

# Bab

# VII

## Makromolekul (Polimer)



### Tujuan Pembelajaran

- Setelah mempelajari bab ini Anda dapat mendeskripsikan struktur, tata nama, klasifikasi, sifat, dan kegunaan makromolekul.

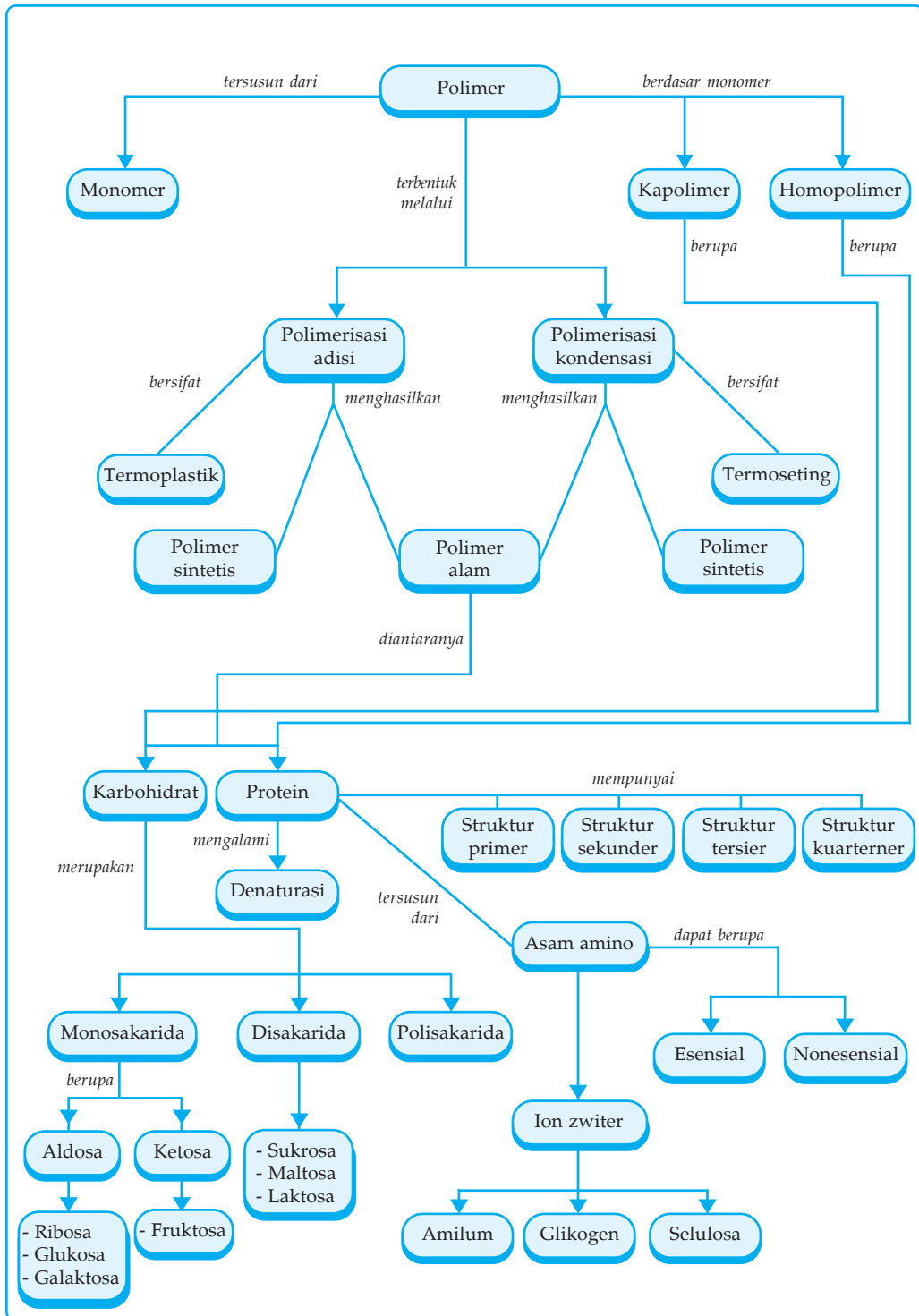
Makromolekul (polimer) merupakan molekul raksasa dengan rantai sangat panjang yang tersusun dari molekul-molekul sederhana (monomer). Dalam kehidupan sehari-hari kita sering menggunakan bahan-bahan sintesis yang merupakan polimer, misalnya plastik, karet, nilon, dan tetoron. Di dalam tubuh kita juga terdapat polimer-polimer yang memegang peranan penting yaitu karbohidrat, protein, dan asam nukleat.

