. Kristalinitas adalah pengaturan dan orientasi molekul polimer menjadi struktur yang teratur. Karena polimer merupakan makromolekul yang sangat besar, biasanya molekul-molekulnya memiliki susunan yang kurang teratur, di mana daerah yang teratur (kristalin) bercampur dengan daerah yang tidak teratur (amorf).



Kristali



Amorf

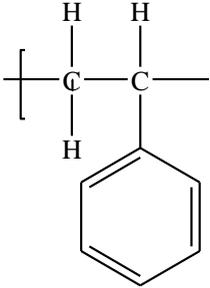
Pada beberapa kasus, suatu padatan bisa bersifat amorf artinya secara keseluruhan tersusun atas rantai yang berwujud *coil* dan kacau. Kristalinitas muncul saat struktur rantai linier polimer memiliki orientasi yang seragam.

Peningkatan kristalinitas akan berhubungan dengan kekakuan, kekuatan dan warna yang buram (berkaitan dengan efek pemantulan sinar). Sedangkan polimer amorf biasanya kurang kaku, lebih lemah, dan mudah dideformasi dengan warna transparan.

B. TATA NAMA POLIMER

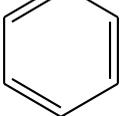
Sekarang mari kita pelajari bagaimana penamaan dari polimer. Karena kompleksitas struktur dari suatu polimer, maka pemberian nama polimer bukanlah pekerjaan yang sederhana. Aturan yang dikeluarkan oleh IUPAC mengenai penamaan polimer memang telah demikian lengkap dan baik. Namun penamaan standar IUPAC jarang digunakan secara luas, kecuali di lingkungan jurnal-jurnal ilmiah dan karya-karya yang menjadi referensi. Persoalan tata nama menjadi lebih rumit apabila diaplikasikan pada polimer-polimer yang memiliki percabangan, ataupun yang berikatan silang dengan struktur tiga dimensi.

Secara sederhana, polimer diberi nama sesuai dengan monomer pembentuknya. Penamaan dilakukan dengan menambahkan awalan poli- pada nama monomernya. Contoh sederhana adalah polietene yang merupakan polimer dari reaksi polimerisasi etena. Sebagian orang menyebutnya polietilen, karena etena juga dikenal dengan nama etilena. Demikian juga dengan propena (yang dikenal pula sebagai propilena), polimer dari propena disebut sebagai polipropena ataupun polipropilen. Nama ini juga sering disingkat sebagai poliprop di lingkungan industri tekstil.

$\text{—} \left[\text{CH}_2\text{CH}_3 \right] \text{—}$	Polietena/Polietilena
$\text{—} \left[\text{CF}_2\text{CF}_2 \right] \text{—}$	Politetrafluoroetilen/Teflon
	Polistiren

Teknik penamaan yang sama juga dapat diaplikasikan pada monomer yang terdiri dari unit-unit alkena. Misalnya apabila monomernya merupakan unit dari stiren, maka nama polimer yang lazim digunakan adalah polistiren. Apabila monomer berupa gugus vinil klorida, maka nama dari polimer adalah poli (vinil klorida), atau biasa disingkat PVC. Apabila monomer adalah tetrafluoroetilen, maka polimernya dinamakan politetrafluoroetilen, yang umum disebut teflon.

Jika nama monomer terdiri dari dua kata atau lebih, atau apabila didahului huruf (α, β , dan seterusnya) atau angka (1,2, dan seterusnya), maka nama monomer berada di antara tanda kurung. Jadi penamaan polimernya adalah poli + (nama monomer).

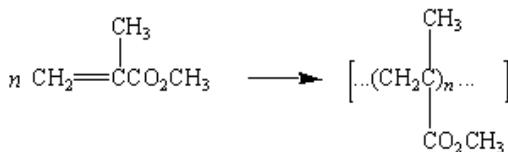
$\left[\begin{array}{c} \text{H}_2 \\ \\ \text{---C---} \\ \\ \text{CO}_2\text{H} \end{array} \right]$	<p>Poli (asam akrilat)</p>
$\left[\begin{array}{c} \text{H}_2 \\ \\ \text{---C---} \\ \\ \text{Cl} \end{array} \right]$	<p>Poli (vinil klorida)</p>
$\left[\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H}_2 \\ \quad \\ \text{---C---C---} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]$ 	<p>Poli (1-feniletilen)</p> <p><u>atau</u></p> <p>Polistiren</p>
$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---C---} \\ \\ \text{C---OCH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array} \right]$	<p>Poli (metil metakrilat)</p>



