

Kode KIM.15

# Polimer



**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM  
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

**2004**

Kode KIM.15

# Polimer

Penyusun:

*Dra. Utiya Azizah, M.Pd.*

**Editor**

**Drs. Sukarmin, M.Pd.**

**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM  
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
2004**

# Kata Pengantar

---

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan hidayah-Nya, kami dapat menyusun bahan ajar modul manual untuk SMK Bidang Adaptif, yakni mata pelajaran Fisika, Kimia dan Matematika. Modul yang disusun ini menggunakan pendekatan pembelajaran berdasarkan kompetensi, sebagai konsekuensi logis dari Kurikulum SMK Edisi 2004 yang menggunakan pendekatan kompetensi (*CBT: Competency Based Training*).

Sumber dan bahan ajar pokok Kurikulum SMK Edisi 2004 adalah modul, baik modul manual maupun interaktif dengan mengacu pada Standar Kompetensi Nasional (SKN) atau standarisasi pada dunia kerja dan industri. Dengan modul ini, diharapkan digunakan sebagai sumber belajar pokok oleh peserta diklat untuk mencapai kompetensi kerja standar yang diharapkan dunia kerja dan industri.

Modul ini disusun melalui beberapa tahapan proses, yakni mulai dari penyiapan materi modul, penyusunan naskah secara tertulis, kemudian disetting dengan bantuan alat-alat komputer, serta divalidasi dan diujicobakan empirik secara terbatas. Validasi dilakukan dengan teknik telaah ahli (*expert-judgment*), sementara ujicoba empirik dilakukan pada beberapa peserta diklat SMK. Harapannya, modul yang telah disusun ini merupakan bahan dan sumber belajar yang berbobot untuk membekali peserta diklat kompetensi kerja yang diharapkan. Namun demikian, karena dinamika perubahan sains dan teknologi di industri begitu cepat terjadi, maka modul ini masih akan selalu dimintakan masukan untuk bahan perbaikan atau direvisi agar supaya selalu relevan dengan kondisi lapangan.

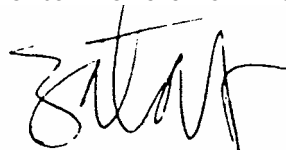
Pekerjaan berat ini dapat terselesaikan, tentu dengan banyaknya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang perlu diberikan penghargaan dan ucapan terima kasih. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini tidak

berlebihan bilamana disampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak, terutama tim penyusun modul (penulis, editor, tenaga komputerisasi modul, tenaga ahli desain grafis) atas dedikasi, pengorbanan waktu, tenaga, dan pikiran untuk menyelesaikan penyusunan modul ini.

Kami mengharapkan saran dan kritik dari para pakar di bidang psikologi, praktisi dunia usaha dan industri, dan pakar akademik sebagai bahan untuk melakukan peningkatan kualitas modul. Diharapkan para pemakai berpegang pada azas keterlaksanaan, kesesuaian dan fleksibilitas, dengan mengacu pada perkembangan IPTEK pada dunia usaha dan industri dan potensi SMK dan dukungan dunia usaha industri dalam rangka membekali kompetensi yang terstandar pada peserta diklat.

Demikian, semoga modul ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya peserta diklat SMK Bidang Adaptif untuk mata pelajaran Matematika, Fisika, Kimia, atau praktisi yang sedang mengembangkan modul pembelajaran untuk SMK.

Jakarta, Desember 2004  
a. n. Direktur Jenderal Pendidikan  
Dasar dan Menengah  
Direktur Pendidikan Menengah Kejuruan,



Dr. Ir. Gatot Hari Priowirjanto, M. Sc.  
NIP 130 675 814

# Kata Pengantar

---

Modul Kimia untuk peserta diklat SMK ini disusun dengan mengacu kepada kurikulum SMK Edisi 2004. Modul merupakan salah satu media yang sesuai dan tepat untuk mencapai suatu tujuan tertentu pada setiap pembelajaran. Bagi peserta diklat, selain dapat dipakai sebagai sumber belajar, modul juga dapat dijadikan sebagai pedoman dalam melakukan suatu kegiatan tertentu. Bagi sekolah menengah kejuruan, modul merupakan media informasi yang dirasakan efektif, karena isinya yang singkat, padat informasi, dan mudah dipahami oleh peserta diklat sehingga proses pembelajaran yang tepat guna akan dapat dicapai.

Dalam modul ini akan dipelajari tentang polimer ditinjau dari jenis monomernya, asalnya, sifat dan kegunaannya. Polimer terbagi menjadi dua, yaitu polimer alam dan polimer sintesis. Umumnya polimer sintesis digunakan untuk menggantikan logam, kayu, kulit dan bahan alami lainnya dengan harga yang jauh lebih murah. Berbagai macam barang yang diperlukan dalam kehidupan sehari-hari dapat dibuat dari polimer sintesis, misalnya perabot rumah tangga (dari plastik), bahan pakaian (nilon, poliester), alat pembungkus, alat transportasi, bahan organ manusia seperti ginjal, jantung dan tulang.

Akhir kata, diharapkan modul ini dapat meringankan tugas guru dalam mengajar. Tak lupa juga kami mengharapkan kritik dan masukan dari para pemakai dan pemerhati buku pelajaran. Semoga modul ini bermanfaat bagi siswa khususnya, dan dapat membuat peserta diklat belajar kimia dengan senang, sehingga dapat meningkatkan kualitas pendidikan di Indonesia.

Surabaya, Desember 2004

Penyusun

Utiya Azizah

# Daftar Isi

---

📖	Halaman Sampul .....	i
📖	Halaman Francis .....	ii
📖	Kata Pengantar .....	iii
📖	Kata Pengantar .....	v
📖	Daftar Isi .....	vi
📖	Peta Kedudukan Modul .....	viii
📖	Daftar Judul Modul .....	ix
📖	Glosary .....	x

## I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi .....	1
B. Prasyarat .....	1
C. Petunjuk Penggunaan Modul .....	1
D. Tujuan Akhir .....	2
E. Kompetensi .....	3
F. Cek Kemampuan .....	4

## II. PEMBELAJARAN

<b>A. Rencana Belajar Peserta Diklat .....</b>	<b>5</b>
<b>B. Kegiatan Belajar .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Kegiatan Belajar 1 .....</b>	<b>6</b>
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran .....	6
b. Uraian Materi .....	6
c. Rangkuman .....	21
d. Tugas .....	22
e. Tes Formatif .....	23
f. Kunci Jawaban .....	23
g. Lembar Kerja .....	24
<b>2. Kegiatan Belajar 2 .....</b>	<b>29</b>
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran .....	29
b. Uraian Materi .....	29
c. Rangkuman .....	38
d. Tugas .....	38
e. Tes Formatif .....	38
f. Kunci Jawaban .....	38

### **III. EVALUASI**

A. Tes Tertulis .....	40
B. Tes Praktik .....	42

### **KUNCI JAWABAN**

A. Tes Tertulis .....	43
B. Lembar Penilaian Tes Praktik .....	45

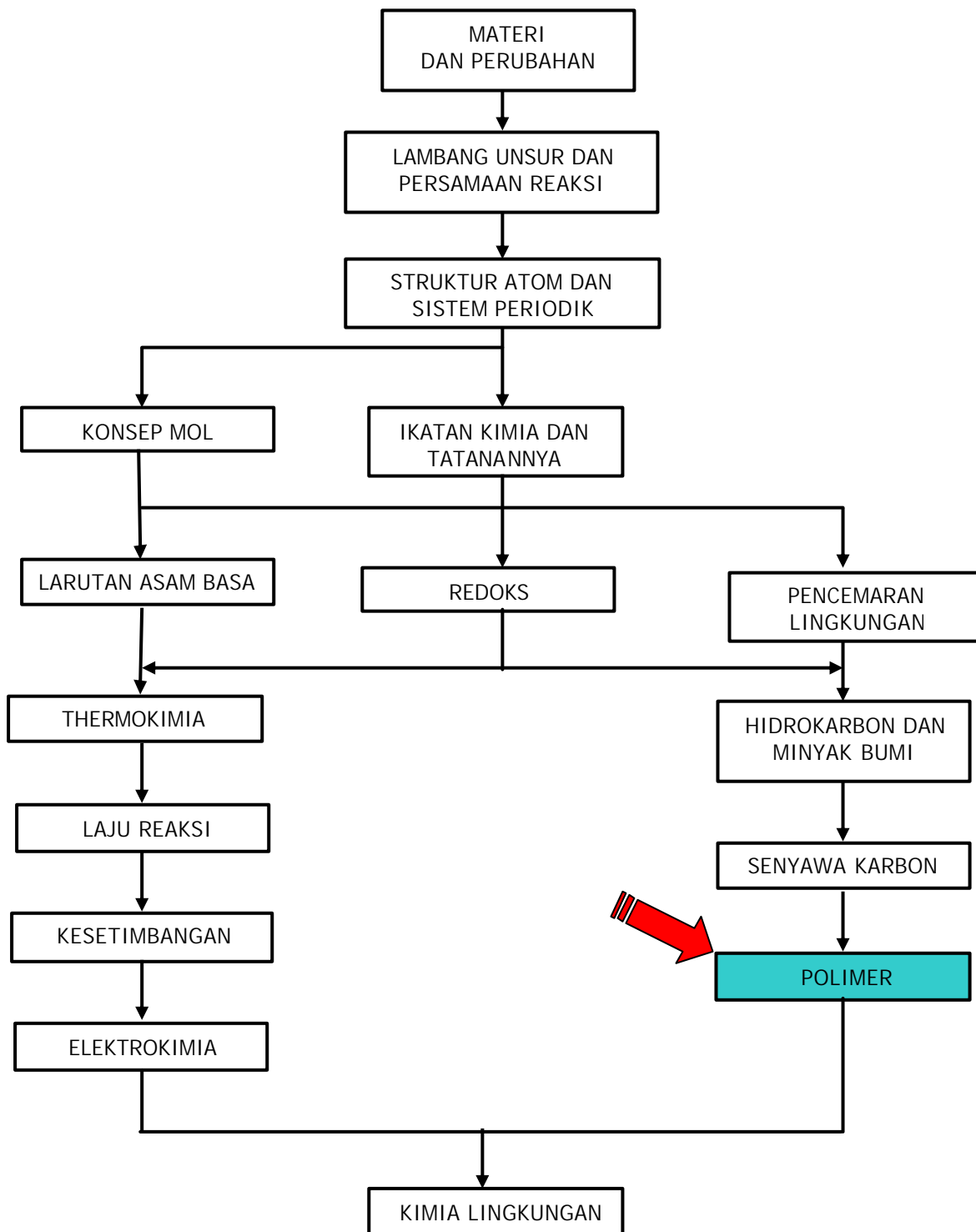
### **IV. PENUTUP** .....

47

### **DAFTAR PUSTAKA** .....

48

# Peta Kedudukan Modul





# Daftar Judul Modul

No.	Kode Modul	Judul Modul
1	KIM. 01	Materi dan Perubahannya
2	KIM. 02	Lambang Unsur dan Persamaan Reaksi
3	KIM. 03	Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur
4	KIM. 04	Konsep Mol
5	KIM. 05	Ikatan Kimia
6	KIM. 06	Larutan Asam Basa
7	KIM. 07	Reaksi Oksidasi dan Reduksi
8	KIM. 08	Pencemaran Lingkungan
9	KIM. 09	Termokimia
10	KIM. 10	Laju Reaksi
11	KIM. 11	Keseimbangan Kimia
12	KIM. 12	Elektrokimia
13	KIM. 13	Hidrokarbon dan Minyak Bumi
14	KIM. 14	Senyawa Karbon
15	KIM. 15	Polimer
16	KIM. 16	Kimia Lingkungan

# Glossary

---

ISTILAH	KETERANGAN
Polimer	Senyawa makromolekul yang terbentuk dari susunan ulang molekul kecil (monomer) yang saling berikatan
Polimerisasi	Reaksi penggabungan dari monomer-monomer menjadi polimer
Polimerisasi adisi	Pembentukan polimer yang berdasarkan reaksi adisi, dan terjadi pada monomer yang mempunyai ikatan rangkap
Polimerisasi kondensasi	Pembentukan polimer dimana dua atau lebih monomer bergabung membentuk molekul yang lebih besar dengan melepas suatu molekul kecil, seperti $H_2O$ , $NH_3$ , dan $CH_3OH$
Homopolimer	Polimer yang terbentuk dari satu jenis monomer
Kopolimer	Polimer yang terbentuk lebih dari sejenis monomer
Plastik Termoset	Plastik yang mudah mengeras jika dipanaskan dan tidak dapat dilunakkan lagi.
Plastik termoplas	Plastik yang melunak jika dipanaskan dan mengeras jika didinginkan.