Baik polimer alam maupun sintesis terbentuk melalui reaksi polimerisasi yang dapat berupa adisi dan polimerisasi kondensasi. Pada bab ini akan kita pelajari reaksi polimerisasi, penggolongan polimer, kegunaan dan dampak penggunaan polimer.

### Kata Kunci

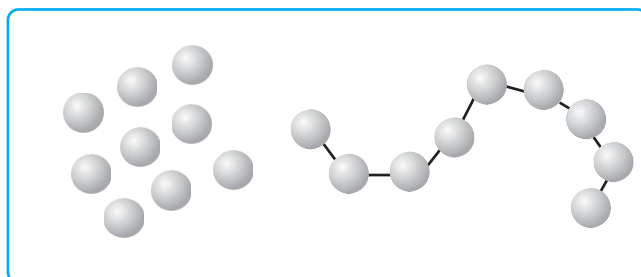
- polimer
- monomer
- polimerisasi

# Peta Konsep



## A. Reaksi Polimerisasi

Reaksi polimerisasi adalah reaksi penggabungan molekul-molekul sederhana (monomer) menjadi polimer (makromolekul). Reaksi polimerisasi dibedakan menjadi dua macam, yaitu sebagai berikut.

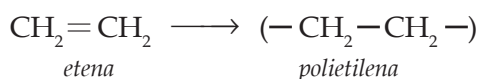


Gambar 7.1 Polimer terbentuk dari monomer melalui reaksi polimerisasi  
Ilustrasi : Haryana

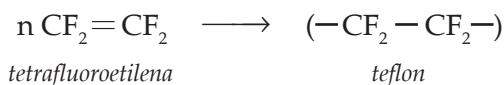
### 1. Polimerisasi Adisi

Polimerisasi adisi adalah penggabungan molekul-molekul yang berikatan rangkap membentuk rantai molekul yang panjang (polimer). Polimerisasi adisi dapat berlangsung dengan bantuan katalisator.

Contoh : Pembentukan polietilena dari etena.



Pembentukan teflon atau politetra fluoroetilena

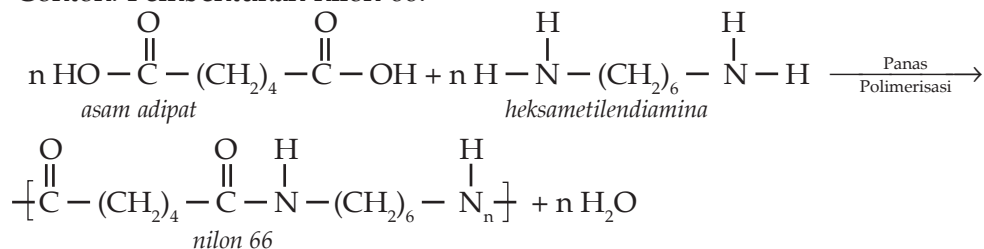


Reaksi polimerisasi adisi banyak dimanfaatkan pada industri plastik dan karet.

### 2. Polimerisasi Kondensasi

Polimerisasi kondensasi adalah reaksi antara dua gugus fungsional pada molekul-molekul monomer yang berinteraksi membentuk polimer dengan melepaskan molekul kecil ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ).

Contoh: Pembentukan nilon 66.



Nilon 66 mempunyai massa molekul relatif  $\pm 10.000$  dan titik lelehnya  $\pm 250^\circ\text{C}$ .

### Soal Kompetensi 7.1

1. Glisin memiliki rumus struktur  $\text{H}-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ , bila berpolimerisasi maka:
- tentukan jenis reaksi polimerisasinya,
  - tuliskan persamaan reaksinya,
  - bila 20 molekul glisin berpolimerisasi, tentukan  $M_r$  polimer yang dihasilkan ( $A_r$  H = 1, C = 12, N = 14, O = 16)!
2. Lengkapilah tabel berikut dengan benar!

No.	Polimer	Monomer	Polimer Alam/Sintetis	Reaksi Polimerisasi
1.	Selulosa	...	...	...
2.	Protein	...	...	...
3.	PVC	...	...	...
4.	Karet alam	...	...	...
5.	Nilon 66	...	...	...
6.	Teflon	...	...	...
7.	Bakelit	...	...	...
8.	Amilum	...	...	...
9.	Polistirena	...	...	...
10.	DNA	...	...	...

## B. Penggolongan Polimer

Polimer dapat digolongkan berdasarkan asalnya, jenis monomer pembentuk, sifat dan kegunaan.

