

Polymer

By
Haipan Salam

DEFINISI POLIMER

- Berasal dari Bahasa Yunani poly artinya banyak dan mer artinya bagian
- Kata polimer pertama kali digunakan oleh kimiawan Swedia Berzelius pada tahun 1833
- Polimer merupakan molekul besar yang terbentuk dari unit-unit berulang sederhana (monomer)
- Dikenal juga sebagai makromolekul

PENDAHULUAN

- Polimer:

poli = banyak

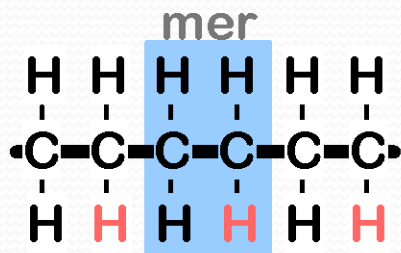
meros = bagian

polimer adalah molekul besar (makro molekul) yang terbentuk dari susunan ulang unit kimia yang kecil dan sederhana

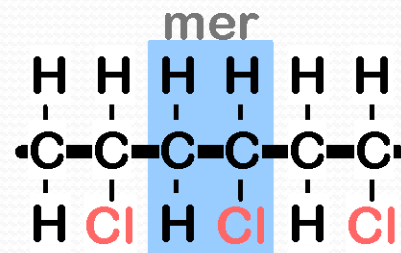


A = Monomer

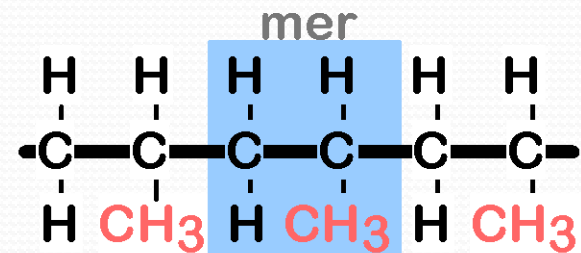
AAAAAA = Polimer



Polyethylene (PE)



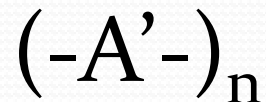
Polyvinyl chloride (PVC)



Polypropylene (PP)

Pendahuluan

Pemulisan/lambang



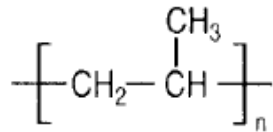
A' = unit ulang (tidak sama dengan monomer)

n = derajat polimerisasi (DP)

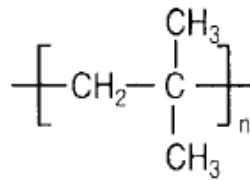
ex: DP = 1 (monomer)

DP = 0 – 50 (oligomer/ kecil)

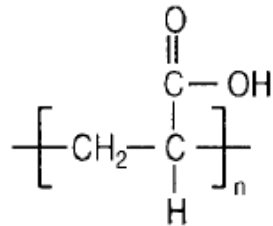
CONTOH POLIMER



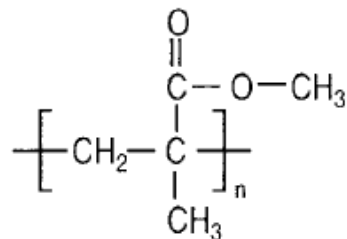
polypropylene
'PP'



polyisobutylene
'PIB'