# BAB I. PENDAHULUAN

---

## A. Deskripsi

Dalam modul ini Anda akan mempelajari kimia polimer, yaitu suatu molekul raksasa atau makro molekul. Suatu polimer terbuat dari ribuan satuan berulang dari bagian kecil yang disebut monomer. Selanjutnya monomer-monomer itu akan bereaksi dengan menghasilkan polimerisasi dimer (dua bagian) dan kemudian menjadi trimer, tetramer dan akhirnya setelah sederetan tahap reaksi akan menghasilkan molekul polimer.

Perkembangan ilmu kimia polimer pada hakikatnya seiring dengan usaha manusia untuk meningkatkan kesejahteraan hidupnya dengan memanfaatkan ilmu kimia dan teknologi. Sintesis berbagai jenis bahan polimer dapat dimanfaatkan dalam berbagai aspek kehidupan. Dalam penggunaannya polimer sintesis menggantikan logam, kayu, kulit dan bahan alami lainnya dengan harga yang jauh lebih murah. Berbagai macam barang yang diperlukan dalam kehidupan sehari-hari dapat dibuat dari polimer sintesis, misalnya perabot rumah tangga (dari plastik), bahan pakaian (nilon, poliester), alat pembungkus, alat transportasi, bahan organ manusia seperti ginjal, jantung dan tulang dari bahan polimer sintesis.

## B. Prasyarat

Agar dapat mempelajari modul ini Anda harus memahami lambang unsur dan persamaan reaksi, ikatan kimia dan tata nama senyawa, pencemaran lingkungan, senyawa hidrokarbon, dan senyawa karbon.

## C. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Pelajari daftar isi serta skema kedudukan modul dengan cermat dan teliti karena dalam skema modul akan nampak kedudukan modul yang sedang Anda pelajari ini antara modul-modul yang lain.

2. Perhatikan langkah-langkah dalam melakukan pekerjaan dengan benar untuk mempermudah dalam memahami suatu proses pekerjaan, sehingga diperoleh hasil yang optimal.
3. Pahami setiap teori dasar yang akan menunjang penguasaan materi dengan membaca secara teliti. Bilamana terdapat evaluasi maka kerjakan evaluasi tersebut sebagai sarana latihan.
4. Jawablah tes formatif dengan jawaban yang singkat dan jelas serta kerjakan sesuai dengan kemampuan Anda setelah mempelajari modul ini.
5. Bila terdapat penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan bila perlu konsultasikan hasil penugasan tersebut kepada guru/instruktur.
6. catatlah semua kesulitan Anda dalam mempelajari modul ini untuk ditanyakan pada guru/instruktur pada saat tatap muka. Bacalah referensi lain yang ada hubungan dengan materi modul ini agar Anda mendapatkan pengetahuan tambahan.

#### **D. Tujuan Akhir**

Setelah mempelajari modul ini diharapkan Anda dapat:

- o Menjelaskan pengertian polimer.
- o Menjelaskan klasifikasi polimer berdasarkan jenis monomer, asal, sifat dan kegunaan.
- o Membedakan polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi.
- o Menjelaskan manfaat polimer dalam kehidupan.
- o Menjelaskan dampak penggunaan polimer.

## E. Kompetensi

Kompetensi : POLIMER  
 Program Keahlian : Program Adaptif  
 Matadiklat/Kode : KIMIA/KIM.15  
 Durasi Pembelajaran : 10 jam @ 45 menit

SUB KOMPETENSI	KRITERIA KINERJA	LINGKUP BELAJAR	MATERI POKOK PEMBELAJARAN		
			SIKAP	PENGETAHUAN	KETERAMPILAN
1. Mengklasifikasi Polimer	? Pengertian polimer dijelaskan sesuai ketentuan ? Pembentukan polimer dijelaskan berdasarkan jenis reaksi ? Polimer digolongkan berdasarkan asal jenis monomer pembentuk sifat dan kegunaannya ? Sifat fisis dan sifat kimia polimer disimpulkan berdasarkan hasil pengamatan	? Klasifikasi polimer berdasarkan: - Jenis monomer - Asal - Sifat - Kegunaan ? Reaksi pembentukan polimer: - Adisi - Kondensasi ? Sifat fisis dan sifat kimia polimer	? Kreatif mengamati sifat fisis dan sifat kimia dari berbagai macam polimer	? Pengertian polimer dan polimerisasi ? Penjelasan monomer dan jenis monomer ? Penjelasan reaksi polimerisasi adisi dan kondensasi ? Penjelasan klasifikasi polimer ? Pengertian homopolimer, kopolimer, polimer plastik, polimer termoset ? Penjelasan sifat polimer	? Mengklasifikasikan polimer berdasarkan sifat dan kegunaannya
2. Menjelaskan kegunaan polimer	? Kegunaan polimer dijelaskan sesuai dengan penggunaannya dalam kehi-dupan sehari-hari ? Pentingnya me-waspadai dampak penggunaan polimer diungkapkan berdasarkan sumber bacaan.	? Kegunaan polimer ? Dampak penggunaan polimer	? Teliti memilih polimer sesuai dengan kegunaan	? Penjelasan kegunaan polimer sesuai dengan sifat dan kimia ? Penjelasan pentingnya mewaspadai dampak penggunaan polimer	? Menjelaskan pentingnya mewaspadai dampak penggunaan polimer

## **F. Cek kemampuan**

1. Jelaskan pengertian polimer!
2. Jelaskan perbedaan polimer berdasarkan jenis monomernya!
3. Jelaskan perbedaan polimer berdasarkan asalnya!
4. Jelaskan pembentukan polimer berdasarkan reaksi adisi dan reaksi kondensasi!
5. Bagaimana dampak penggunaan plastik?

# BAB II. PEMBELAJARAN

## A. RENCANA BELAJAR SISWA

Kompetensi : Menjelaskan klasifikasi dan kegunaan polimer.  
Sub Kompetensi : Mengklasifikasi polimer dan menjelaskan kegunaan polimer.

Tuliskan semua jenis kegiatan yang anda lakukan di dalam tabel kegiatan di bawah ini. Jika ada perubahan dari rencana semula, berilah alasannya kemudian mintalah tanda tangan kepada guru atau instruktur anda.

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat Belajar	Alasan perubahan	Tanda tangan Guru

## B. KEGIATAN BELAJAR

### 1. Kegiatan Belajar 1

#### a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar 1, diharapkan anda dapat:

- ☞ Menjelaskan pengertian polimer.
- ☞ Mengidentifikasi monomer-monomer yang merupakan pembentuk polimer.
- ☞ Menuliskan rumus struktur polimer berdasarkan monomer-monomer pembentuknya.
- ☞ Mengklasifikasikan polimer berdasarkan jenis monomer, asal, sifat dan kegunaannya.
- ☞ Membedakan reaksi pembentukan polimer adisi dan kondensasi.
- ☞ Menyimpulkan hubungan antara struktur dan sifat-sifat polimer.

#### b. Uraian Materi

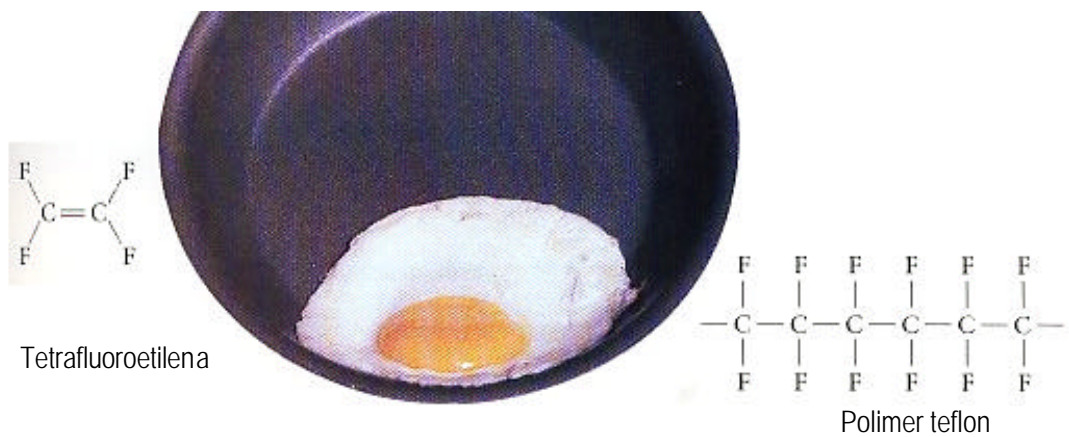
Kita hidup dalam era polimer. Bahan-bahan polimer alam yang sejak dahulu telah dikenal dan dimanfaatkan, seperti kapas, wool, dan damar. Polimer sintesis dikenal mulai tahun 1925, dan setelah hipotesis makromolekul yang dikemukakan oleh Staudinger mendapat hadiah Nobel pada tahun 1955, teknologi polimer mulai berkembang pesat. Beberapa contoh polimer sintesis yang ada dalam kehidupan sehari-hari, antara lain serat-serat tekstil poliester dan nilon, plastik polietilena untuk botol susu, karet untuk ban mobil dan plastik poliuretana untuk jantung buatan.

#### Pengertian Polimer

Apakah Anda pernah melihat ibu Anda menggoreng telur dengan menggunakan penggorengan teflon? Bila struktur teflon ditentukan, maka molekul teflon ditemukan mengandung rantai karbon dengan mengikat atom-



atom fluorin. Tetra fluoroetena (tetra fluoroetilena) merupakan molekul yang sangat non polar dan relatif kecil ukurannya serta cenderung berupa gas pada suhu kamar. Bagaimana caranya molekul tetrafluoroetilena dalam wujud gas dapat bereaksi dengan molekul lainnya membentuk molekul besar yang berantai panjang dan umumnya berupa padatan? Coba perhatikan **Gambar 1** untuk membantu Anda memvisualisasikan reaksi tersebut.



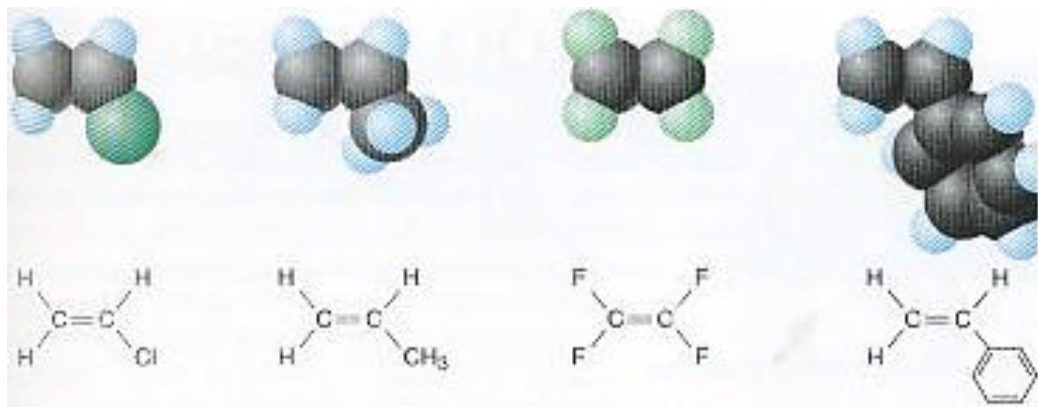
**Gambar 1.**

Teflon memberikan suatu lapisan yang baik untuk wajan, karena teflon bersifat tidak reaktif dan makanan tidak akan lengket pada wajan

Suatu molekul raksasa (*makromolekul*) yang terbentuk dari susunan ulang molekul kecil yang terikat melalui ikatan kimia disebut **polimer** (*poly* = banyak; *mer* = bagian). Suatu polimer akan terbentuk bila seratus atau seribu unit molekul yang kecil yang disebut **monomer**, saling berikatan dalam suatu rantai. Jenis-jenis monomer yang saling berikatan membentuk suatu polimer terkadang sama atau berbeda.