### 1. Berdasarkan Asalnya

Berdasarkan asalnya, polimer dibedakan menjadi polimer alam dan polimer sintetis.

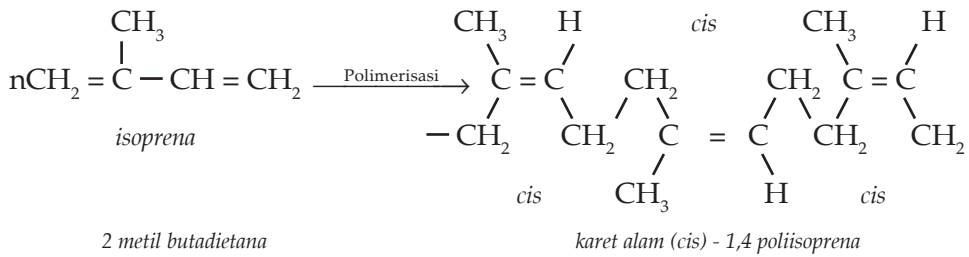
#### a. Polimer Alam

Polimer alam adalah polimer yang telah tersedia di alam dan terbentuk secara alami.

Contoh: Karet alam (poliisoprena)



Sumber: Ind Magazine, Aug 1987  
Gambar 7.2 Penyadapan getah pohon karet



Beberapa contoh polimer alam yang lain adalah protein, amilum, selulosa, glikogen, dan asam nukleat.

## b. Polimer Sintetis

Polimer sintetis atau polimer buatan dibuat sebagai tiruan. Polimer sintetis meliputi plastik, karet sintetis, dan serat sintetis.

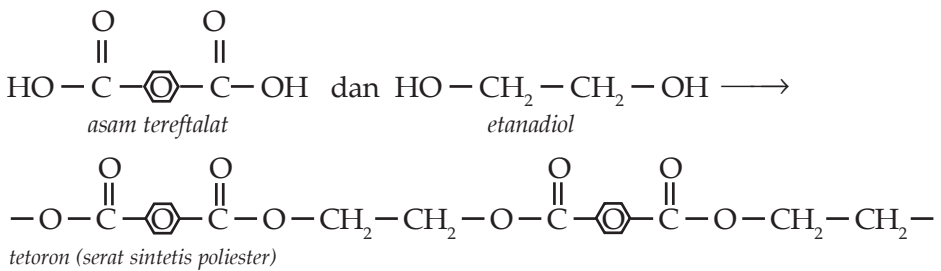
Contohnya plastik polietilena, PVC, polipropilena, teflon, karet neoprena, karet SBR, nilon, dan tetoron.

## 2. Berdasarkan Jenis Monomer

Berdasarkan jenis monomer penyusunnya, polimer dibedakan menjadi kopolimer dan homopolimer.

### a. Kopolimer

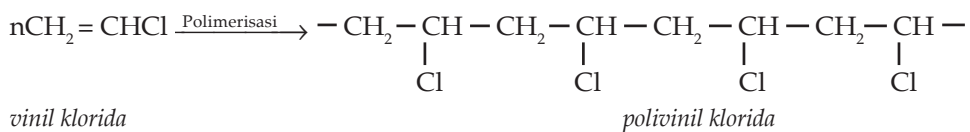
Kopolimer adalah polimer yang tersusun dari monomer yang berbeda. Contoh: Dacron tersusun dari monomer asam tereftalat dan etanadiol.



Contoh kopolimer yang lain adalah saran, polietilena tereftalat, bakelit, nilon, dan karet nitril.

### b. Homopolimer

Homopolimer adalah polimer yang tersusun dari monomer yang sama. Contoh: PVC tersusun dari monomer vinil klorida.



Contoh homopolimer yang lain adalah polipropilena, polietilena, teflon, PVA

### 3. Berdasarkan Sifatnya terhadap Panas

Berdasarkan sifatnya terhadap panas, polimer dibedakan menjadi polimer termoseting dan polimer termoplas.

#### a. Polimer Termoseting

Polimer termoseting artinya hanya dapat dipanaskan satu kali yaitu pada saat pembuatannya sehingga apabila pecah tidak dapat disambung kembali dengan pemanasan atau dicetak ulang dengan pemanasan. Polimer termoseting terdiri atas ikatan silang antarrantai sehingga terbentuk bahan yang keras dan lebih kaku. Contoh polimer termoseting adalah bakelit dan melamin.