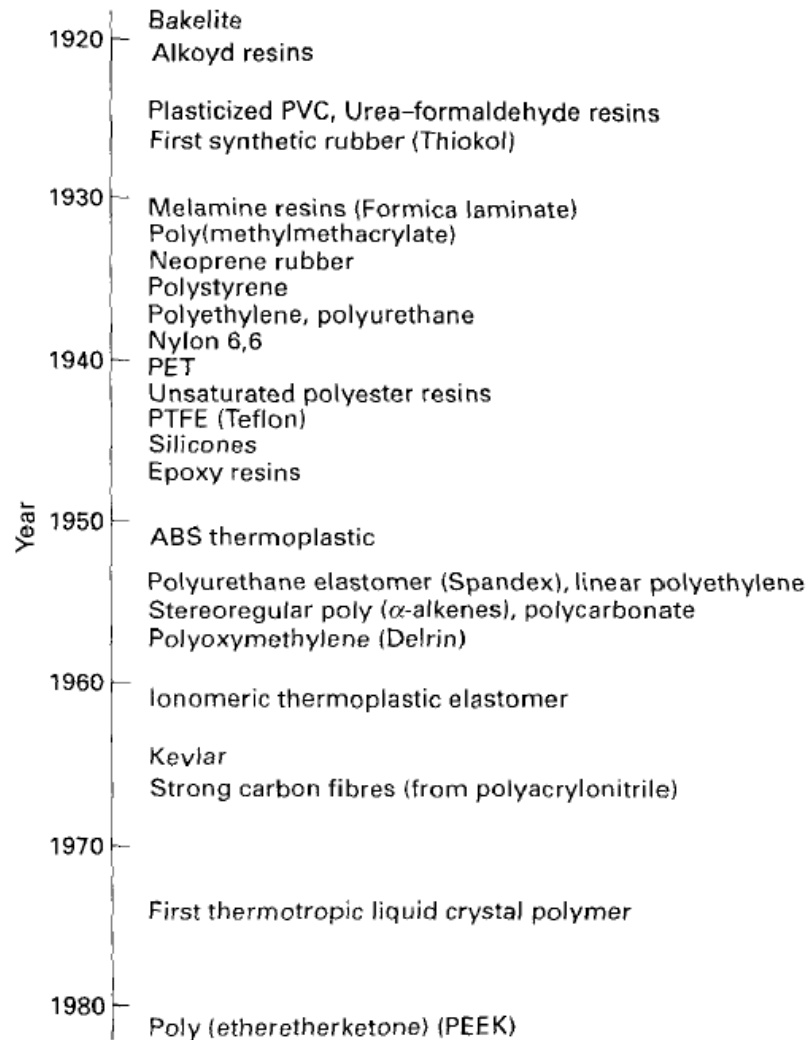


poly(acrylic acid)