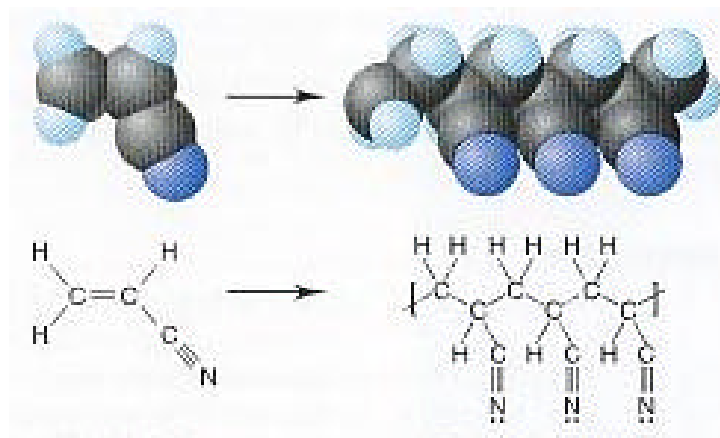
Sifat-sifat polimer berbeda dari monomer-monomer yang menyusunnya. Pada contoh diatas, teflon (politetra-fluoroetilena) yang berwujud padat dibuat bila molekul-molekul gas tetra-fluoroetilena bereaksi membentuk rantai panjang. Contoh lain, molekul-molekul gas etilena bereaksi membentuk rantai panjang plastik polietilena yang ada pada kaleng susu. Dapatkah Anda mencari contoh-contoh pembentukan polimer yang lain?

Beberapa contoh monomer ditunjukkan dalam **Gambar 2**, sedangkan **Gambar 3** mengilustrasikan pembentukan polimer.



**Gambar 2.**

Beberapa contoh monomer dari kiri ke kanan: vinil klorida, propena, tetra-fluoroetilena, dan stirena



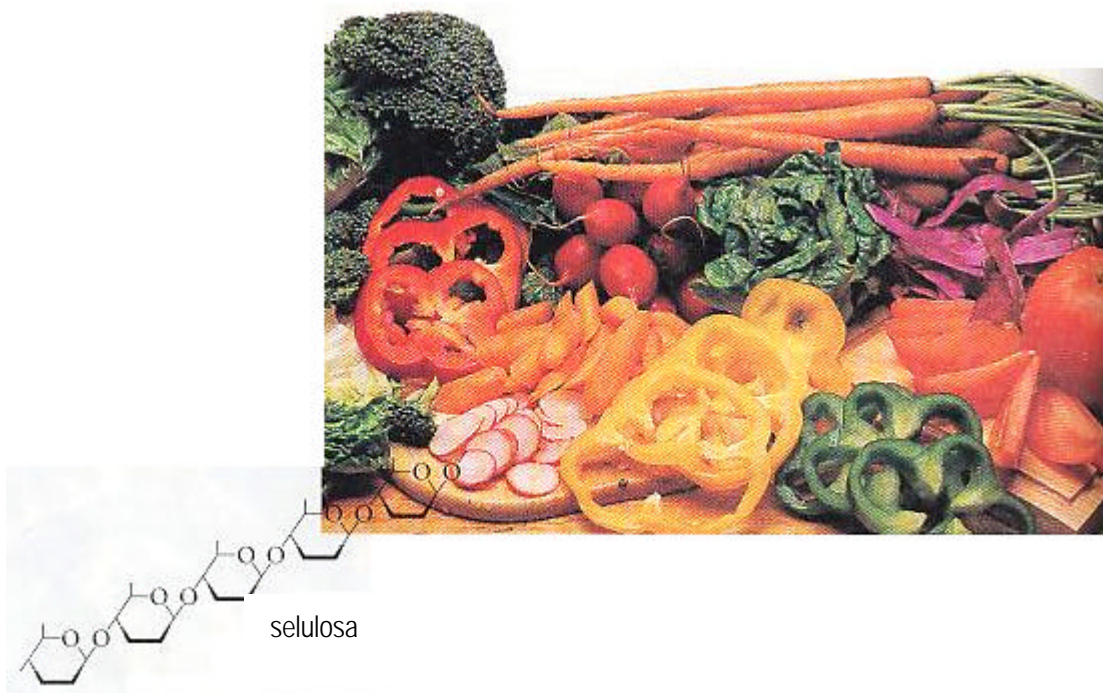
**Gambar 3.**

Monomer akrilonitril membentuk polimer poliakrilonitril (PAN), yang dikenal dengan nama orlon, dan digunakan sebagai karpet dan pakaian "rajutan". Ikatan rangkap pada karbon dalam monomer berubah menjadi ikatan tunggal, dan berikatan dengan atom karbon lain membentuk polimer.

## Struktur Polimer

Bila Anda ingin memahami struktur polimer, Anda dapat mengidentifikasi monomer yang secara berulang-ulang menyusun polimer tersebut. Karena polimer merupakan molekul yang besar, maka polimer umumnya disajikan dengan menggambarkan hanya sebuah rantai. Sebuah rantai yang digambarkan tadi harus mencakup paling tidak satu satuan ulang yang lengkap.

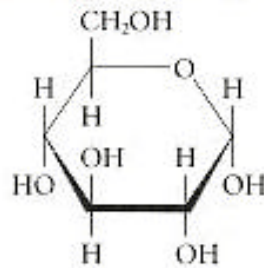
Amati dengan cermat struktur dari pecahan molekul selulosa yang ditunjukkan dalam **Gambar 4**.



**Gambar 4**

Selulosa, merupakan komponen utama tumbuhan, suatu senyawa organik yang kemungkinan sangat berlimpah di bumi. Bahan tumbuhan ini ditemukan di dalam dinding sel buah-buahan dan sayuran, tidak dapat dicerna oleh manusia. Selulosa yang melewati sistem pencernaan makanan tidak diubah, namun digunakan sebagai serat makanan yang diterima sistem pencernaan makanan manusia dengan baik. Panjang molekul selulosa berjarak dari beberapa ratus hingga beberapa ribu unit glukosa, tergantung dari sumbernya

Selulosa merupakan polimer yang ditemukan di dalam dinding sel tumbuhan seperti kayu, dahan, dan daun. Selulosa itulah yang menyebabkan struktur-struktur kayu, dahan dan daun menjadi kuat. Dapatkah Anda menemukan bagian dari struktur molekul selulosa yang diulang? Ingat bahwa bagian cincin dari molekul selulosa semuanya identik. Ada satuan-satuan monomer yang bergabung membentuk polimer. Glukosa adalah nama monomer yang ditemukan di dalam selulosa. Berdasarkan **Gambar 4**, satuan glukosa yang digambarkan dalam bentuk sederhana tanpa atom karbon dan hidrogen. Struktur lengkap glukosa digambarkan sebagai berikut.



## Klasifikasi Polimer

Polimer umumnya diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok antara lain atas dasar jenis monomer, asal, sifat termal, dan reaksi pembentukannya.

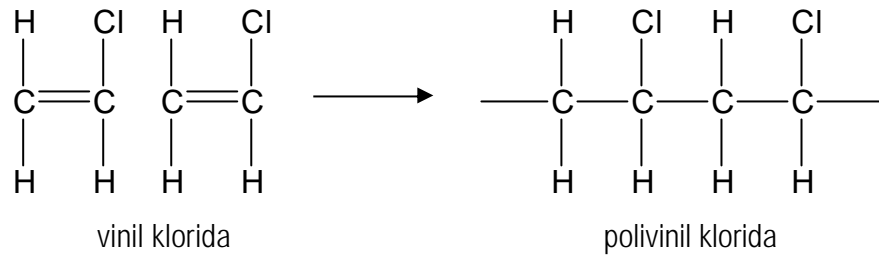
### 1. Klasifikasi Polimer Berdasarkan Jenis Monomernya

Berdasarkan jenis monomernya, polimer dibedakan atas **homopolimer** dan **kopolimer**. Homopolimer terbentuk dari sejenis monomer, sedangkan kopolimer terbentuk lebih dari sejenis monomer. Uraian berikut menjelaskan perbedaan dua golongan polimer tersebut.

#### Homopolimer

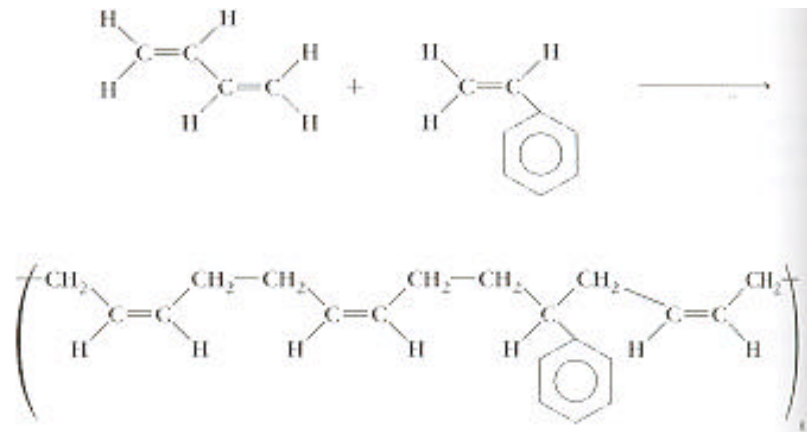
Homopolimer merupakan polimer yang terdiri dari satu macam monomer, dengan struktur polimer. . . – A – A – A – A – A – A – . . .

Salah satu contoh pembentukan homopolimer dari polivinil klorida adalah sebagai berikut.



## Kopolimer

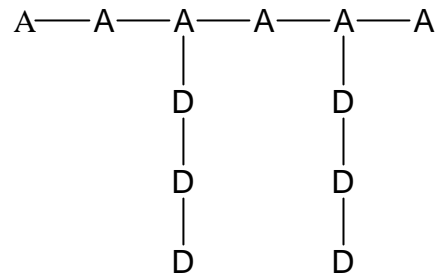
Kopolimer merupakan polimer yang tersusun dari dua macam atau lebih monomer. Contoh: polimer SBS (polimer stirena-butadiena-stirena)



## Jenis-jenis kopolimer

- Kopolimer acak**, yaitu kopolimer yang mempunyai sejumlah satuan berulang yang berbeda tersusun secara acak dalam rantai polimer. Strukturnya: . . . - A - B - A - A - B - B - A - A - . . .
- Kopolimer bergatian**, yaitu kopolimer yang mempunyai beberapa kesatuan ulang yang berbeda berselang-seling adanya dalam rantai polimer. Strukturnya: . . . - A - B - A - B - A - B - A - B - . . .
- Kopolimer balok (blok)**, yaitu kopolimer yang mempunyai suatu kesatuan berulang berselang-seling dengan kesatuan berulang lainnya dalam rantai polimer. Strukturnya: . . . - A - A - A - A - B - B - B - B - A - A - A - A - . . .

- d) **Kopolimer tempel/grafit**, yaitu kopolimer yang mempunyai satu macam kesatuan berulang menempel pada polimer tulang punggung lurus yang mengandung hanya satu macam kesatuan berulang dari satu jenis monomer. Strukturnya



## 2. Polimer Berdasarkan Asalnya

Berdasarkan asalnya, polimer dibedakan atas **polimer alam** dan **polimer buatan**. Polimer alam telah dikenal sejak ribuan tahun yang lalu, seperti amilum, selulosa, kapas, karet, wol, dan sutra. Polimer buatan dapat berupa **polimer regenerasi** dan **polimer sintesis**. Polimer regenerasi adalah polimer alam yang dimodifikasi. Contohnya rayon, yaitu serat sintesis yang dibuat dari kayu (selulosa). Polimer sintesis adalah polimer yang dibuat dari molekul sederhana (monomer) dalam pabrik.

### Polimer Sintesis

Polimer sintesis yang pertama kali yang dikenal adalah *bakelit* yaitu hasil kondensasi fenol dengan formaldehida, yang ditemukan oleh kimiawan kelahiran Belgia Leo Baekeland pada tahun 1907. Bakelit merupakan salah satu jenis dari produk-produk konsumsi yang dipakai secara luas. Beberapa contoh polimer yang dibuat oleh pabrik adalah nylon dan poliester, kantong plastik dan botol, pita karet, dan masih banyak produk lain yang Anda lihat sehari-hari. Berapa banyak polimer yang dapat Anda temukan pada **Gambar 5**?