#### b. Polimer Termoplas

Polimer termoplas dapat dipanaskan berulang-ulang karena polimer termoplas melunak bila dipanaskan dan mengeras bila didinginkan sehingga apabila pecah dapat disambung kembali dengan pemanasan atau dicetak ulang dengan pemanasan. Polimer termoplas terdiri dari molekul-molekul rantai lurus atau bercabang dan tidak ada ikatan silang antarrantai seperti pada polimer termoseting.

Contoh: polietena, PVC, polistirena.

Agar lebih memahami sifat-sifat polimer, lakukan kegiatan berikut.



### Kegiatan Ilmiah 7.1

#### Mempelajari Sifat-Sifat Polimer

##### Tujuan:

Mempelajari pengaruh asam, basa, dan pemanasan pada polimer

##### Alat dan Bahan:

- solder listrik
- pipet tes
- berbagai limbah plastik, karet, kain sintetik
- larutan HCl 2M
- larutan NaOH 2 M

##### Langkah Kerja:

1. Kumpulkan sedikit pecahan ember, sisir, kantong plastik, solder listrik, kain katun, tetoron, serta karet ban!
2. Teteskan 2 tetes larutan NaOH 2 M pada tiap-tiap zat yang Anda kumpulkan, amati dan catat hasilnya!
3. Teteskan 2 tetes larutan HCl 2 M pada bagian lain zat tersebut, amati dan catat hasilnya!
4. Sentuhkan solder panas sebentar pada zat-zat tersebut, amati dan catat hasilnya!
5. Buatlah kesimpulan dari kegiatan ini!

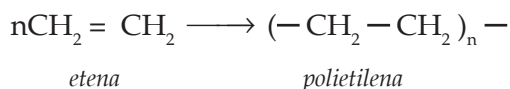
## C. Beberapa Polimer dan Kegunanaannya

### 1. Plastik

Polimerisasi adisi dari monomer-monomer berikatan rangkap menghasilkan bermacam-macam plastik.

#### a. Polietilena

Polietilena merupakan polimer yang terbentuk dari polimerisasi adisi etena.

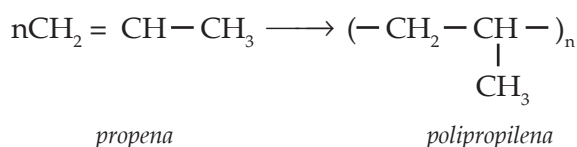


Sifat-sifat dan kegunaan polietilena adalah:

- 1) titik leleh 110°C,
- 2) melunak dalam air panas,
- 3) digunakan untuk botol fleksibel, film, pembungkus, dan isolator listrik.

#### b. Polipropilena

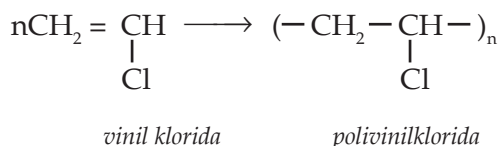
Polipropilena memiliki sifat hampir sama dengan polietilena, hanya polipropilena lebih kuat dibanding polietilena. Polipropilena tersusun dari molekul-molekul propena.



Polipropilena digunakan untuk membuat tali, botol, karung, dan sebagainya.

#### c. PVC

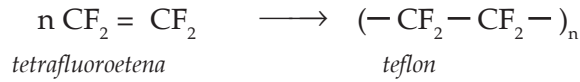
PVC (polivinilklorida) merupakan polimer jenis plastik yang tersusun dari vinil klorida melalui polimerisasi adisi.



PVC merupakan plastik yang keras, kaku, dan mudah rusak, dapat digunakan untuk membuat pipa, tongkat, dan pelapis lantai.

#### d. Teflon (PTFE)

Teflon tersusun dari monomer-monomer tetrafluoroetena.



Teflon bersifat sangat ulet, kenyal, tahan terhadap zat kimia, tak mudah terbakar, isolator listrik yang baik, dan mampu melumasi diri serta tidak menempel.

Panci untuk memasak/menggoreng menggunakan pelapis teflon, sehingga tidak memerlukan minyak yang banyak, tidak mudah gosong, serta mudah mencucinya.



Sumber: Kamus Visual, 2004

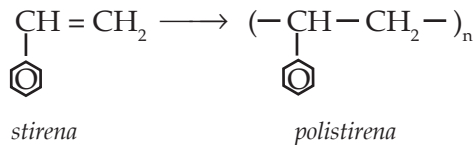
Gambar 7.3 Penggorengan berlapis teflon

Sifat dan kegunaan teflon adalah

- 1) titik leleh  $327^\circ\text{C}$ ,
- 2) tahan terhadap panas,
- 3) tahan terhadap zat kimia, digunakan untuk alat-alat yang tahan terhadap bahan kimia, misalnya pelapis tangki bahan kimia, pelapis panci antilengket.