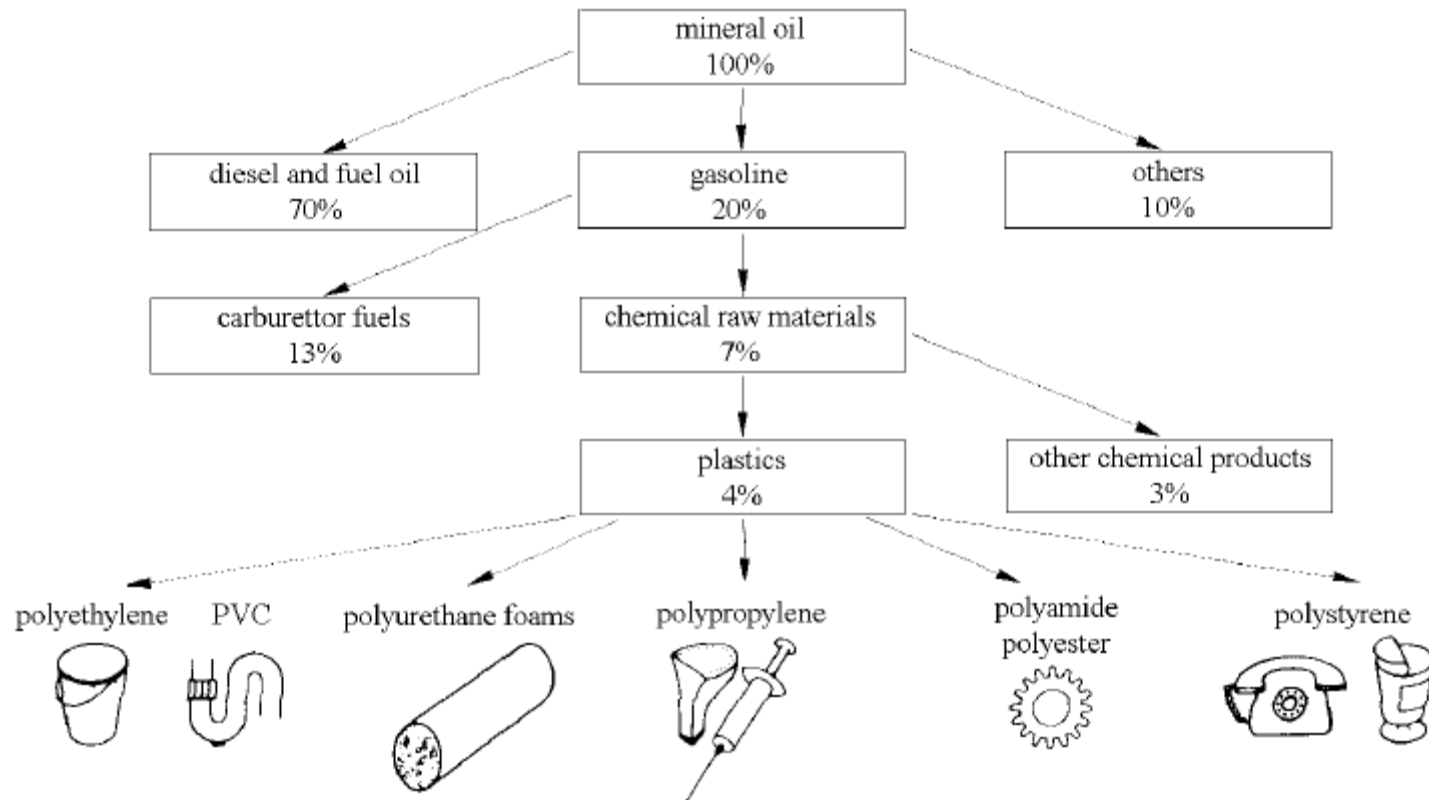


poly(methylmethacrylate)
'PMMA'