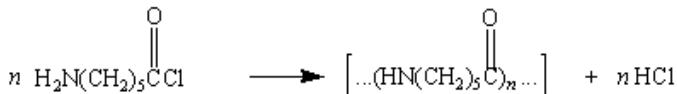
LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

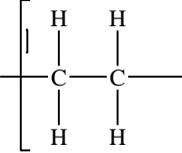
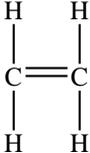
- 1) Klasifikasikan produk-produk dari reaksi polimerisasi berikut, dalam kategori polimer adisi atau polimer kondensasi!
 - a) Poli(metil metakrilat), dijual sebagai Lucite atau plexiglass.



- b) Nilon 6



- 2) Polietilen dapat diperoleh dalam dua bentuk, yaitu *high-density polietilen* (0.94 g/cm^3) yang merupakan polimer linier, dan *low-density polietilen* (0.92 g/cm^3) yang merupakan polimer bercabang dengan rantai samping yang pendek terikat pada 3% atom-atom di sepanjang rantai utama polimer. Jelaskan bagaimana struktur polimer ini dapat memberikan efek terhadap kerapatan (densitas) polimer!
- 3) Pada gambar di bawah telah disediakan 4 gambar. Klasifikasikan keempat gambar tersebut sebagai rumus struktur dari monomer, nama monomer, nama polimer atau rumus struktur polimer! Apabila salah satu gambar dikategorikan sebagai nama monomer, misalnya, maka Anda harus mencari rumus struktur dari monomer tersebut, nama polimer yang dapat diperoleh dari polimer tersebut dan rumus struktur dari polimer yang diperoleh!

Gambar A	
Gambar B	
Gambar C	1-butena
Gambar D	Poli(2-pentena)

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Yang harus Anda amati dari kedua reaksi tersebut adalah mekanisme yang kemungkinan dilewati pada reaksi pembentukan polimernya.
 - a) Pada (a) Poli (metil metakrilat) diperoleh polimer dengan struktur unit ulang identik dengan monomernya, artinya reaksi tidak disertai dengan pelepasan molekul kecil. Selain itu, keberadaan ikatan rangkap juga dapat memperkuat bahwa mekanisme yang dialami adalah polimerisasi radikal. Maka polimer (a) dikategorikan sebagai polimer adisi.
 - b) Pada (b) Nilon 6 struktur unit ulang polimer tidak sama dengan monomernya dan dapat langsung terlihat bahwa reaksi diikuti dengan pelepasan molekul kecil, yaitu HCl. Selain itu, keberadaan dua gugus fungsi (gugus karbonil dan amina) mengindikasikan bahwa reaksi polimerisasinya adalah polimerisasi bertahap. Maka polimer (b) dikategorikan sebagai polimer kondensasi.
- 2) Untuk dapat menjawab soal Anda harus membayangkan struktur yang akan diadopsi oleh kedua polimer tersebut. HDPE memiliki struktur linier, sedangkan LDPE strukturnya bercabang. Apa yang akan terjadi pada penyusunan keduanya?

Ambil analogi sederhana berikut: Bayangkan Anda harus menyusun pipa dalam ruangan. Ada dua macam pipa, yang lurus dan bercabang. Pipa manakah yang memudahkan pada penyusunannya? Mana yang akan menghemat ruang? Mana yang membutuhkan ruang yang besar?

Sekarang resapi arti fisis dari kerapatan polimer. Harga densitas 1 g/cm^3 berarti volum 1 cm^3 bisa diisi oleh 1 g zat. Berarti apabila harga kerapatan tinggi, zat tersebut dapat memaksimalkan ruang dalam penyusunannya.

- 3) Untuk dapat menyelesaikan soal di atas, Anda harus mengetahui karakteristik dan struktur dari monomer dan polimer. Monomer adalah senyawa prekursor dari polimer, biasanya berupa senyawa organik sederhana (tak jenuh). Sedangkan polimer adalah makromolekul yang terdiri dari serangkaian unit ulang polimer. Maka:
- Gambar A adalah rumus struktur polimer.
 - Gambar B adalah rumus struktur monomer.
 - Gambar C adalah nama monomer.
 - Gambar D adalah nama polimer.