#### e. Polistirena

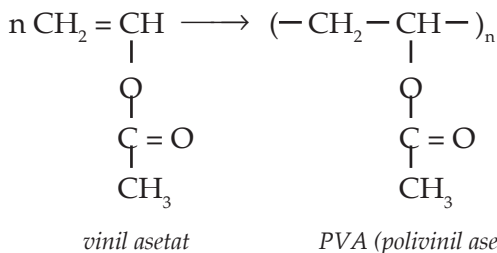
Polistirena tersusun atas monomer stirena



Polistirena digunakan untuk membuat gelas minuman ringan, isolasi, dan untuk kemasan makanan.

#### f. PVA

PVA (polivinil asetat) tersusun dari monomer-monomer vinil asetat.

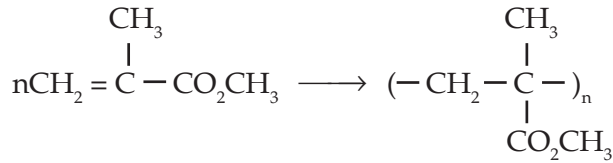


PVA digunakan untuk pengemulsi cat.



### g. Polimetil Metakrilat (PMMA)

Polimetil metakrilat tersusun dari ester metil metakrilat.



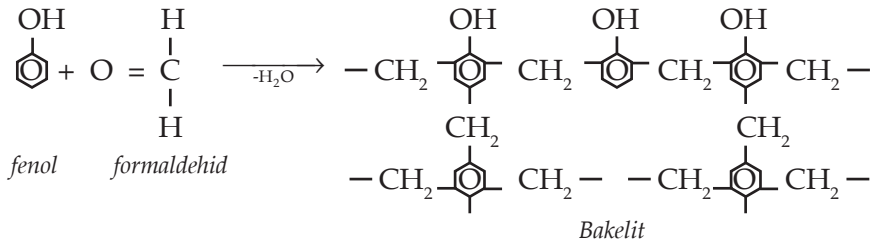
metil metakrilat

polimetil metakrilat

Polimetil metakrilat merupakan plastik bening, keras, tetapi ringan sehingga digunakan untuk pengganti gelas, misalnya kaca jendela pesawat terbang.

### h. Bakelit

Bakelit merupakan polimer termoseting yang tersusun dari fenol dan formaldehid.



Bakelit digunakan untuk pembuatan peralatan listrik.

## Kolom Diskusi

Polietilena merupakan plastik yang paling sederhana dan paling murah. Plastik polietilena ada dua jenis, yaitu polietilena densitas rendah (LDPE = *Low Density Polyetilen*) dan polietilena densitas tinggi (HDPE = *High Density Polyetilen*).

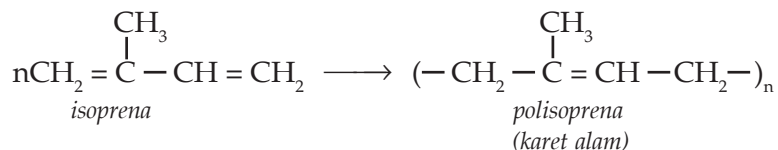
Diskusikan perbedaan-perbedaan dari kedua jenis plastik tersebut dari segi:

1. kerapatan,
2. rantai karbon,
3. titik leleh,
4. elastisitas,
5. kegunaan!

## 2. Karet

### a. Karet Alam

Karet alam tersusun dari monomer-monomer isoprena atau 2 metil 1,3 butadiena.



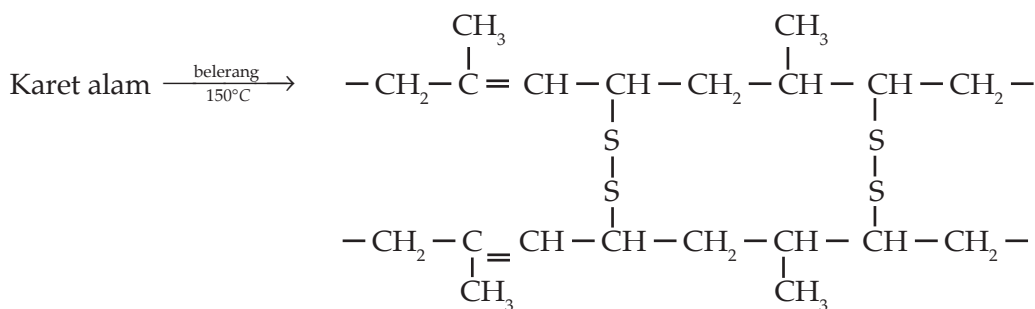
Karet alam bersifat lunak, lekat, dan mudah dioksidasi. Agar menjadi lebih keras dan stabil dilakukan vulkanisasi, yaitu karet alam dipanaskan pada suhu 150°C, dengan sejumlah kecil belerang. Dengan cara ini ikatan rangkap pada karet terbuka kemudian terjadi ikatan jembatan belerang di antara rantainya.