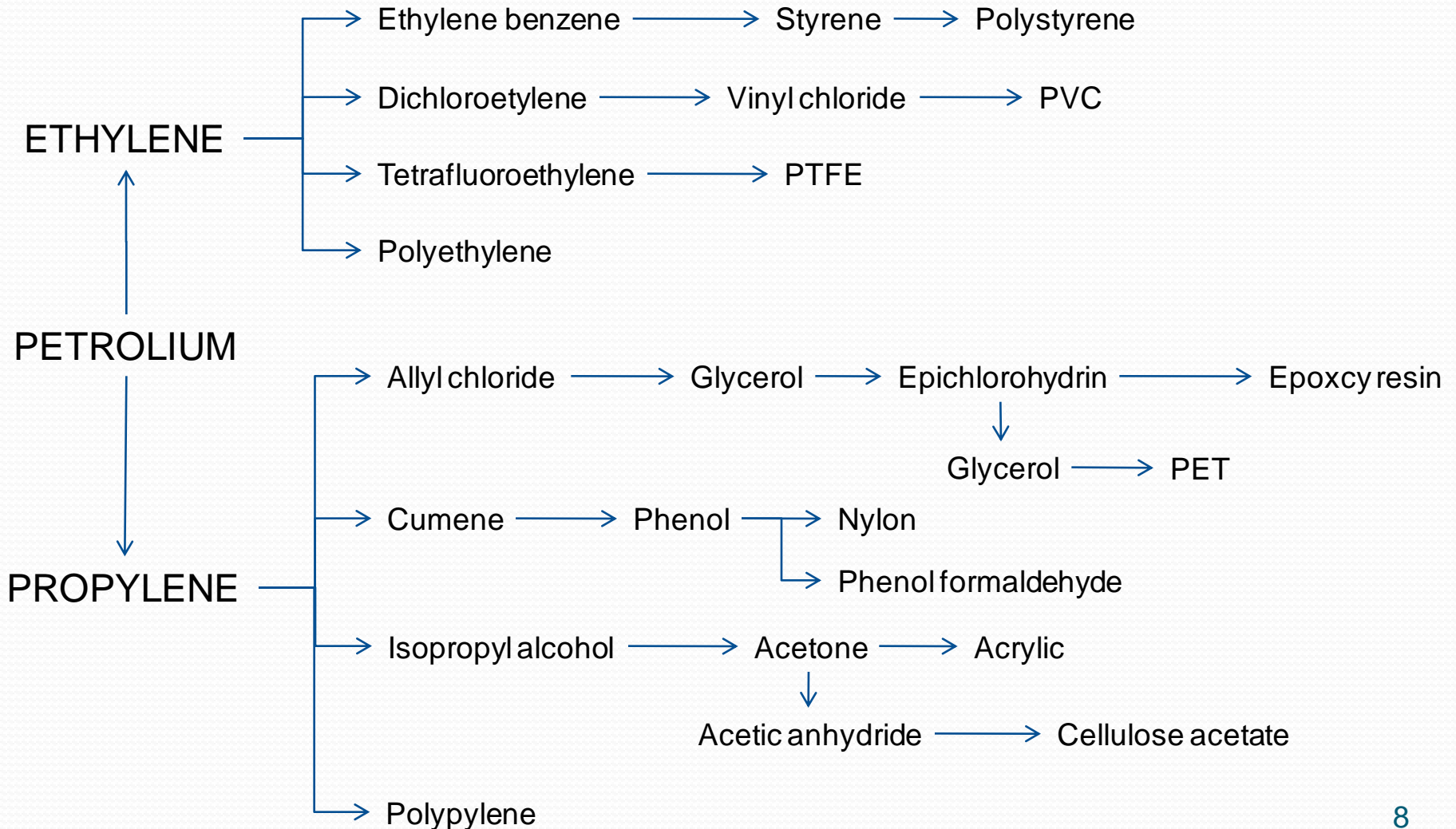
SEJARAH POLIMER



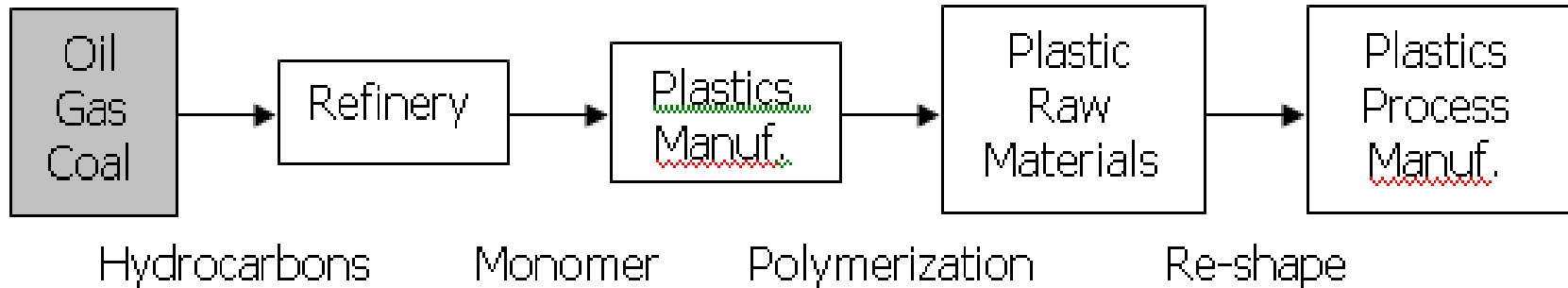
BAHAN DASAR POLIMER



Beberapa plastik yg berasal dari petroleum :



Garis besar skema proses pembuatan plastik (utk synthetic polymer) dari petroleum



sbg contoh proses manufakturnya :