**Gambar 5**

Aktivitas olahraga akan berbeda tanpa polimer sintesis. Bola, seragam, rumput buatan, dan net yang digunakan sepak-bola umumnya terbuat dari polimer sintesis



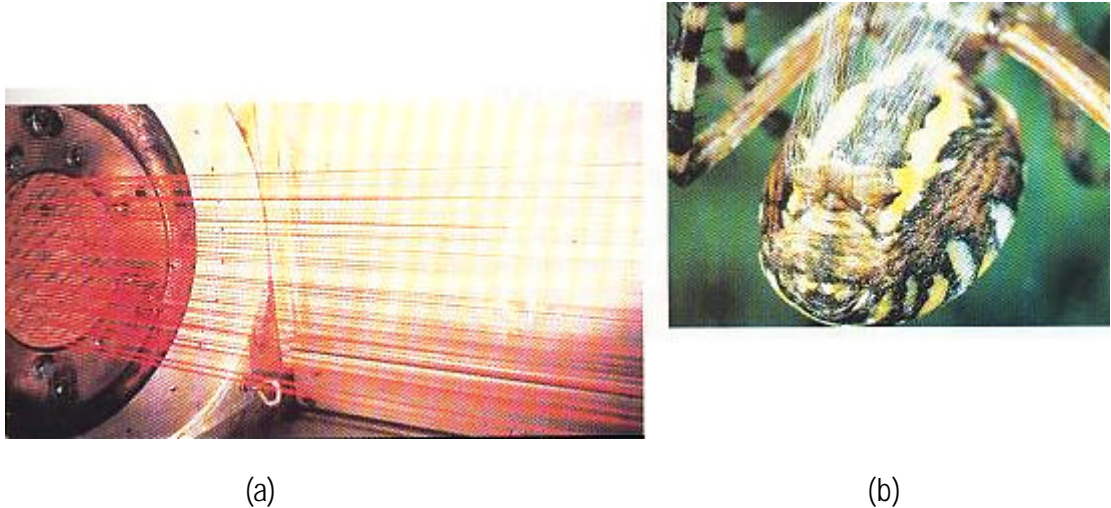
Ahli kimia telah mensintesis polimer di dalam laboratorium selama 100 tahun. Dapatkah Anda membayangkan kehidupan tanpa mengenal polimer sintesis ini? Pada musim hujan, Anda mungkin akan keujanan saat pergi sekolah tanpa membawa jas hujan yang terbuat dari nilon, makan makanan yang basi untuk makan siang tanpa kantong plastik atau suatu wadah dari bahan polimer, dan memakai seragam olahraga yang terbuat dari bahan tekstil yang lebih berat dari buatan pabrik sintesis. Banyak polimer telah membantu kita dalam menyumbang kehidupan kita.

### **Polimer alam**

Laboratorium bukan satu-satunya tempat mensintesis polimer. Sel-sel kehidupan juga merupakan pabrik polimer yang efisien. Protein, DNA, kitin pada kerangka luar serangga, wool, jaring laba-laba, sutera dan kepompong ngengat, adalah polimer-polimer yang disintesis secara alami. Serat-serat selulosa yang kuat menyebabkan batang pohon menjadi kuat dan tegar untuk tumbuh dengan tinggi seratus kaki dibentuk dari monomer-monomer glukosa, yang berupa padatan kristalin yang berasa manis.

Banyak polimer-polimer sintesis dikembangkan sebagai pengganti sutera. Gagasan untuk proses tersebut adalah benang-benang sintesis yang dibentuk di pabrik diambil dari laba-laba. Amati **Gambar 6** yang

menggambarkan kesamaan antara pemintalan dari laba-laba dan pemintalan secara industri.



**Gambar 6**

Pemintalan secara industri (a) dan pemintalan dari laba-laba (b). Benang yang panjang, halus dipintal ketika molekul-molekul polimer itu ditekan melalui lubang kecil didalam pemintalan, baik secara alami dan industri

Karet merupakan polimer alam yang terpenting dan dipakai secara luas. Bentuk utama dari karet alam, terdiri dari 97% cis-1,4-poliisoprena, dikenal sebagai *hevea rubber*. Karet ini diperoleh dengan menyadap kulit sejenis pohon (*hevea brasiliensis*) yang tumbuh liar. Hampir semua karet alam diperoleh sebagai lateks yang terdiri dari sekitar 32 – 35% karet dan sekitar 5% senyawa lain, termasuk asam lemak, gula, protein, sterol, ester dan garam.

Polimer alam lain adalah polisakarida, selulosa dan lignin yang merupakan bahan dari kayu.

### 3. Polimer Berdasarkan Sifat Thermalnya

Plastik adalah salah satu bentuk polimer yang sangat berguna dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa plastik memiliki sifat-sifat khusus, antara lain lebih mudah larut pada pelarut yang sesuai, pada suhu tinggi



akan lunak, tetapi akan mengeras kembali jika didinginkan dan struktur molekulnya linier atau bercabang tanpa ikatan silang antar rantai. Proses melunak dan mengeras ini dapat terjadi berulang kali. Sifat ini dijelaskan sebagai sifat **termoplastik**.

Bahan-bahan yang bersifat termoplastik mudah untuk diolah kembali karena setiap kali dipanaskan, bahan-bahan tersebut dapat dituangkan ke dalam cetakan yang berbeda untuk membuat produk plastik yang baru. Polietilen (PE) dan polivinilklorida (PVC) merupakan contoh jenis polimer ini.

Sedangkan beberapa plastik lainnya mempunyai sifat-sifat tidak dapat larut dalam pelarut apapun, tidak meleleh jika dipanaskan, lebih tahan terhadap asam dan basa, jika dipanaskan akan rusak dan tidak dapat kembali seperti semula dan struktur molekulnya mempunyai ikatan silang antar rantai. Polimer seperti ini disusun secara permanen dalam bentuk pertama kali mereka dicetak, disebut **polimer termosetting**.

Plastik-plastik termosetting biasanya bersifat keras karena mereka mempunyai ikatan-ikatan silang. Plastik termoset menjadi lebih keras ketika dipanaskan karena panas itu menyebabkan ikatan-ikatan silang lebih mudah terbentuk. Bakelit, poli(melanin formaldehida) dan poli (urea formaldehida) adalah contoh polimer ini. Sekalipun polimer-polimer termoseting lebih sulit untuk dipakai ulang daripada termoplastik, namun polimer tersebut lebih tahan lama. Polimer ini banyak digunakan untuk membuat alat-alat rumah tangga yang tahan panas seperti cangkir.

Perbedaan sifat-sifat plastik termoplas dan termoset disimpulkan pada **Tabel 1**

**Tabel 1.** Perbedaan sifat plastik termoplas dan plastik termoset

<b>Plastik termoplas</b>	<b>Plastik termoset</b>
Mudah diregangkan	Keras dan rigid
Fleksibel	Tidak fleksibel
Melunak jika dipanaskan	Mengeras jika dipanaskan
Titik leleh rendah	Tidak meleleh jika dipanaskan
Dapat dibentuk ulang	Tidak dapat dibentuk ulang

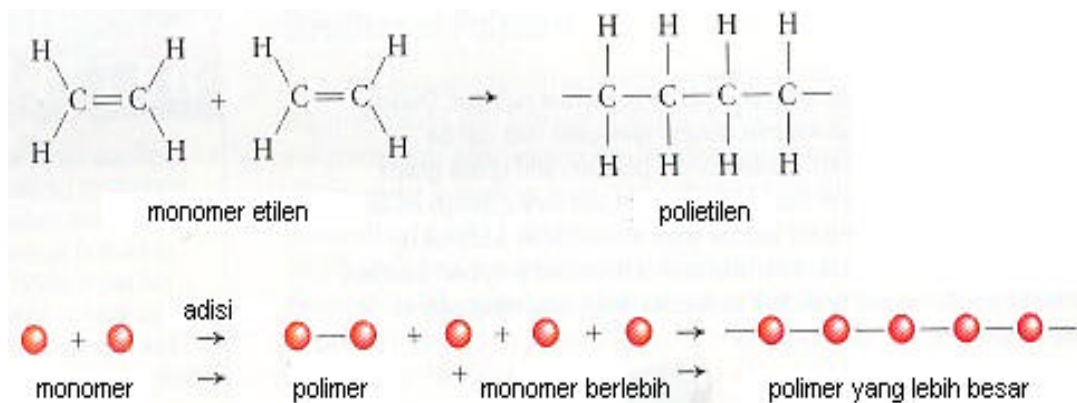
#### 4. Polimer Berdasarkan Reaksi Pembentukannya

Apakah Anda pernah berpikir mengenai banyaknya perbedaan dari jenis-jenis polimer yang dibentuk? **Polimerisasi** merupakan suatu jenis reaksi kimia dimana monomer-monomer bereaksi untuk membentuk rantai yang besar.

Dua jenis utama dari reaksi polimerisasi adalah **polimerisasi adisi** dan **polimerisasi kondensasi**. Jenis reaksi yang monomernya mengalami perubahan reaksi tergantung pada strukturnya. Suatu polimer adisi memiliki atom yang sama seperti monomer dalam unit ulangnya, sedangkan polimer kondensasi mengandung atom-atom yang lebih sedikit karena terbentuknya produk sampingan selama berlangsungnya proses polimerisasi.

##### Polimer Adisi

Reaksi pembentukan teflon dari monomer-monomernya tetrafluoroetilen, disebut **reaksi adisi**. Perhatikan **Gambar 7** yang menunjukkan bahwa monomer etilena mengandung ikatan rangkap dua, sedangkan di dalam polietilena tidak terdapat ikatan rangkap dua.



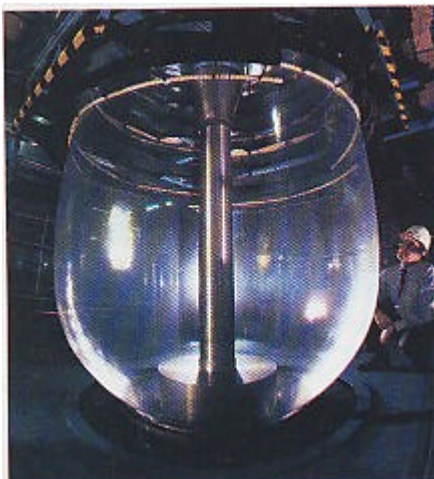
**Gambar 7**

Monomer etilena mengalami reaksi adisi membentuk polietilena yang digunakan sebagai tas plastik, pembungkus makanan, dan botol. Pasangan elektron ekstra dari ikatan rangkap dua pada tiap monomer etilena digunakan untuk membentuk suatu ikatan baru menjadi monomer yang lain

Menurut jenis reaksi **adisi** ini, monomer-monomer yang mengandung ikatan rangkap dua saling bergabung, satu monomer masuk ke monomer yang lain, membentuk rantai panjang. Produk yang dihasilkan dari reaksi polimerisasi adisi mengandung semua atom dari monomer awal. Berdasarkan **Gambar 7**, yang dimaksud **polimerisasi adisi** adalah *polimer yang terbentuk dari reaksi polimerisasi disertai dengan pemutusan ikatan rangkap diikuti oleh adisi dari monomer-monomernya yang membentuk ikatan tunggal*. Dalam reaksi ini tidak disertai terbentuknya molekul-molekul kecil seperti  $H_2O$  atau  $NH_3$ .

Contoh lain dari polimer adisi diilustrasikan pada **Gambar 8**. Suatu film plastik yang tipis terbuat dari monomer etilen dan permen karet dapat dibentuk dari monomer vinil asetat.

Lelehan polietilen yang mempunyai massa jenis rendah dapat dibentuk menjadi suatu film. Plastik ini digunakan untuk pembungkus dan menyimpan makanan ↴



↴ Polivinilasetat merupakan plastik yang lain yang dibuat melalui reaksi polimerisasi adisi. Bila dicampur dengan gula, pewangi, gliseroll (untuk pelunak), dan unsur-unsur penyusun lainnya, maka akan menjadi permen karet

### Gambar 8

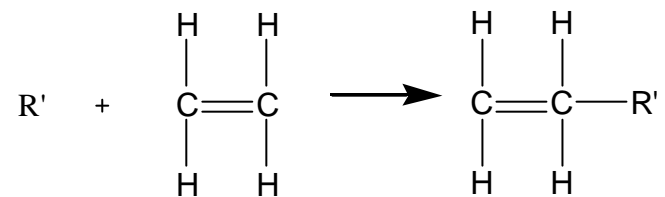
Polietilen dan polivinil asetat adalah contoh polimer yang dibuat melalui polimerisasi adisi.