Karet diekstraksi dari lateks (getah pohon karet), hasil vulkanisirnya digunakan untuk ban kendaraan.



Dokumen : Haryana

Gambar 7.4 Ban karet hasil ekstraksi lateks

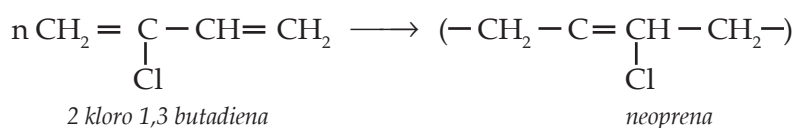


karet alam yang telah divulkanisasi

### b. Karet Sintetis

#### 1) Neoprena (Kloroprena)

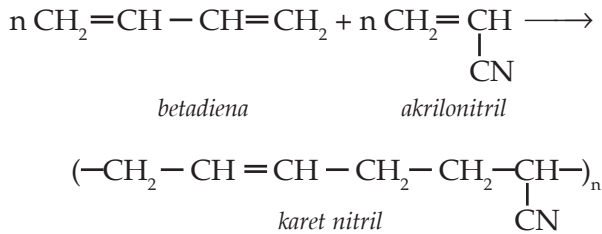
Neoprena tersusun dari monomer-monomer 2 kloro 1,3 butadiena



Sifat dan kegunaan neoprena adalah tahan terhadap bensin, minyak tanah, dan lemak sehingga digunakan untuk membuat selang karet, sarung tangan, tapak sepatu, dan sebagainya.

## 2) Karet Nitril

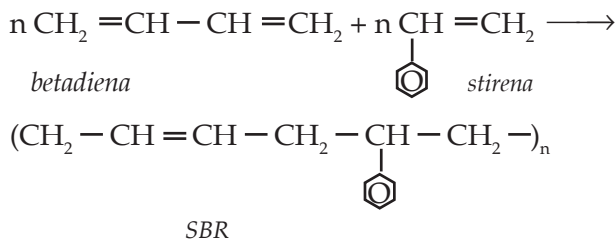
Karet nitril tersusun dari monomer butadiena dan akrilonitril



Karet nitril memiliki sifat tahan terhadap bensin, minyak dan lemak, digunakan untuk membuat selang.

## 3) SBR

SBR (*Styrena Butadiena Rubber*) tersusun dari monomer stirena dan butadiena.



SBR merupakan karet sintetis yang paling banyak diproduksi untuk ban kendaraan bermotor.

## 3. Serat Sintetis

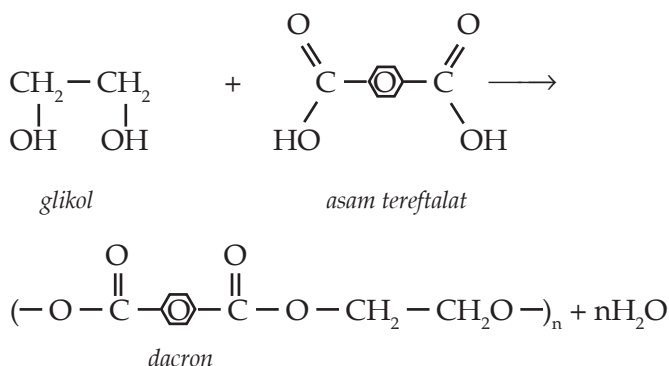
### a. Nilon 66

Nilon 66 merupakan kopolimer dari heksa metilen diamina dengan asam adipat melalui polimerisasi kondensasi. Disebut nilon 66 karena masing-masing monomernya mengandung 6 atom karbon

Nilon 66 bersifat kuat, ringan, dan dapat ditarik tanpa retak sehingga digunakan untuk membuat tali, jala, parasit, dan tenda.

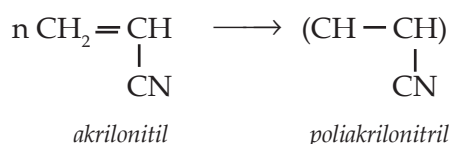
## b. Dacron

Dacron (polietilen tereftalat) merupakan kopolimer dari glikol dengan asam tereftalat melalui polimerisasi kondensasi.