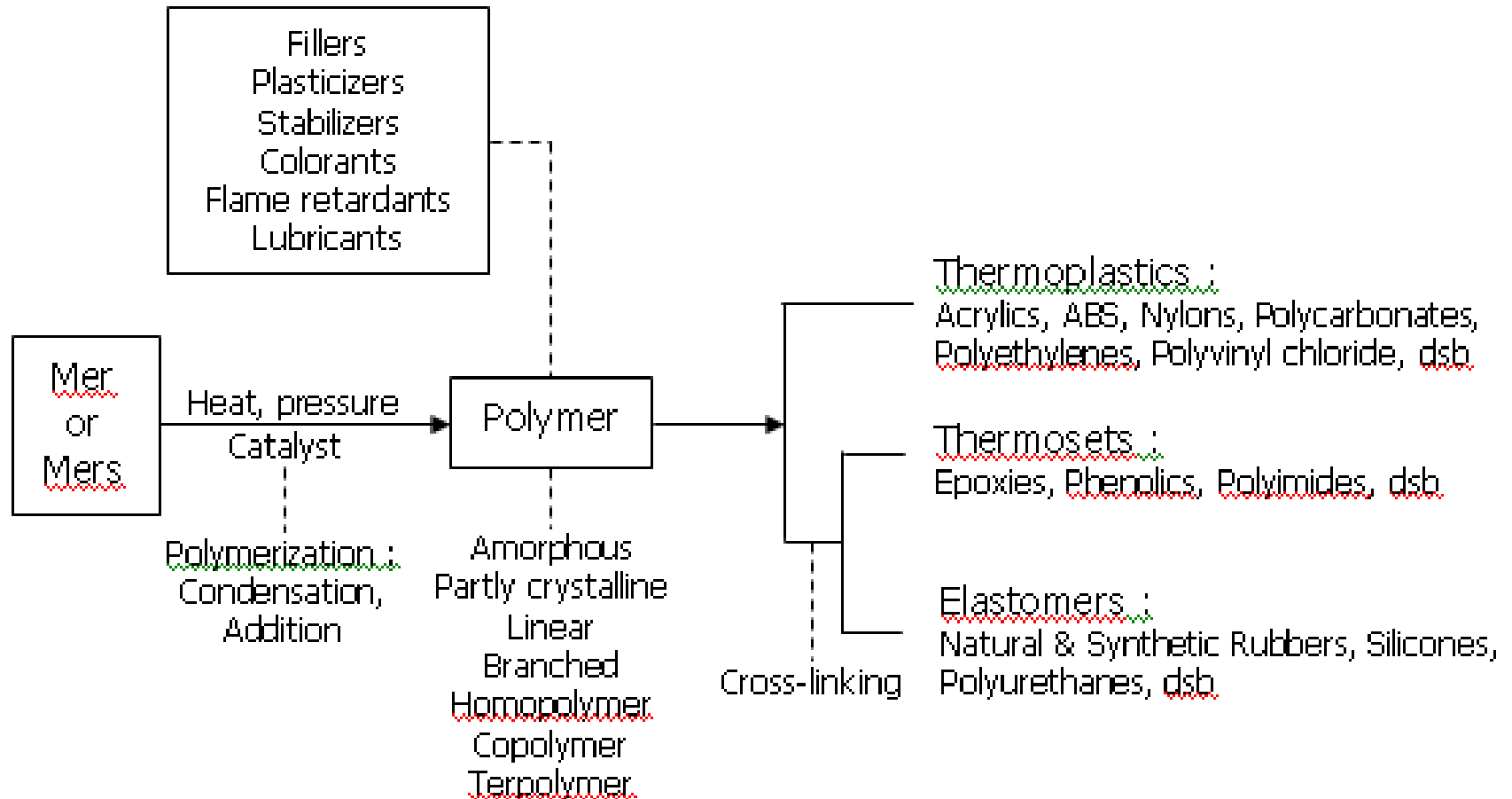
Pd proses hydrocarbons → Pertamina, Petronas, Exxon, Amoco, dll

Pd proses monomer → Chandra Asri, Asahi Mas, dll

Pd proses polymerization → Chandra Asri, Asahi Mas, Tripolyta, Statomer, dll

Pd proses Re-shape → Berlina, Sido Bangun, Trias Sentosa, Maspion, dll

Skema dasar proses pembuatan polimer & turunannya



Pendahuluan

▶ Bahan Polimer:

- Anorganik

- ✓ Alamiah (pasir)

- ✓ Sintetik (Serat, elastomer, polisiloksan)

- Organik

- ✓ Alamiah (polisakarida [selulosa, kanji, katun], protein, karet alam)

- ✓ Sintetik (serat, plastik, elastomer [mylon, polietilen, polistiren, etc])

Pendahuluan

▶ Cara Pembuatan

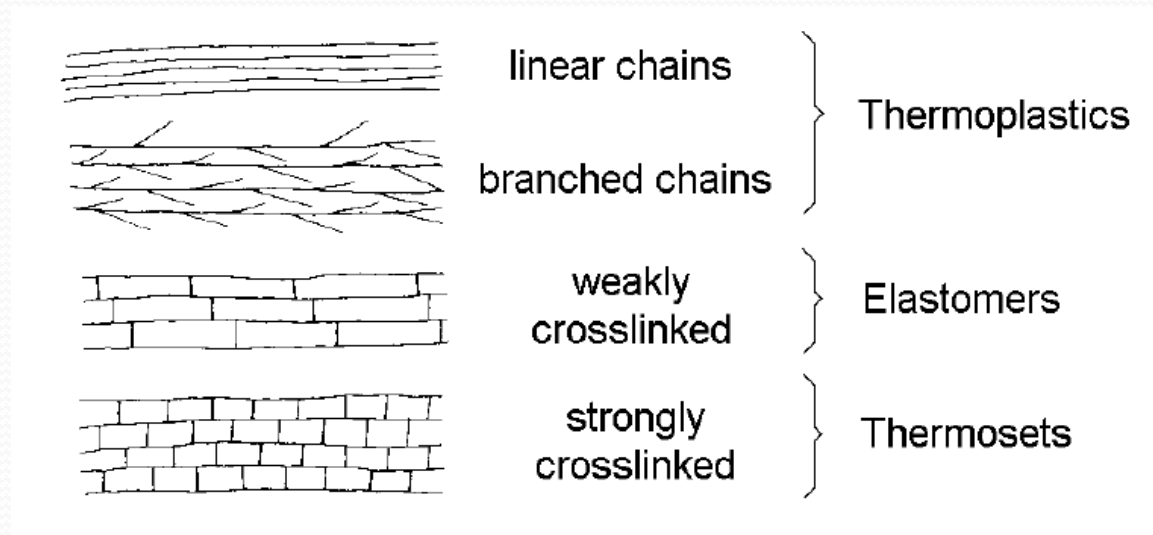
- ❏ Polimer Adisi
- ❏ Polimer Kondensasi

