

## Polimer

Polimer adalah suatu senyawa raksasa yang tersusun dari molekul kecil yang dirangkai berulang yang disebut monomer. Polimer merupakan kelompok senyawa yang penting dalam industri. Sebagian besar bahan yang yang kita temukan dalam kehidupan sehari-hari merupakan polimer, seperti plastik, serat kain, kulit kayu, bahkan amilum yang merupakan sumber energi kita. Pada sesi kali ini, kita akan membahas mengenai jenis-jenis dan sifat-sifat polimer serta pemanfaatannya.

### A. PENGELOMPOKAN POLIMER

Polimer dikelompokkan berdasarkan asalnya, proses pembentukannya, dan jenis monomer penyusunnya.

#### a. Berdasarkan Asalnya

Berdasarkan asalnya, polimer dibedakan mejadi polimer alam dan polimer sintetik. Polimer alam adalah polimer yang terbentuk dari proses alami, contohnya adalah amilum pada padi, gandum, jagung, dan kentang, serta selulosa yang merupakan komponen utama dinding sel tumbuhan. Contoh lainnya adalah protein yang disintesis secara alami oleh tubuh dan karet alam yang monomernya adalah isoprena (2-metil-1,3-butadiena). Polimer sintetik adalah polimer yang dibuat dengan proses tertentu yang bukan dari alam. Contoh polimer sintetik adalah karet sintetik yang dibuat dari monomer stirena (fenil etena), pipa paralon yang terbuat dari PVC (polivinilklorida), nilon yang terbuat dari monomer asam adipat dengan heksametilena, dan poliester yang terbuat dari monomer diasilklorida dan alkanadiol.

Polimer sintetik dapat dikelompokkan lebih jauh berdasarkan ketahanannya terhadap panas, yaitu termoset, termoplas, dan elastomer. Termoset merupakan polimer yang tahan panas, tidak melunak dengan pemanasan sehingga tidak dapat dibentuk ulang dengan pemanasan. Contoh termoset adalah bakelit. Sebaliknya, termoplas bersifat melunak pada pemanasan sehingga dapat dibentuk ulang dengan pemanasan, seperti PVC. Elastomer bersifat elastis (dapat merenggang jika ditarik dan kembali ke struktur semula jika gaya dihilangkan). Contoh elastomer adalah karet sintetik.

**b. Berdasarkan Proses Pembentukannya**

Reaksi pembentukan polimer dari monomer-monomernya disebut polimerisasi. Berdasarkan polimerisasinya, polimer dibedakan menjadi polimer adisi dan polimer kondensasi. Polimer adisi adalah polimer yang dibentuk melalui reaksi adisi, yaitu reaksi yang mana satu monomer akan bereaksi dengan monomer lainnya melalui reaksi pemutusan rangkap. Sesuai dengan nama reaksinya, polimerisasi adisi terjadi pada monomer yang memiliki gugus alkena, seperti vinilklorida (kloroetena), stirena (fenil etena), dan tetrafluoroetilena yang merupakan bahan dasar wajan antilengket (teflon).

Polimer kondensasi adalah polimer yang dihasilkan dari reaksi polimerisasi kondensasi, yaitu reaksi yang mana satu monomer bergabung dengan monomer lainnya dengan melepaskan molekul kecil seperti  $H_2O$  atau  $CH_3OH$ . Contoh polimer kondensasi antara lain adalah amilum yang tersusun dari glukosa yang saling terikat dan melepaskan molekul  $H_2O$ , protein dari asam amino, selulosa dari glukosa, nilon-6,6, kevlar (jaket tahan peluru), dan dakron.

**c. Berdasarkan Jenis Monomer Penyusunnya**

Suatu polimer dapat tersusun dari monomer-monomer sejenis ataupun tidak sejenis. Polimer yang disusun dari monomer-monomer sejenis disebut homopolimer. Contoh homopolimer adalah PVC yang merupakan gabungan dari vinilklorida, PTFE (politetrafluoroetilena) yang merupakan gabungan dari tetrafluoroetilena, dan selulosa yang merupakan gabungan dari glukosa.

Polimer yang tersusun dari monomer-monomer tidak sejenis disebut kopolimer. Contoh kopolimer adalah protein, DNA, bakelit (monomer: fenol dan formaldehida), dan melamin (monomer: urea dan formaldehida).

## **B. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI SIFAT POLIMER**

Sifat-sifat polimer seperti elastisitas dan daya tahan panas dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut.

### **a. Panjang Rantai (Jumlah Monomer)**

Kekuatan polimer bertambah dengan semakin panjangnya rantai/jumlah monomer karena terdapat semakin banyak gaya antarmolekul antara rantai-rantainya.

### **b. Susunan Rantai Satu terhadap Lainnya**

Susunan rantai satu terhadap rantai lainnya dapat bersifat teratur membentuk daerah kristalin dan dapat pula bersifat acak membentuk daerah amorf. Polimer yang memiliki banyak daerah kristalin akan lebih kuat karena rantai-rantainya tersusun rapat, tetapi kurang fleksibel. Sebaliknya, polimer dengan banyak daerah amorf bersifat lemah dan lunak.

### **c. Tingkat Percabangan pada Rantai**

Banyaknya percabangan pada rantai akan membuat susunan rantai semakin tidak teratur, yang akan mengurangi kerapatan polimer dan kekerasannya, tetapi meningkatkan fleksibilitasnya. Contohnya adalah polietena yang dapat dibedakan menjadi *Low Density Polyethene* (LDPE) dan *High Density Polyethene* (HDPE).

### **d. Gugus Fungsi dalam Monomer**

Adanya gugus fungsi polar seperti gugus hidroksi dan amina pada monomer akan menyebabkan terbentuknya ikatan hidrogen. Hal tersebut menyebabkan meningkatnya gaya antarmolekul polimer yang akan meningkatkan kekerasannya.