Jawaban yang diharapkan:

Nama Monomer	Rumus Struktur Monomer	Nama Polimer	Rumus Struktur Polimer
etena atau etilena	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{C} = \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} $	polietena atau polietilen	Gambar A $ \left[-\text{CH}_2\text{CH}_2- \right] $
2-butena	<p>Gambar B</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{C} = \text{C} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array} $	Poli(2-butena)	$ \left[\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ -\text{C} - \text{C}- \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array} \right] $

<p>Gambar C</p> <p>1-butene</p>	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{C} = \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{CH}_2 \\ \quad \\ \quad \text{CH}_3 \end{array} $	<p>Poli(1-butena)</p>	$ \left[\begin{array}{c} \text{H}_2 \\ \\ \text{C} - \text{C} \\ \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{array} \right]_n $
<p>2-pentena</p>	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{C} = \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{CH}_2 \\ \quad \\ \quad \text{CH}_3 \end{array} $	<p>Gambar D</p> <p>Poli(2-pentena)</p>	$ \left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{C}_2\text{H}_5 \end{array} \right]_n $



RANGKUMAN

Polimer dapat diklasifikasikan menjadi lima yaitu berdasarkan sumber (asal), reaksi pembentukan, struktur (percabangan), sifat termal, dan kekristalan. Berdasarkan sumber, ada dua jenis polimer yaitu polimer alam dan buatan. Berdasarkan reaksi pembentukan, ada dua jenis polimer yaitu polimer adisi dan kondensasi. Berdasarkan struktur (percabangan), ada tiga jenis polimer yaitu polimer linier, bercabang dan berikatan silang. Berdasarkan sifat termal, ada dua jenis polimer yaitu termoplastik dan termoset. Berdasarkan kristalinitas, ada tiga jenis polimer, yaitu kristalin, amorf, dan semikristalin.



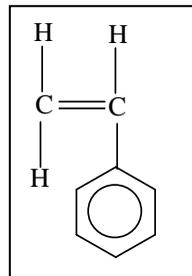
TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

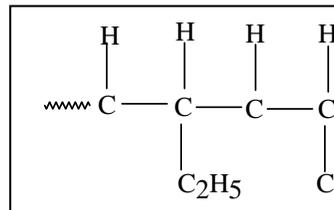
- Berikut ini adalah polimer yang tergolong sebagai polimer alam, *kecuali*
 - katun
 - sutera
 - karet alam
 - nilon

- 2) Polimer dengan derajat ikatan silang yang tinggi akan memiliki sifat yang kaku, keras dan memiliki ketahanan terhadap panas, sehingga tidak dapat dilelehkan. Polimer jenis ini tergolong sebagai
- termoset
 - termoplastik
 - polimer amorf
 - dendrimer
- 3) Suatu polimer memiliki struktur rantai bercabang dengan ikatan kovalen antar rantai polimer satu dengan lainnya dan memiliki sifat tidak dapat larut dalam pelarut apapun, termasuk dalam golongan
- polimer linier
 - polimer bercabang
 - polimer berikatan silang
 - polimer termoplastik
- 4) Polietilen densitas tinggi (HDPE) merupakan polimer linier dengan rantai panjang, sedangkan polietilen densitas rendah (LDPE) adalah polimer bercabang dengan rantai pendek. Pernyataan yang benar tentang kedua jenis polimer ini adalah
- LDPE bersifat lebih kristalin dari HDPE
 - Struktur LDPE lebih teratur dibandingkan HDPE
 - HDPE memiliki derajat kristalinitas yang lebih tinggi dari LDPE
 - Kristalinitas LDPE dan HDPE tidak berbeda

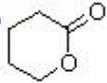
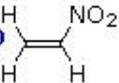
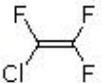
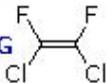
- 5) Senyawa berikut ini dapat mengalami reaksi polimerisasi menghasilkan polimer dengan nama
- Poli(1-feniletilen)
 - Poli(2-feniletilen)
 - Polifenilmetilena
 - Polifeniletena



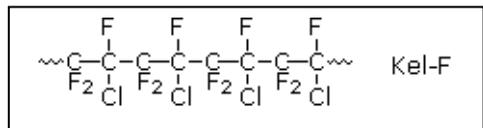
- 6) Nama yang sesuai untuk polimer berikut adalah
- Polibutena
 - Poli(1-butena)
 - Poli(2-butena)
 - Poli(etil etilena)



Untuk menjawab soal nomor 7 sampai dengan 9 gunakan gambar di bawah. Pada Gambar terdapat 10 senyawa yang merupakan monomer dari berbagai polimer.