## c. Orlon

Orlon atau poliakrilonitril tersusun dari molekul akrilonitril.



Sifat dan kegunaan orlon adalah memiliki sifat yang kuat digunakan untuk karpet dan pakaian (kaos kaki, baju wol).

## D. Dampak dan Penangan Limbah Polimer

Penggunaan polimer sintesis terutama plastik dapat menimbulkan masalah. Meskipun tidak beracun pembuangan limbah pabrik sangat mencemari tanah karena tidak terurai oleh mikroorganisme. Pembakaran plastik dan karet dapat mencemari udara karena menghasilkan gas-gas yang bersifat racun korosi seperti HCl, oksida-oksida belerang dan oksida-oksida karbon.

Untuk mencegah pencemaran akibat limbah polimer dapat dilakukan daur ulang. Limbah plastik dikumpulkan, dipisahkan, dilelehkan, dan dibentuk ulang menjadi bentuk-bentuk lain yang bermanfaat. Selain dengan daur ulang, perlu dikembangkan jenis plastik yang terbiodegradasi agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan.

### Soal Kompetensi 7.2

1. Bagaimana susunan kopolimer jenis:
  - a. tersusun
  - b. blok
  - c. acak
  - d. graft
2. Lengkapilah tabel berikut berikut!

No.	Polimer	Penggolongan Polimer Berdasar			
		Asal	Monomer Pembentuk	Sifat	Kegunaan
a.	Nilon 66	...	...	...	...
b.	Amilum	...	...	...	...
c.	Bakelit	...	...	...	...
d.	Polietilena	...	...	...	...
e.	Poliisoprena	...	...	...	...

3. Sebutkan polimer yang digunakan sebagai:
  - a. isolator
  - b. dasar setrika
  - c. pengganti kaca
  - d. pembuatan tekstil

### Tokoh

#### Leo Hendrik Backeland (1863–1944)

Backeland lahir di Ghent Belgia pada tanggal 14 November 1863 dan meninggal di Beacon New York pada tanggal 23 Februari 1944.

Ia adalah ahli kimia Belgia penemu bakelit dan kertas foto Velox. Bakelit merupakan plastik tahan panas, sedangkan kertas foto velox merupakan kertas untuk mencetak film dengan sinar lampu, tanpa sinar matahari.



## Info Kimia

### Beberapa Singkatan Senyawa Kimia

PP	=	Phenolptalin
EDTA	=	Etilendiamintetra Asetat
TEL	=	Tetra Etil Lead
PVC	=	Polivinil Clorida
PVA	=	Polivinil Asetat
BHA	=	Butil Hidrosi Anisol
BHT	=	Butil Hidrosi Toluen
MSG	=	Monosodium Glutamat
BHC	=	Benzena Hekta Clorida
TNT	=	Trinitro Toluena
ABS	=	Alkil Benzena Sulfonat



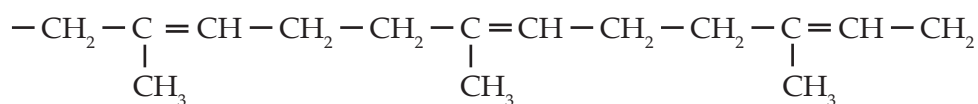
## Rangkuman

1. Polimer merupakan makromolekul yang tersusun dari monomer-monomer melalui reaksi polimerisasi.
2. Reaksi polimerisasi adisi terjadi pada monomer-monomer tak jenuh (berikatan rangkap).
3. Reaksi polimerisasi kondensasi terjadi pada monomer-monomer yang memiliki dua gugus fungsi atau lebih.
4. Berdasar asalnya, polimer dibedakan menjadi polimer alam dan polimer sintesis.
5. Berdasar monomer penyusunnya, polimer dibedakan menjadi homopolimer dan kopolimer.
6. Berdasar sifatnya terhadap panas, polimer dibedakan menjadi polimer termoplas dan polimer termoseting.
7. Pembuangan bahan-bahan plastik dapat mencemari tanah karena sukar diuraikan oleh mikroorganisme.
8. Untuk mencegah pencemaran akibat pembuangan bahan plastik dilakukan daur ulang.