### **e. Ikatan Silang (*Cross-linking*) Antar-rantai Polimer**

Termoplas tidak mempunyai ikatan silang, hanya gaya antarmolekul yang lemah, sehingga bersifat lunak dan strukturnya dapat dibentuk ulang dengan pemanasan. Sementara itu, termoset memiliki ikatan silang yang kuat berupa ikatan kovalen sehingga bersifat keras dan sukar meleleh. Sifat elastomer dipengaruhi oleh ikatan silang yang lebih sedikit daripada termoset dan adanya tumpang tindih rantai.

### **f. Penambahan Zat Aditif**

Sangat sedikit polimer yang digunakan dalam bentuk murninya. Sebagian besar polimer ditambahkan zat aditif untuk memperbaiki atau memperoleh sifat yang diinginkan.

Contohnya adalah penambahan *plastisizer* untuk melunakkan polimer, zat penguat untuk menguatkan polimer, serta zat penstabil untuk menaikkan ketahanan terhadap dekomposisi oleh panas, sinar UV, dan oksidator. Ada juga yang ditambahkan pigmen untuk pewarnaan.

### C. PEMBUATAN POLIMER SINTETIK

Pembuatan polimer sintetik melibatkan reaksi polimerisasi kemudian pembentukan polimer sesuai keinginan. Pada bagian ini, kita akan mempelajari cara pembuatan polimer yang penting dalam industri, yaitu polietena, serta proses pembentukan polimer.

#### a. Pembuatan Polietena

Polietena dibuat dari polimerisasi adisi molekul-molekul etena. Terdapat dua jenis polietena, yaitu LDPE dan HDPE dengan karakteristik yang berbeda yang dimanfaatkan dengan cara yang berbeda pula.

##### 1. *Low Density Polyethene (LDPE)*

Secara umum, mekanisme pembuatan LDPE adalah sebagai berikut:

1) Mengubah etena yang berwujud gas menjadi fase cair dengan memberikan tekanan tinggi (kompresi)

2) Inisiasi Reaksi

Reaksi polimerisasi memerlukan inisiator untuk memulai reaksi. Inisiator yang digunakan adalah senyawa yang mudah terurai oleh panas atau cahaya membentuk radikal, seperti peroksida organik dengan radikal  $R^*$  (R untuk alkil). Radikal ini akan bereaksi dengan etena membentuk radikal  $R-CH_2-CH_2^*$ .

3) Propagasi

Adanya radikal  $R-CH_2-CH_2^*$  memungkinkan reaksi terus berlanjut hingga terbentuk molekul yang lebih panjang. Pada tahap ini, sering terjadi pelengkungan rantai sehingga ujung rantai radikal dapat memindahkan atom H pada  $CH_2$  di tengah rantai. Akibatnya, atom C pada  $CH_2$  di tengah rantai tersebut memiliki elektron bebas yang dapat digunakan untuk berikatan dengan molekul etena sehingga terjadi percabangan rantai.

4) Terminasi

Reaksi akan berhenti jika terjadi penggabungan rantai-rantai polimer radikal. Adanya percabangan pada rantai menyebabkan susunan rantai menjadi lebih acak dan mengurangi jumlah panjang rantai panjang sehingga kerapatan polimer menjadi rendah.

2. *High Density Polyethene (HDPE)*

Pembuatan HDPE menggunakan katalis Ziegler-Natta, yaitu campuran senyawa dengan logam dasar Al-Ti. Penggunaan katalis memungkinkan reaksi berlangsung pada suhu rendah (kurang dari 60°C) pada tekanan biasa. Reaksi berlangsung pada permukaan katalis dengan molekul etena mengalami adisi pada ujung rantai. Metode ini mengurangi percabangan pada rantai sehingga rantai dapat tersusun dengan lebih teratur dan kerapatannya lebih tinggi.

**b. Pembentukan Polimer**

Polimer hasil sintesis dapat dibentuk menjadi lembaran, serat, tabung, pipa, film, dan busa.

1. *Serat*, diperoleh dengan menyusun ulang rantai-rantai polimer agar paralel satu dengan lainnya. Contoh polimer yang dapat dibentuk menjadi serat adalah polipropena, akrilat, nilon, dan poliester. Sebagian polimer sulit dibentuk menjadi serat karena cenderung teracak kembali setelah proses, contohnya polietena.
2. *Busa*, contohnya pada *stirofoam* yang dibuat dengan menghembuskan gas seperti CO<sub>2</sub> pada polistirena yang telah mengembang sewaktu dicetak sehingga gas akan terperangkap pada polimer dan memberikan sifat insulator panas yang baik.

**D. PEMANFAATAN POLIMER**

Polimer memiliki aplikasi yang sangat luas dan telah banyak menggantikan materi lain seperti kayu, kertas, wol, karet alam, dan logam karena sifatnya yang tahan korosi, lebih ringan, dan murah. Sebagian kecil pemanfaatan polimer diberikan di bawah ini.

- a. PVC lunak dapat digunakan pada selang air dan PVC kaku biasa digunakan untuk bahan pipa.
- b. Polistirena memiliki aplikasi yang luas, mulai dari plastik yang kaku dan mudah pecah, sebagai *foam* (busa) pada *styrofoam* yang baik digunakan pada pengemasan suatu produk yang membutuhkan insulator panas, atau gabus yang menahan alat elektronik dari benturan.
- c. PTFE digunakan pada alat masak antilengket.
- d. LDPE digunakan pada plastik makanan *cling wrap* dan plastik penutup kendaraan.
- e. Dakron digunakan sebagai serat tekstil.