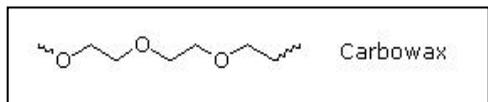
<p>A</p> 	<p>B</p> 
<p>D</p> 	<p>E</p> 
<p>G</p> 	<p>H</p> 
<p>J</p> 	<p>K</p> $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{NO}_2$

- 7) Berikut adalah struktur polimer yang dikenal dengan nama Kel-F. Manakah monomer yang menjadi prekursor polimer tersebut?



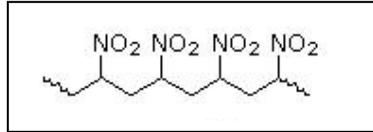
- A. D
B. E
C. G
D. K

- 8) Carbowax adalah polimer yang terbuat melalui reaksi pembukaan cincin suatu monomer, yaitu



- A. A
B. H
C. J
D. B

- 9) Polimer dengan struktur berikut, dapat diperoleh melalui reaksi polimerisasi adisi dari monomer yang memiliki struktur



- A. D
B. K
C. G
D. E

- 10) Contoh polimer yang diperoleh melalui reaksi polimerisasi kondensasi, adalah

- A. Nylon 6
B. Polipropilen
C. Poli(metil metakrilat)
D. Politetrafloroetilen

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) C. (lihat kembali struktur dan cara penulisan polimer).
- 2) B. (monomer dari polietena adalah etena (A), namun unit ulang dari polimer ini adalah B).
- 3) D. (bahan baku polimer organik adalah gas alam dan minyak bumi).
- 4) D. (sudah jelas).
- 5) C. (sudah jelas).
- 6) B. (sudah jelas).
- 7) D. (sudah jelas).
- 8) A. (sudah jelas).
- 9) C. (sudah jelas).
- 10) A. (sudah jelas).

Tes Formatif 2

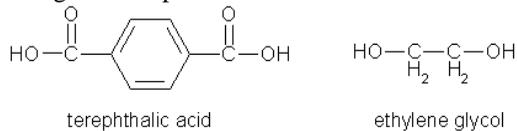
- 1) D
- 2) A
- 3) C
- 4) C
- 5) A
- 6) B
- 7) B
- 8) B
- 9) A
- 10) A

Glosarium

- Gutta-percha (Getah perca)** : Bila karet alam berasal yang dari pohon karet *Hevea brasiliensis* merupakan cis-poli(isoprena), Pohon sapodilla di Malaysia *Palaquium oblongifolia* menghasilkan suatu lateks yang merupakan trans-poli(isoprena). Material ini disebut gutta-percha (getah perca) dan lebih kaku dan keras daripada karet alam.
- Homopolimer** : Suatu polimer yang dibentuk dari satu spesi monomer.
- Kerapatan (density)** : Untuk mendapatkan kerapatan suatu objek, ukurlah massa objek tersebut dan volumenya, kemudian bagilah massa dengan volume dan memberikan nilai kerapatan objek tersebut dalam satuan g/mL atau kg/L. Karena semua atom kira-kira mempunyai ukuran yang sama, maka material yang mempunyai kerapatan terbesar adalah logam, seperti osmium dan emas karena mempunyai inti yang berat. Sedangkan material dengan kerapatan yang paling rendah adalah unsur-unsur penghuni periode pertama tabel periodik, yakni gas hidrogen dan helium.
- Karet Sintetis** : Beberapa polimer sintetis yang meniru sifat-sifat karet alam. Salah satu karet sintetis awal adalah karet ABS (Akrilonitril Butadiena Stirena), suatu kopolimer yang mengandung bagian panjang dari ketiga monomer tersebut.
- Nylon** : Suatu golongan polimer yang banyak digunakan pada industri tekstil. Ciri umum nylon adalah adanya ikatan $-\text{CO}-\text{NH}-$ antara satuan-satuan monomernya, yang disebut ikatan amida.
- Nylon 6** : Bentuk lain dari nylon yang menggunakan hanya satu unit monomer (tidak dua). Monomernya merupakan suatu senyawa laktam, yaitu kaprolaktam suatu senyawa siklik dengan enam atom karbon dan satu atom nitrogen. Polimerisasi nylon 6 melalui polimerisasi pembukaan cincin laktam.