Dalam reaksi polimerisasi adisi, umumnya melibatkan reaksi rantai. Mekanisme polimerisasi adisi dapat dibagi menjadi tiga tahap yaitu:

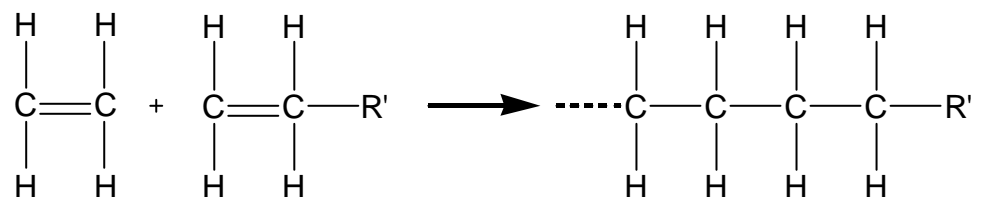
<b>Tahap Inisiasi,</b>	yaitu tahap pembentukan pusat-pusat aktif.
<b>Tahap propagasi,</b>	yaitu tahap pembentukan rantai lewat adisi monomer secara kontinyu.
<b>Tahap terminasi,</b>	yaitu tahap deaktivasi pusat aktif.

Sebagai contoh mekanisme polimerisasi adisi dari pembentukan polietilena

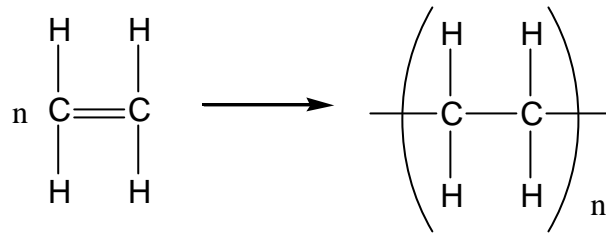
a) **Inisiasi**, untuk tahap pertama ini dimulai dari penguraian inisiator dan adisi molekul monomer pada salah satu radikal bebas yang terbentuk. Bila kita nyatakan radikal bebas yang terbentuk dari inisiator sebagai R', dan molekul monomer dinyatakan dengan  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ , maka tahap inisiasi dapat digambarkan sebagai berikut:



b) **Propagasi**, dalam tahap ini terjadi reaksi adisi molekul monomer pada radikal monomer yang terbentuk dalam tahap inisiasi



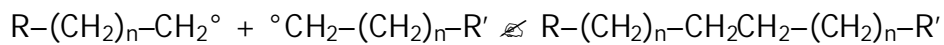
Bila proses dilanjutkan, akan terbentuk molekul polimer yang besar, dimana ikatan rangkap C = C dalam monomer etilena akan berubah menjadi ikatan tunggal C – C pada polimer polietilena



c) **Terminasi**, dapat terjadi melalui reaksi antara radikal polimer yang sedang tumbuh dengan radikal mula-mula yang terbentuk dari inisiator (R')

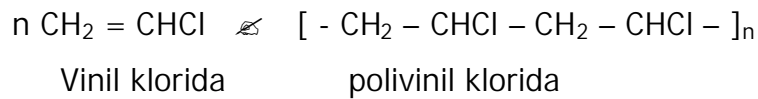


atau antara radikal polimer yang sedang tumbuh dengan radikal polimer lainnya, sehingga akan membentuk polimer dengan berat molekul tinggi

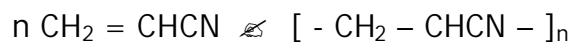


Beberapa contoh polimer yang terbentuk dari polimerisasi adisi dan reaksinya antara lain.

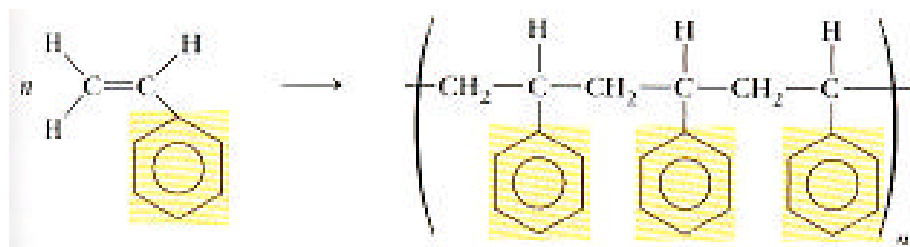
☞ Polivinil klorida



☞ Poliakrilonitril



☞ Polistirena

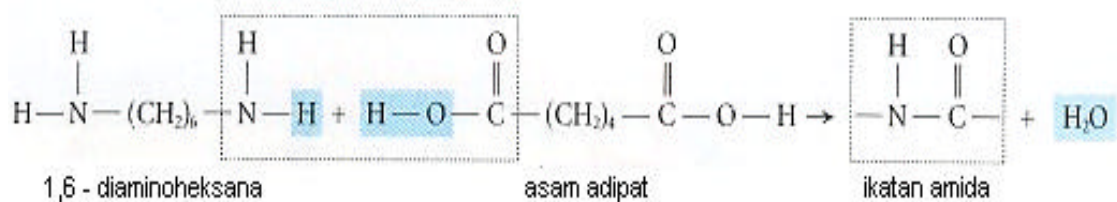


## Polimer Kondensasi

Polimer kondensasi terjadi dari reaksi antara gugus fungsi pada monomer yang sama atau monomer yang berbeda. Dalam polimerisasi kondensasi kadang-kadang disertai dengan terbentuknya molekul kecil seperti  $H_2O$ ,  $NH_3$ , atau  $HCl$ .

Di dalam jenis reaksi polimerisasi yang kedua ini, monomer-monomer bereaksi secara adisi untuk membentuk rantai. Namun demikian, setiap ikatan baru yang dibentuk akan bersamaan dengan dihasilkannya suatu molekul kecil – biasanya air – dari atom-atom monomer. Pada reaksi semacam ini, tiap monomer harus mempunyai dua gugus fungsional sehingga dapat menambahkan pada tiap ujung ke unit lainnya dari rantai tersebut. Jenis reaksi polimerisasi ini disebut **reaksi kondensasi**.

Dalam polimerisasi kondensasi, suatu atom hidrogen dari satu ujung monomer bergabung dengan gugus-OH dari ujung monomer yang lainnya untuk membentuk air. Reaksi kondensasi yang digunakan untuk membuat satu jenis nilon ditunjukkan pada **Gambar 9 dan Gambar 10**.

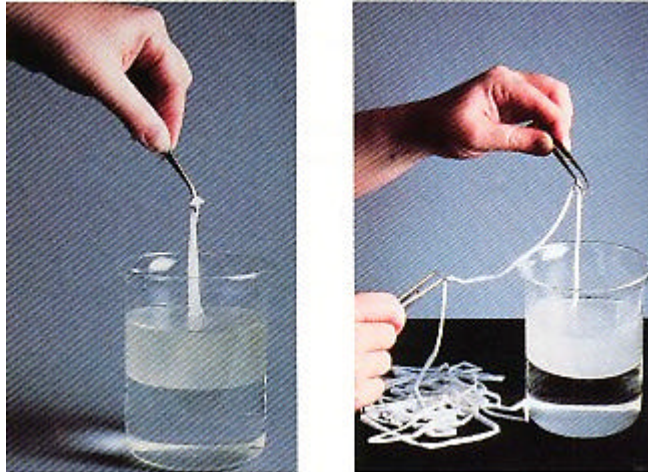


**Gambar 9**

Kondensasi terhadap dua monomer yang berbeda yaitu 1,6 – diaminoheksana dan asam adipat yang umum digunakan untuk membuat jenis nilon. Nilon diberi nama menurut jumlah atom karbon pada setiap unit monomer. Dalam gambar ini, ada enam atom karbon di setiap monomer, maka jenis nilon ini disebut nylon 66.

**Gambar 10**

Pembuatan Nylon 66 yang sangat mudah di laboratorium.



Contoh lain dari reaksi polimerisasi kondensasi adalah bakelit yang bersifat keras, dan dralon, yang digunakan sebagai serat pakaian dan karpet, pendukung pada tape – audio dan tape – video, dan kantong plastik.

Monomer yang dapat mengalami reaksi polimerisasi secara kondensasi adalah monomer-monomer yang mempunyai gugus fungsi, seperti gugus  $-OH$ ;  $-COOH$ ; dan  $NH_3$ .

### **c. Rangkuman**

- ? Polimer merupakan senyawa makromolekul yang terbentuk dari susunan ulang molekul kecil (monomer). Reaksi penggabungan dari monomer menjadi polimer disebut reaksi polimerisasi.
- ? Polimer umumnya diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok antara lain atas dasar jenis monomer, asal, sifat thermal, dan reaksi pembentukannya.
- ? Berdasarkan jenis monomernya, polimer dibedakan atas homopolimer dan kopolimer. Homopolimer merupakan polimer yang tersusun dari satu macam monomer, sedangkan kopolimer merupakan polimer yang tersusun dari dua macam atau lebih monomer.

- ? Berdasarkan asalnya, polimer dibedakan atas polimer alam dan polimer sintesis.
- ? Berdasarkan sifat thermalnya, polimer dibedakan atas polimer termoseting yaitu polimer tidak dapat larut dalam pelarut apapun, tidak meleleh jika dipanaskan, lebih tahan terhadap asam dan basa, jika dipanaskan akan rusak dan tidak dapat kembali seperti semula dan struktur molekulnya mempunyai ikatan silang antar rantai, dan polimer termoplastik yang bersifat mudah larut pada pelarut yang sesuai, pada suhu tinggi akan lunak, tetapi akan mengeras kembali jika didinginkan dan struktur molekulnya linier atau bercabang tanpa ikatan silang antar rantai.
- ? Berdasarkan reaksi pembentukannya, polimer dibedakan atas polimer adisi dan polimer kondensasi.

#### **d. Tugas**

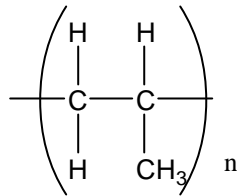
1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan polimer!
2. Uraikan klasifikasi polimer berdasarkan jenis monomer, asal, sifat thermal dan reaksi pembentukannya!
3. Jelaskan perbedaan polimer alam dan polimer sintesis! Berikan masing-masing lima contoh.
4. Jelaskan dengan contoh tahap-tahap reaksi adisi!
5. Cari literatur yang berkaitan dengan proses pembuatan karet sintesis dan buat laporannya.



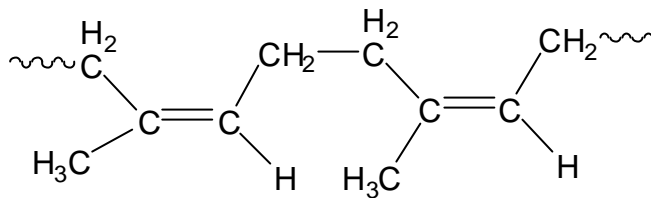
### e. Tes Formatif

1. Identifikasikan monomer dalam polimer berikut.

a. Polipropilen



b. Karet



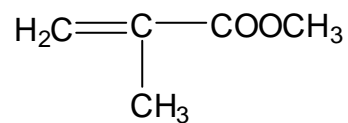
2. Bandingkan dan bedakan antara reaksi polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi.