## Pelatihan

**A. Berilah tanda silang (x) huruf a, b, c, d atau e pada jawaban yang paling benar. Kerjakan di buku tugas Anda!**

1. Polivinil klorida (PVC) adalah polimer jenis plastik yang banyak digunakan untuk pipa air. Plastik tersebut tersusun dari monomer-monomer ....
  - A.  $\text{CHCl} = \text{CHCl}$
  - B.  $\text{CHCl} = \text{CCl}_2$
  - C.  $\text{CH} = \text{CCl}$
  - D.  $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$
  - E.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{Cl}$
  
2. Polimer berikut yang terbentuk melalui polimerisasi kondensasi adalah ....
  - A. karet
  - B. teflon
  - C. nilon
  - D. PVC
  - E. polipropilena
  
3. Suatu polimer memiliki rumus struktur sebagai berikut:



Maka monomer-monomer penyusunnya adalah ....

- A.  $\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- B.  $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} = \text{CH} - \text{CH}_3$
- C.  $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH} = \text{CH}_3$
- D.  $\text{CH}_2 = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2$
- E.  $\text{CH}_2 = \text{C} = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH}_3$

4. Perhatikan 5 macam kelompok mengenai polimer berikut:

No.	Jenis Polimer	Monomer	Reaksi Polimerisasi
1.	Alam	Asam amino	Kondensasi
2.	Sintetis	Etena	Adisi
3.	Alam	Glukosa	Kondensasi
4.	Sintetis	1,6 diamino heksana dan asam adipat	Kondensasi
5.	Alam	Isoprena	Adisi

Berdasarkan data di atas, nama senyawa polimer yang sesuai dengan data tabel nomor 4 adalah ...

- karet
  - nilon - 66
  - amilum
  - polietena
  - protein
5. Polimer berikut ini tergolong jenis karet sintetis, *kecuali* ....
- neoprena
  - poliisoprena
  - buna-S
  - thiokol
  - akrilan
6. Nilon adalah polimer yang jenis serat sintetis yang tersusun atas monomer-monomer ...
- asam adipat dan heksametilen diamin
  - asam tereftalat dan etanadiol
  - asam adipat dan etanadiol
  - asam tereftalat dan heksametilen diamin
  - dimetil tereftalat dan etilen glikol
7. Berikut ini beberapa contoh polimer:
- Polietilena
  - PVC
  - Dacron
  - Neoprena
  - Tetoron
- Yang tergolong polimer jenis serat adalah ....
- 1 dan 2
  - 1 dan 4
  - 2 dan 4
  - 3 dan 5
  - 4 dan 5



8. Diberikan tabel sebagai berikut:

No.	Polimer	Monomer	Polimerisasi	Polimer
1.	Karet	Isoprena	Kondensasi	Alam
2.	Protein	Asam amino	Kondensasi	Alam
3.	PVC	Vinil klorida	Adisi	Sintetis
4.	Selulosa	Glukosa	Adisi	Alam
5.	Polistirena	Stirena	Adisi	Alam

Pasangan yang tepat dari 5 komponen di atas adalah ....

- 1 dan 2
  - 2 dan 3
  - 3 dan 4
  - 4 dan 5
  - 2 dan 4
9. Susunan monomer dalam polimer:  $M_1 M_1 M_1 M_2 M_2 M_2$  disebut ....
- homopolimer
  - kopolimer tersusun
  - kopolimer graft
  - kopolimer blok
  - homopolimer tersusun
10. Panci tahan panas dan antilengket yang digunakan dalam rumah tangga mengandung monomer ....
- $CH_2 = CH - Cl$
  - $CHCl = CHCl$
  - $CF_2 = CF_2$
  - $CH_2 - CH - CH = CH_2$
  - $CH_3 - \underset{\substack{| \\ Cl}}{C} = CH - CH_2$

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini di buku kerja Anda dengan benar!**

- Apakah yang Anda ketahui tentang karet alam, mengenai:
  - monomer pembentuknya,
  - rumus struktur monomer,
  - reaksi polimerisasinya?
- Tergolong polimer jenis apakah PVC, bila dipandang berdasar:
  - monomer pembentuknya,
  - reaksi pembentuknya,
  - sifat dan kegunaan,
  - sifatnya terhadap panas?

3. Diketahui 2 monomer  $\text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_4-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$  dan  $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$
- Bila berpolimerisasi, melalui polimerisasi apa? Tuliskan persamaan reaksinya!
  - Apakah kegunaan polimer yang dihasilkan?
4. Apakah keuntungan dan kerugian penggunaan polimer sintetis dalam kehidupan sehari-hari?
5. Karet merupakan polimer dari isoprena (2 metil 1,3 butadiena).
- Tuliskan rumus struktur monomernya!
  - Termasuk kopolimer atau homopolimer?
  - Terbentuk melalui polimerisasi apa?
  - Termasuk termoseting atau termoplastik? Jelaskan!