Nylon 66 : Suatu polimer yang banyak digunakan dalam bentuk serat dan juga sebagai plastik keras. Nylon 66 terbentuk melalui polimerisasi kondensasi dari heksametilendiamina dan asam adipat.

PET : Singkatan dari poli(etilen tereftalat), suatu polimer kondensasi yang banyak digunakan sebagai botol minuman ringan. Polimer ini dapat dibuat melalui reaksi antara etilen glikol dan asam tereftalat untuk menghasilkan polimer dan air.



Plastik : Apa yang kebanyakan orang bayangkan ketika mereka berfikir mengenai polimer. Suatu plastik adalah suatu material polimer yang dapat dicetak menjadi berbagai bentuk ketika dipanaskan (suatu termoplastik). Sifat plastik diantara sifat serat dan sifat elastomer.

Poliester : Poliester adalah golongan polimer yang menggunakan ikatan ester (-COOC-) untuk menghubungkan satuan-satuan monomernya. Poliester adalah suatu polimer kondensasi.

Polimer : Suatu molekul besar (massa molekul sekitar 10.000 atau lebih) terdiri dari dari banyak molekul kecil (monomer) yang saling terikat.

Polimer Jaringan : Suatu polimer yang sangat bercabang yang tiap unit rantai polimer saling terhubung/terikat silang.

Polimer Linear : Suatu polimer dengan struktur yang terdiri dari rangkaian monomer yang lurus linear tanpa ada percabangan.

Polimerisasi Adisi : Disebut pula poliadisi, suatu reaksi polimerisasi yang mana pertumbuhan rantai polimer berlangsung melalui reaksi adisi antara molekul-molekul monomer.

Polimerisasi Kondensasi : Dikenal juga sebagai Polimerisasi pertumbuhan-bertahap (*Step-Growth Polymerisation*). Suatu cara untuk membuat polimer yang mana setiap rantai polimer tumbuh secara kontinu melalui rangkaian suatu reaksi dari monomer-monomer secara bertahap.

- Poliolefin** : Suatu polimer dari olefin, yaitu molekul-molekul yang mempunyai gugus fungsi alkena (ikatan rangkap dua). Pada umumnya terbentuk melalui reaksi polimerisasi radikal bebas (salah satu bentuk dari polimerisasi adisi).
- Rantai Bercabang** : Suatu rantai dengan setidaknya satu titik percabangan.
- Rantai Linear** : Suatu rantai tanpa adanya titik percabangan.
- Rantai Utama (Tulang punggung)** : Suatu rantai lurus yang mana semua rantai lain, yang panjang atau pendek atau keduanya, teruntai pada rantai tersebut.
- Taktisitas** : Keteraturan dari rangkaian konfigurasi unit ulang (monomer) dalam rantai utama suatu polimer.
- Termoplastis** : Suatu polimer yang bila dipanaskan ('termo') akan menjadi lunak dan dapat dibentuk ('plastis'). Sebagai contoh adalah polistirena, polietilena, dll.
- Termoset** : Suatu polimer yang apabila dipanaskan ('termo') tidak menjadi lunak dan tidak bisa dibentuk. Hal ini biasanya dikarenakan terjadinya ikatan silang, dan karenanya molekul menjadi tidak dapat untuk bergerak satu dengan yang lain, kecuali ikatan kimia harus dipecahkan – yang pada gilirannya akan mengakibatkan dekomposisi polimer.

Daftar Pustaka

Billmeyer, F. W. (1984). *Textbook of Polymer Science*. John Wiley & Sons, Inc.

Cowd M.A. (1991). *Kimia Polimer*. (Penerjemah Hary Firman). Bandung: Penerbit ITB.

Malcolm P. Stevens. (2001). *Kimia Polimer*. (Penerjemah Iis Sopyan). Jakarta: Pradnya Paramita.