3. Bedakan polimer termoset dengan polimer termoplastik!

4. Tulislah struktur polimer berikut.

a. polivinil klorida, suatu homopolimer dari vinil klorida  $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$

b. Polimetil metakrilat, suatu homopolimer dari metil metakrilat



### f. Kunci Jawaban

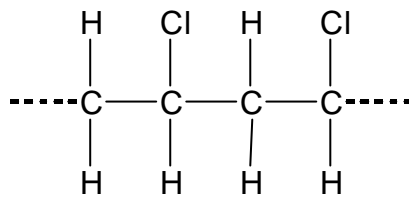
1. Monomer-monomernya:

a. Propilen,  $\text{CH}_2 = \text{CHCH}_3$

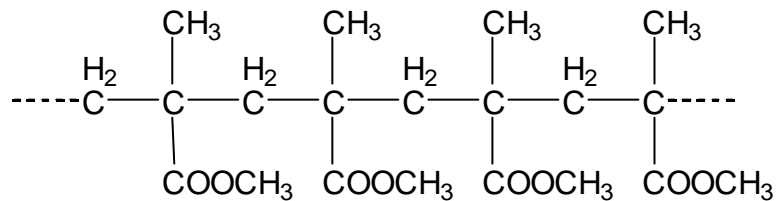
b. Isoprena,  $\text{CH}_3 = \text{C}(\text{CH}_3) - \text{CH} = \text{CH}_2$

2. Perbedaan antara polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi, adalah ada tidaknya eliminasi molekul kecil seperti  $H_2O$ ,  $NH_3$  dan  $HCl$  yang terbentuk dari reaksi.
3. Perbedaan antara polimer termoset dan termoplastik adalah sifat kelarutannya, sifat ketahanannya terhadap panas, dan struktur molekulnya.
4. Struktur polimer dari:

a. Polivinilklorida



b. Polimetilmetakrilat



## g. Lembar Kerja

### Identifikasi Polimer Tekstil

Para ahli kimia telah mencoba untuk mengembangkan polimer alam menjadi polimer sintesis, diantaranya nylon, rayon, dan poliester. Banyak kain sintesis dirancang untuk mempunyai sifat yang lebih baik dari polimer alam, diantaranya tidak mudah kusut, mencegah lengketnya air atau cepat kering.

Dalam percobaan ini, Anda akan mengidentifikasi sampel-sampel kain yang diuji sifat-sifat khasnya.

#### **Masalah**

Uji apa saja yang dapat Anda lakukan untuk membedakan polimer-polimer dalam kain?

## **Tujuan**

- ? Menganalisis perubahan sampel kain berdasarkan uji nyala dan uji kimia
- ? Mengklasifikasikan polimer-polimer kain berdasarkan hasil uji

## **Alat dan bahan:**

- ? 7 jenis sampel kain dengan ukuran  $0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$  (A sampai G)
- ? Pembakar bunsen
- ? Tabung reaksi (4) + rak tabung reaksi
- ? Neraca
- ? Kaca arloji
- ? Kertas lakmus merah
- ? Pengaduk kaca
- ? Gelas kimia 100 mL (2)
- ? Pipet ukur 10 mL
- ? Gelas ukur 25 mL
- ? Gunting tang
- ? Penjepit tabung reaksi
- ? Larutan  $\text{Ca(OH)}_2$ ;  $\text{BaCl}_2$  1 M;  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat; larutan iodin;  $\text{CuSO}_4$  0,05M; NaOH 3M; aseton

## **Cara kerja**

### ***Uji nyala***

1. Gunakan gunting tang untuk memegang sepotong kain A di atas nyala api selama 2 detik.
2. Jauhkan kain dari nyala, dan matikan nyala api tersebut setelah kain terbakar sedikit.
3. Amati bau melalui hembusan asap dari kain yang terbakar dekat hidung Anda. Pastikan kain tidak terbakar lebih lama dengan mencelupkannya ke dalam gelas kimia yang berisi air.
4. Catat pengamatan Anda dalam tabel, meliputi caranya kain terbakar di atas nyala, bau yang teramati, dan karakteristik residu yang tertinggal setelah terbakar.

- Ulangi langkah 1 hingga 4 untuk sampel kain B – G
- Gunakan tabel berikut untuk membuat suatu identifikasi awal terhadap sampel Anda.

Jenis polimer	Jenis Pembakaran	Bau Pembakaran	Jenis Residu
<b>Sutra dan Wool</b>	Terbakar dan hangus	Rambut	Butiran yang dapat diremukkan
<b>Cotton</b>	Terbakar dan hangus	Kertas	Abu
<b>Nylon, poliester, asetat atau akrilat</b>	Terbakar dan hangus	Bahan kimia	Butiran plastik

### ***Uji kimia***

Gunakan identifikasi awal untuk menentukan uji yang perlu untuk mengidentifikasi tiap sampel kain.

- Uji nitrogen.** Masukkan sepotong kain ke dalam tabung reaksi dan tambahkan 1 gram  $\text{Ca(OH)}_2$ . Dengan menggunakan penjepit tabung, panaskan tabung tersebut sambil memegang sepotong kertas lakmus merah dengan gunting tang di atas mulut tabung. Jika kertas lakmus berubah warna biru, berarti ada unsur nitrogen. Hanya kain sutra, wool, nylon dan akrilat yang mengandung unsur nitrogen.
- Uji Sulfur.** Celupkan sepotong kain ke dalam 10 mL  $\text{NaOH}$  3 M di dalam tabung uji, dan panaskan dengan hati-hati hingga mendidih dengan memegang tabung tersebut diatas nyala. Dinginkan larutan tersebut, tambahkan 30 tetes larutan  $\text{BaCl}_2$ , dan amati apakah terbentuk endapan atau tidak. Hanya kain wool yang mengandung sulfur yang cukup untuk memberikan endapan barium sulfida.
- Uji selulosa.** Masukkan sepotong kain ke dalam gelas kimia, tambahkan kira-kira 2 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat, dan kemudian dengan hati-hati tuangkan isinya ke dalam gelas kimia lain yang mengandung 10 tetes larutan iodin dalam 25 mL air. Cucilah gelas kimia yang kosong dengan air yang banyak. Kain cotton memberikan warna biru tua selama 1 hingga 2 menit

dan asetat memberikan warna ini selama 1 hingga 2 jam (perhatian: pegang gelas kimia yang mengandung asam sulfat dengan hati-hati)

4. **Uji Protein.** Tempatkan sepotong kain di atas kaca arloji, dan tambahkan 10 tetes  $\text{CuSO}_4$  0,05M. Tunggu selama 5 menit, dan kemudian gunakan gunting tang untuk memasukkan kain tersebut ke dalam NaOH 3 M di dalam tabung reaksi selama 5 detik. Kain sutera dan wool merupakan polimer protein, dan suatu warna violet tua akan nampak di atas kain-kain tersebut setelah dilakukan uji protein.
5. **Uji Asam formiat.** Masukkan sedikit sampel sebagai uji asam formiat ke dalam tabung uji dan lakukan uji dalam lemari asam dengan menambahkan 1 mL asam formiat dalam tabung dan mengaduk dengan pengaduk. Catat apa kain tersebut larut dalam larutan atau tidak. Kain sutera, asetat dan nylon larut dalam asam formiat.
6. **Uji aseton.** Masukkan sepotong kain ke dalam 1 mL aseton di dalam tabung uji aduk dengan gelas pengaduk, dan catat apakah kain itu larut atau tidak. Hanya asetat yang larut dalam aseton. (**Perhatian:** *hati-hati dalam melakukan uji ini selama masih ada nyala*)

### **Analisis dan Simpulan**

1. **Berpikir kritis.** Mengapa dalam uji sulfur perlu ditambahkan NaOH dan dipanaskan sebelum penambahan  $\text{BaCl}_2$ .
2. **Membandingkan dan membedakan.** Dapatkah Anda membuat kesimpulan mengenai bagaimana cara terbakarnya polimer sintesis dan polimer alam.
3. **Mengklasifikasi.** Gunakan data Anda dari uji nyala dan uji kimia untuk mengklasifikasi tiap sampel kain yang Anda uji ke dalam jenis kain berikut: sutra, cotton, nylon, akrilat, asetat atau polimer poliester?

### Menerapkan dan meramalkan

1. Apa yang dapat disimpulkan mengenai struktur polimer dari plastik, suatu butiran residu yang tertinggal setelah beberapa polimer terbakar?
2. jika kain wool dan sutra terbakar baunya seperti rambut terbakar, apa yang dapat Anda simpulkan tentang struktur dari rambut?
3. Apa hasil uji nyala dan uji kimia yang Anda duga jika Anda menguji suatu sampel kain yang berupa campuran poliester – cotton?
4. Selulosa merupakan komponen utama dari kayu seperti halnya cotton. Akankah Anda menduga bahwa kayu juga memberikan warna biru tua terhadap uji selulosa?

**Tabel 1 Data Pengamatan Uji nyala**

Sampel	Jenis Pembakaran	Bau Pembakaran	Jenis Residu
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			

**Tabel 2 pengamatan uji kimia**

Sampel	nitrogen	sulfur	selulosa	protein	Asam formiat	Aseton
A						
B						
C						
D						
E						
F						
G						

## 2. Kegiatan Belajar 2

### a. Tujuan kegiatan pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar 1, diharapkan anda dapat:

- ☞ Menjelaskan manfaat polimer dalam kehidupan.
- ☞ Menyebutkan bentuk-bentuk penggunaan polimer.
- ☞ Menjelaskan masalah Lingkungan yang berkaitan dengan penggunaan plastik.

### b. Uraian materi

Saat ini pemanfaatan polimer sudah meliputi berbagai aspek kehidupan. Polimer dapat dimanfaatkan antara lain sebagai bahan pengemas, pembuatan mainan anak-anak, tekstil, alat-alat rumah tangga, alat transportasi, alat elektronik, dan alat-alat kedokteran. Industri-industri polimer berkembang pesat selama beberapa puluh tahun terakhir, bahkan industri polimer dapat dipandang sebagai industri dasar dalam negara industri.

### **Faktor utama yang menyebabkan pesatnya industri polimer antara lain:**

1. Bahan-bahan polimer dapat memenuhi spektrum luas dari kehidupan.
2. Harganya relatif murah.
3. Kualitasnya dapat ditingkatkan lewat pengubahan struktur kimia, penambahan aditif seperti pengisi, penstabil dan pewarna.
4. Dapat dicampur dengan polimer lain, sehingga menghasilkan bahan-bahan sesuai dengan yang dikehendaki.

Pemanfaatan polimer dalam kehidupan tergantung sifat polimer, yang antara lain ditentukan oleh massa molekul relatif, temperatur transisi gelas dan titik leleh. Pada umumnya menurut bentuk penggunaannya polimer

dikelompokkan sebagai serat, elastomer, plastik, pelapis permukaan (cat), bahan perekat (*adhesive*).

Dalam setiap bentuk penggunaan polimer tersebut, hampir semua polimer yang digunakan harus terlebih dahulu dicampurkan dengan zat-zat lain. Biasanya lebih dari satu zat yang dicampurkan sebelum polimer tersebut digunakan sebagai hasil akhir. Zat-zat penambah ini dikenal sebagai **zat aditif polimer**. Pemilihan zat aditif disesuaikan dengan kebutuhan yang dikehendaki. Zat aditif yang ditambahkan biasanya sebagai penstabil, pewarna, anti api, bahan pengisi, penguat, dan lain-lain.

### **Bentuk-bentuk Polimer yang Digunakan dalam Kehidupan**

Bentuk-bentuk polimer yang banyak digunakan dalam kehidupan, antara lain serat, elastomer (karet) dan plastik. Berikut akan diuraikan satu persatu.

#### **Serat**

Serat adalah polimer yang perbandingan panjang terhadap diameter molekulnya kira-kira 100:1. Sifat serat ditentukan oleh struktur makromolekul dan teknik produksinya. Supaya dapat dibuat menjadi serat, polimer harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Polimer harus linier dan mempunyai berat molekul lebih dari 10.000, tetapi tidak boleh terlalu besar karena sukar untuk dilelehkan atau dilarutkan.
2. Molekul harus simetris dan dapat mempunyai gugus-gugus samping yang besar yang dapat mencegah terjadinya susunan yang rapat.
3. Polimer harus memberi kemungkinan untuk mendapatkan derajat orientasi yang tinggi, yang dengan cara penarikan mempunyai kekuatan serat yang tinggi dan kurang elastik.
4. Polimer harus mempunyai gugus polar yang letaknya teratur untuk mendapatkan kohesi antar molekul yang kuat dan titik leleh yang tinggi.



5. Mudah diberi zat warna, apabila serat diberi zat warna maka sifat fisika serat tidak boleh mengalami perubahan yang mencolok dan warna bahan makanan jadinya harus tetap tahan terhadap cahaya dan pencucian.

Sejarah perkembangan serat sintetis dimulai dengan dibuatnya serat poliamida oleh Dupont pada tahun 1938 dengan nama nilon, dan oleh IG Farben pada tahun 1939 dengan nama perlon. Serat dapat juga diperoleh dari hasil pengolahan selulosa secara kimiawi. Selulosa merupakan serat alami dan merupakan bagian terbesar yang terdapat dalam tumbuh-tumbuhan. Serat diperoleh dari hasil pengolahan selulosa adalah rayon. Serat banyak digunakan dalam industri tekstil.

Dengan ditemukannya beberapa macam serat sintetis, perkembangan selanjutnya diarahkan pada memperbaiki cara pembuatan dan pengubahan bahan serat untuk mendapatkan kualitas hasil akhir yang lebih baik. Serat poliamida (nilon) mempunyai banyak jenis antara lain: nilon 66, nilon 6, nilon 610, nilon 7, nilon 11 (krislan). Nomor yang ada di belakang nama nilon menunjukkan jumlah atom karbon monomer pembentuknya.

### **Elastomer (karet)**

Proses lain yang sering terjadi pada gabungan reaksi dengan reaksi adisi atau reaksi kondensasi merupakan gabungan/ikatan bersama dari banyak rantai polimer. Hal ini disebut ikatan silang, dan ikatan silang ini memberikan kekuatan tambahan terhadap polimer. Pada tahun 1844, Charles Goodyear telah menemukan bahwa lateks dari pohon karet yang dipanaskan dengan belerang dapat membentuk ikatan silang antara rantai-rantai hidrokarbon di dalam lateks cair. Karet padat yang dibentuk dapat digunakan pada ban dan bola-bola karet. Proses ini disebut **vulkanisasi**, untuk menghormati dewa Romawi yang bernama Vulkan.

Perhatikan **Gambar 10**, karet alam merupakan polimer adisi alam yang paling penting. Karet disadap dari pohon karet dalam bentuk suspensi di dalam air yang disebut lateks. Karet alam adalah polimer isoprena.



Karet mempunyai warna putih hingga kuning kecoklatan. Ban mobil berwarna hitam karena karbon yang berallotrop dengan karbon hitam ditambahkan untuk memperkuat polimer ↓



Bila sepotong vulkanisir, karet yang berikatan silang ?  
Seperti pita karet diulur kemudian dilepas, maka ikatan silang itu akan menarik rantai-rantai polimer kembali ke bentuk semula. Tanpa proses vulkanisasi, rantai-rantai polimer tersebut akan meluncur lepas ke satu monomer yang lainnya

### Gambar 10 Karet alam dan karet sintetis

Lateks atau karet alam yang dihasilkan dari pohon karet bersifat lunak/lembek dan lengket bila dipanaskan

Kekuatan rantai dalam elastomer (karet) terbatas, akibat adanya struktur jaringan, tetapi energi kohesi harus rendah untuk memungkinkan peregangan. Contoh elastomer yang banyak digunakan adalah poli (vinil klorida), polimer stirena-butadiena-stirena (SBS) merupakan jenis termoplastik elastomer.

Saat perang dunia II, persediaan karet alam berkurang, industri polimer tumbuh dengan cepat karena ahli kimia telah meneliti untuk pengganti karet. Beberapa pengganti yang berhasil dikembangkan adalah neoprena yang kini digunakan untuk membuat selang/pipa air untuk pompa gas, dan karet stirena – butadiena (SBR /styrene – butadiene rubber), yang

digunakan bersama dengan karet alam untuk membuat ban-ban mobil. Meskipun pengganti – pengganti karet sintesis ini mempunyai banyak sifat-sifat yang diinginkan, namun tidak ada satu pengganti karet sintesis ini yang mempunyai semua sifat-sifat dari karet alam yang diinginkan.

**Gambar 11**

Permen karet mengandung karet stirena-butadiena sintesis



## Plastik

Meskipun istilah plastik dan polimer seringkali dipakai secara sinonim, namun tidak berarti semua polimer adalah plastik. Plastik merupakan polimer yang dapat dicetak menjadi berbagai bentuk yang berbeda. Umumnya setelah suatu polimer plastik terbentuk, polimer tersebut dipanaskan secukupnya hingga menjadi cair dan dapat dituangkan ke dalam cetakan. Setelah penuangan, plastik akan mengeras jika plastik dibiarkan mendingin. Perhatikan **Gambar 12**, sebuah meja dari plastik yang dibuat dengan cara cetakan.

**Gambar 12**

Meja yang terbuat dari plastik merupakan plastik cetakan dengan kualitas yang kuat dan tahan lama dan lebih kuat dari bahan-bahan semula.



Sifat plastik pada dasarnya adalah antara serat dan elastomer. Jenis plastik dan penggunaannya sangat luas. Plastik yang banyak digunakan

berupa lempeng, lembaran dan film. Ditinjau dari penggunaannya plastik digolongkan menjadi dua yaitu plastik keperluan umum dan plastik untuk bahan konstruksi (*engineering plastics*).

Plastik mempunyai berbagai sifat yang menguntungkan, diantaranya:

- a. Umumnya kuat namun ringan.
- b. Secara kimia stabil (tidak bereaksi dengan udara, air, asam, alkali dan berbagai zat kimia lain).
- c. Merupakan isolator listrik yang baik.
- d. Mudah dibentuk, khususnya dipanaskan.
- e. Biasanya transparan dan jernih.
- f. Dapat diwarnai.
- g. Fleksibel/plastis
- h. Dapat dijahit.
- i. Harganya relatif murah.

Beberapa contoh plastik yang banyak digunakan antara lain polietilen, poli(vinil klorida), polipropilen, polistiren, poli(metil pentena), poli(tetrafluoroetilen) atau teflon.

## 1. Polietilen

Poli etilen adalah bahan termoplastik yang kuat dan dapat dibuat dari yang lunak sampai yang kaku. Ada dua jenis polietilen yaitu polietilen densitas rendah (*low-density polyethylene / LDPE*) dan polietilen densitas tinggi (*high-density polyethylene / HDPE*). Polietilen densitas rendah relatif lemas dan kuat, digunakan antara lain untuk pembuatan kantong kemas, tas, botol, industri bangunan, dan lain-lain.

Polietilen densitas tinggi sifatnya lebih keras, kurang transparan dan tahan panas sampai suhu 100°C. Campuran polietilen densitas rendah dan polietilen densitas tinggi dapat digunakan sebagai bahan pengganti karet, mainan anak-anak, dan lain-lain.

## **2. Polipropilen**

Polipropilen mempunyai sifat sangat kaku; berat jenis rendah; tahan terhadap bahan kimia, asam, basa, tahan terhadap panas, dan tidak mudah retak. Plastik polipropilen digunakan untuk membuat alat-alat rumah sakit, komponen mesin cuci, komponen mobil, pembungkus tekstil, botol, permadani, tali plastik, serta bahan pembuat karung.

## **3. Polistirena**

Polistiren adalah jenis plastik termoplast yang termurah dan paling berguna serta bersifat jernih, keras, halus, mengkilap, dapat diperoleh dalam berbagai warna, dan secara kimia tidak reaktif. Busa polistirena digunakan untuk membuat gelas dan kotak tempat makanan, polistirena juga digunakan untuk peralatan medis, mainan, alat olah raga, sikat gigi, dan lainnya.

## **4. Polivinil klorida (PVC)**

Plastik jenis ini mempunyai sifat keras, kuat, tahan terhadap bahan kimia, dan dapat diperoleh dalam berbagai warna. Jenis plastik ini dapat dibuat dari yang keras sampai yang kaku keras. Banyak barang yang dahulu dapat dibuat dari karet sekarang dibuat dari PVC. Penggunaan PVC terutama untuk membuat jas hujan, kantong kemas, isolator kabel listrik, ubin lantai, piringan hitam, fiber, kulit imitasi untuk dompet, dan pembalut kabel.

## **5. Potetrafluoroetilena (teflon)**

Teflon memiliki daya tahan kimia dan daya tahan panas yang tinggi (sampai 260<sup>0</sup>C) Keistimewaan teflon adalah sifatnya yang licin dan bahan lain tidak melekat padanya. Penggorengan yang dilapisi teflon dapat dipakai untuk menggoreng telur tanpa minyak.

## 6. Polimetil pentena (PMP)

Plastik poli metil pentena adalah plastik yang ringan dan melebur pada suhu  $240^{\circ}\text{C}$ . Barang yang dibuat dari PMP bentuknya tidak berubah bila dipanaskan sampai  $200^{\circ}\text{C}$  dan daya tahannya terhadap benturan lebih tinggi dari barang yang dibuat dari polistiren.

Bahan ini tahan terhadap zat-zat kimia yang korosif dan tahan terhadap pelarut organik, kecuali pelarut organik yang mengandung klor, misalnya kloroform dan karbon tetraklorida. PMP cocok untuk membuat alat-alat laboratorium dan kedokteran yang tahan panas dan tekanan, tanpa mengalami perubahan, Barang-barang dari bahan ini tahan lama.

### Masalah lingkungan yang berkaitan dengan penggunaan plastik

Tidak seperti bahan-bahan alam lainnya, plastik bersifat *non-biodegradable*. Berdasarkan informasi, 30% volume sampah di Amerika Serikat terdiri dari plastik. Bagaimana di negara kita, Indonesia? Umumnya sampah plastik ditangani dengan cara dikubur atau dibakar dalam *incinerator*. Namun, kedua cara tersebut belum menyelesaikan masalah. Plastik yang dikubur tidak akan membusuk sementara lahan tempat mengubur plastik semakin sulit. Pembakaran plastik akan menyebabkan polusi. Misalnya, pembakaran PVC menghasilkan gas hidrogen klorida (HCl) atau gas klorin ( $\text{Cl}_2$ ).

Berikut beberapa cara yang dipertimbangkan untuk menangani plastik.

#### a. Daur ulang

Plastik termoplas dapat dibentuk ulang melalui pemanasan. Dapat juga *didepolimerisasi* sehingga diperoleh kembali monomernya. Akan tetapi, sulit sekali memilah sampah plastik menurut jenisnya. Sampah plastik seringkali merupakan campuran dari berbagai jenis. Dengan demikian juga mengandung *plasticiser*, pigmen warna, dan campuran

bahan lainnya. Akibatnya, hasil daur ulangnya paling merupakan plastik dengan mutu yang lebih rendah dan kurang nilai ekonomisnya.

Di negara maju yang penduduknya sadar lingkungan, produsen mencantumkan kode yang menyatakan jenis plastik. Lalu di tempat-tempat umum disediakan tempat sampah dengan berbagai kode, sehingga masyarakat dapat membuang sampah plastik menurut jenisnya. Dapatkah Anda mengelompokkan bahan-bahan plastik yang telah Anda pakai berdasarkan jenis plastik?

### **b. Membuat plastik yang biodegradable**

Dengan membuat plastik yang biodegradable, maka plastik akan hancur dalam beberapa tahun.

### **c. Pirolisis**

Apabila plastik dipanaskan hingga  $700^{\circ}\text{C}$  tanpa udara, maka molekul plastik akan terurai membentuk molekul-molekul sederhana. Campuran plastik yang biasa, seperti politena, polipropilena atau polistirena, ketika dipirolisis akan menghasilkan hidrokarbon sederhana seperti etena atau propena atau benzena. Senyawa tersebut dapat dipisahkan melalui destilasi bertingkat. Hasilnya kemudian dapat digunakan untuk membuat berbagai bahan kimia termasuk plastik. Untuk sekarang ini, pirolisis dinilai tidak ekonomis, karena masih tersedia bahan baku yang lebih murah, yaitu dari minyak bumi dan gas alam.

Keuntungan yang diperoleh dari cara pirolisis, salah satunya adalah kita dapat menyortir limbah plastik menurut jenisnya.

### c. Rangkuman

Pemanfaatan polimer meliputi berbagai aspek kehidupan. Industri polimer berkembang pesat selama beberapa puluh tahun terakhir ini, bahan industri polimer dapat dipandang sebagai industri dasar negara industri.

Pemanfaatan polimer dalam kehidupan tergantung sifat-sifat polimer. Bentuk-bentuk polimer yang banyak digunakan dalam kehidupan adalah serat, elastomer, plastik, pelapis permukaan (cat) dan bahan perekat (*adhesive*).

### d. Tugas

1. Sebutkan lima macam contoh polimer dan manfaatnya dalam kehidupan!
2. Uraikan bentuk-bentuk penggunaan polimer dalam kehidupan dan klasifikasikan apakah termasuk polimer alam atau polimer sintesis?

### e. Tes Formatif

1. Sebutkan lima manfaat polimer dalam kehidupan!
2. Sebutkan bentuk-bentuk penggunaan polimer dalam kehidupan?
3. Beri contoh polimer serat yang banyak digunakan dalam industri tekstil?
4. Beri contoh plastik yang banyak digunakan untuk membuat alat-alat rumah tangga!

### f. Kunci Jawaban

1. Manfaat polimer dalam kehidupan seperti untuk pembuatan alat-alat rumah tangga, pengemas, alat transportasi, alat elektronik, dll.
2. Bentuk-bentuk penggunaan polimer dalam kehidupan adalah sebagai serat, elastomer, plastik dan sebagainya.



3. Contoh polimer serat yang banyak digunakan dalam industri tekstil adalah nilon, poliester, poliakrilonitril.
4. contoh plastik yang digunakan untuk membuat alat-alat rumah tangga adalah polietilen, polipropilen dan polivinil klorida.

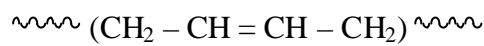
# BAB III. EVALUASI

---

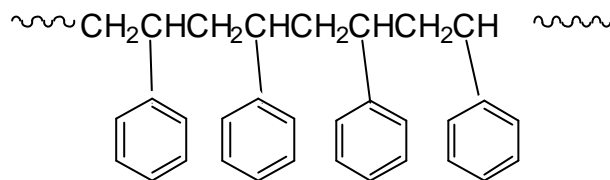
## A. Tes Tertulis

1. Gambarkan struktur polistirena, dengan menggunakan R untuk radikal fenil.
2. Tuliskan monomer dari polimer-polimer berikut:

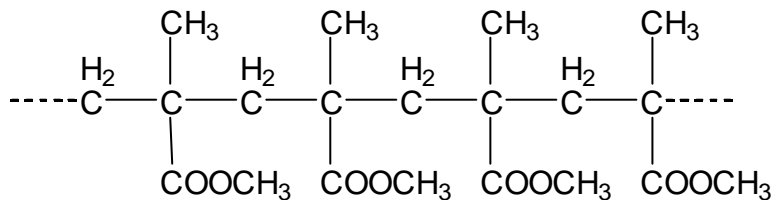
a. Polibutadiena



b. Polistirena



c. Poli(metilmetakrilat)



3. Gambarkan struktur polimer dari setiap monomer berikut.
  - a.  $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$
  - b.  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
  - c.  $\text{CH}_2 = \text{CHOH}$
4. Dapatkah polimer dibuat dari monomer alkana dengan menggunakan polimerisasi adisi? Jelaskan!
5. Cat umumnya tersusun dari tiga komponen, yaitu bahan perekat yang sangat kuat untuk membentuk film kontinyu, suatu pigmen berwarna, dan suatu pelarut yang mudah menguap. Di dalam cat lateks, salah satu komponen tersebut adalah suatu polimer. Gunakan apa yang telah Anda

pelajari, untuk mengidentifikasi yang mana dari ketiga komponen tersebut merupakan polimer.

6. Sebutkan contoh-contoh polimer alam dan polimer sintetis masing-masing empat contoh.
7. Orlon merupakan polimer yang biasanya digunakan untuk bahan dasar kain yang dipakai untuk pakaian. Bakelit adalah plastik yang bersifat keras, kaku yang digunakan untuk pegangan alat-alat dapur seperti cetakan kue. Dapatkah Anda menjelaskan jumlah ikatan silang dalam dua polimer tersebut berdasarkan sifat-sifat dan manfaatnya.
8. LDPE tersusun dari rantai polimer yang lurus, sementara HDPE tersusun dari rantai polimer yang bercabang. Prediksikan polimer mana yang bersifat lebih keras dan apa alasannya.
9. Perhatikan tabel dibawah ini.

No	Polimer	Monomer	Jenis Polimerisasi
1.	Protein	Asam amino	Kondensasi
2.	Polietilen	Propena	Adisi
3.	Karet alam	Isoprena	Kondensasi
4.	PVC	Vinil klorida	Kondensasi
5.	Amilum	Glukosa	Adisi

Berdasarkan data di atas, pasangan yang paling tepat dari ketiga komponen di atas, ditunjukkan oleh nomor berapa? Berikan alasannya!

10. Sebutkan dua macam plastik yang dapat di daur ulang!

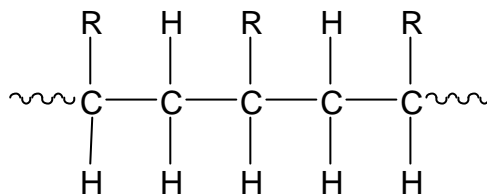
## B. TES PRAKTEK

1. Rancanglah suatu eksperimen untuk menunjukkan bagaimana Anda membedakan antara dua sampel kain jika salah satunya adalah poliester dan yang lain adalah campuran cotton – poliester.
2. Berdasarkan pengamatan di daerah sekitar Anda, buatlah daftar penggunaan jenis plastik.
3. Seluloid adalah polimer pertama yang diciptakan melalui modifikasi dari suatu polimer alam. Lakukan penyelidikan berdasarkan literatur yang relevan mengenai asal-usul seluloid terutama penemuan dan manfaatnya pada abad 20.

# KUNCI JAWABAN

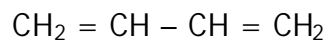
## A. Tes Tertulis

1. Molekul stirena dapat digambarkan sebagai molekul etilena dengan salah satu hidrogen diganti radikal fenil ( $C_6H_5$  -). Untuk menggambarkan polistirena dengan menggunakan R sebagai ganti  $C_6H_5$ , adalah sebagai berikut.

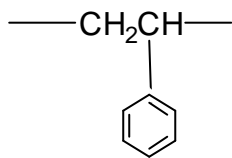


2. Monomer dari polimer-polimer tersebut adalah:

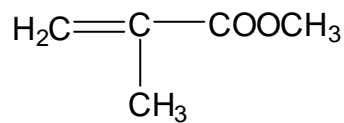
a. Butadiena



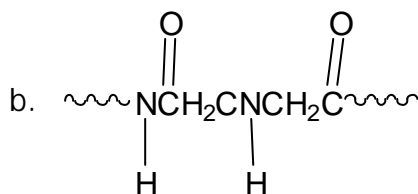
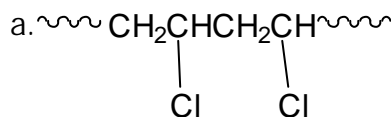
b. Stirena

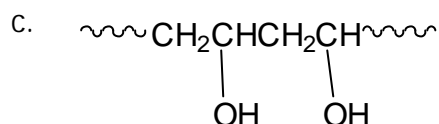


c. Metilmetakrilat



3. Struktur polimer dari monomer-monomer tersebut adalah:





4. Polimer tidak dapat dibuat dari monomer alkana dengan polimerisasi adisi, karena proses ini memerlukan monomer yang mempunyai ikatan ganda dua atau ganda tiga. Alkana hanya mempunyai ikatan tunggal.
5. Bahan perekat merupakan suatu polimer, karena umumnya sifat-sifat polimer tidak mudah menguap dan umumnya pigmen merupakan molekul-molekul yang kecil.
6. Polimer alam : selulosa, lemak, DNA, protein  
Polimer sintetis : nilon, teflon, bakelit, PVC
7. Orlon tidak mempunyai ikatan silang, sedangkan bakelit mempunyai banyak ikatan silang sehingga polimer tersebut sangat kuat.
8. HDPE lebih keras dari LDPE. Hal ini karena LDPE mempunyai rantai lurus yang bersifat lebih lentur, dan mudah dilarutkan pada pelarut yang sesuai.
9. Pasangan yang paling tepat dari ketiga komponen diatas adalah nomor 1. Karena polimer protein mempunyai monomer asam amino jenis polimernya adalah kondensasi.  
Sedangkan, polietilen monomernya adalah etilen dan jenis polimerisasinya adalah adisi. Karet alam monomernya isoprena, jenis polimerisasinya adisi. PVC monomernya vinil klorida dan jenis polimerisasinya adisi. Amilum monomernya glukosa jenis polimerisasinya kondensasi.
10. Poli etilena tereftalat (PET) dan polietilena densitas tinggi (HDPE)

## B. LEMBAR PENILAIAN TES PRAKTEK

Nama Siswa :  
 No. Absen :  
 Program Keahlian :

### PEDOMAN PENILAIAN

No	Aspek Penilaian	Skor Maks.	Skor Perolehan	Keterangan
1.	<b>Perencanaan</b> a. Persiapan alat dan bahan b. Hasil rancangan eksperimen			
	Sub Total			
2.	<b>Merancang eksperimen</b> a. Rancangan percobaan yang dibuat dapat menguji prediksi b. Rumusan masalah menjelaskan kebutuhan eksperimen c. Metode dan prosedur yang digunakan dalam eksperimen mengikuti urutan tertentu d. Prosedur eksperimen jelas dan komunikatif e. Rancangan tersebut memungkinkan-kan variabel respon dapat diukur dengan tepat. f. Bahasa yang digunakan komunikatif g. Disertai dengan aturan kebersihan dan penanganan keselamatan kerja			
	Sub Total			
3.	<b>Melakukan Pengamatan</b> a. Pengamatan dilakukan dengan aman menggunakan seluruh indera yang sesuai b. Pengamatan akurat secara kualitatif dan kuantitatif c. Alat dan bahan yang sesuai digunakan untuk melakukan pengamatan d. Pendapat pribadi, simpulan atau inferensi dihindari saat melakukan pengamatan e. Data direkam dan diorganisasikan dengan baik			

No	Aspek Penilaian	Skor Maks.	Skor Perolehan	Keterangan
	Sub Total			
4.	<b>Sikap/Etos kerja</b> a. Tanggung jawab b. Ketelitian c. Inisiatif d. Kemandirian			
	Sub Total			
5.	<b>Laporan</b> a. Sistematika penyusunan laporan b. Kelengkapan bukti fisik			
	Sub Total			
	Total			



## BAB IV. PENUTUP

---

Setelah menyelesaikan modul ini, Anda berhak untuk mengikuti tes praktek untuk menguji kompetensi yang telah Anda pelajari. Apabila Anda dinyatakan memenuhi syarat kelulusan dari hasil evaluasi dalam modul ini, maka Anda berhak untuk melanjutkan ke topik/modul berikutnya.

Mintalah pada guru untuk melakukan uji kompetensi dengan sistem penilaian yang dilakukan langsung oleh pihak industri atau asosiasi yang berkompeten apabila Anda telah menyelesaikan seluruh evaluasi dari setiap modul, maka hasil yang berupa nilai dari guru atau berupa portofolio dapat dijadikan bahan verifikasi oleh pihak industri atau asosiasi profesi. Kemudian selanjutnya hasil tersebut dapat dijadikan sebagai penentu standar pemenuhan kompetensi dan bila memenuhi syarat Anda berhak mendapatkan sertifikat kompetensi yang dikeluarkan oleh dunia industri atau asosiasi profesi.

# DAFTAR PUSTAKA

---

- Bruice, Paula Yurkanis. 1995. *Organic Chemistry*. London: Prentice-Hall, Inc.
- Chang, Raymond. 2003. *General Chemistry: The Essential Concepts*. Third Edition. Boston: Mc Graw-Hill.
- Goldberg, David E. 2004. *Fundamentals of Chemistry*. Fourth Edition. New York The McGraw – Hill Companies, Inc.
- Heyworth, Rex. 1990. *Chemistry A New Approach*. Hongkong: Macmillan Publishers (HK) Limited.
- Hill, John W. , and Kolb, Doris K. 1998. *Chemistry for Changing Times*. Eighth Edition. London: Prentice Hall International (UK) Limited.
- Hill, John W. , Baum, Stuart J. , Feigl, Dorothy M. 1997. *Chemistry and Life*. Fifth Edition. London: Prentice Hall International (UK) Limited.
- Kelter, Paul B. , Carr, James D. , and Scott, Andrew. 2003. *Chemistry A World of Choices*. Boston: Mc Graw Hill.
- Moore, John W, Stanitski and Jurs, Peter C. 2005. *Chemistry The Molecular Science*. Second Edition. United States: Thomson Learning, Inc.
- Stanitski, Conrad L,. Et all. 2003. *Chemistry In Context: Applying Chemistry to Society*. Boston: Mc Graw Hill.
- Stevens, Malcolm. P. 2001. *Kimia Polimer*. Terjemahan Iis Sopyan. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Winstrom, Cheryl, Phillips, John, Stozak, Victor. 1997. *Chemistry: Concepts and Application Students Edition*. New York: GLENCOE McGraw-Hill