▶ Reaksi terhadap Kalor

- ❏ Polimer Termoplastik
 - Dapat di daur ulang,
 - $T_{\text{penggunaan}} < T_{\text{pembuatan}}$
- ❏ Polimer Termoset
 - Sulit di daur ulang
 - $T_{\text{penggunaan}} > T_{\text{pembuatan}}$

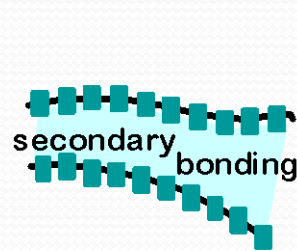
KLASIFIKASI POLIMER SINTETIK

- Termoplastik
 - (semi)kristalin
 - amorfus
- Termoset
- Elastomer

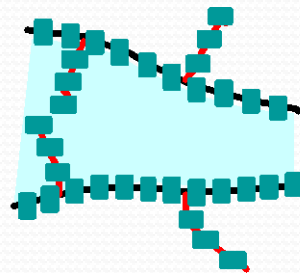


Structure Polymer

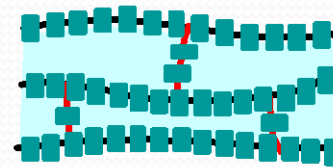
- linear (end-to-end, flexible, like PVC, nylon)
- Branched
- Cross-linked (due to radiation, vulcanization, etc.)
- Network (similar to highly cross-linked structures)



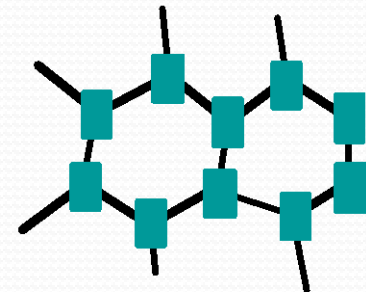
Linear



Branched



Cross-Linked



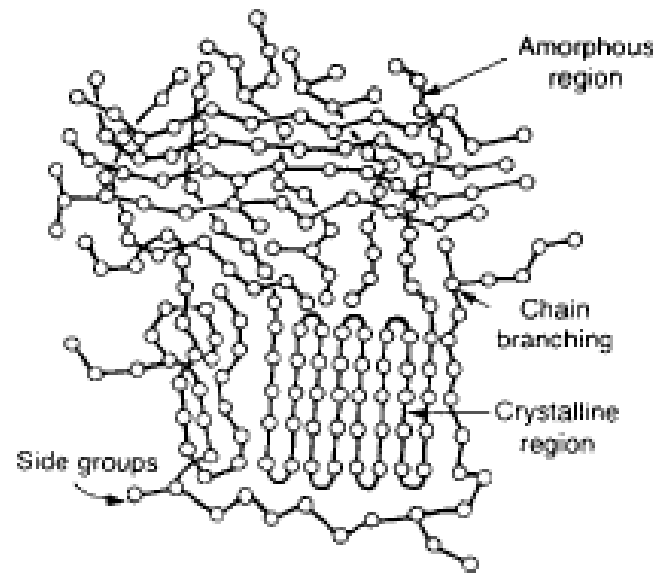
Network

Pengaruh struktur terhadap sifat fisik:

- Titik leleh, bercabang lebih mudah meleleh di bandingkan dengan linier
berikatan silang sukar untuk meleleh karena pemutusan ikatan sulit terjadi.
- Elastisitas, struktur bercabang lebih elastis.

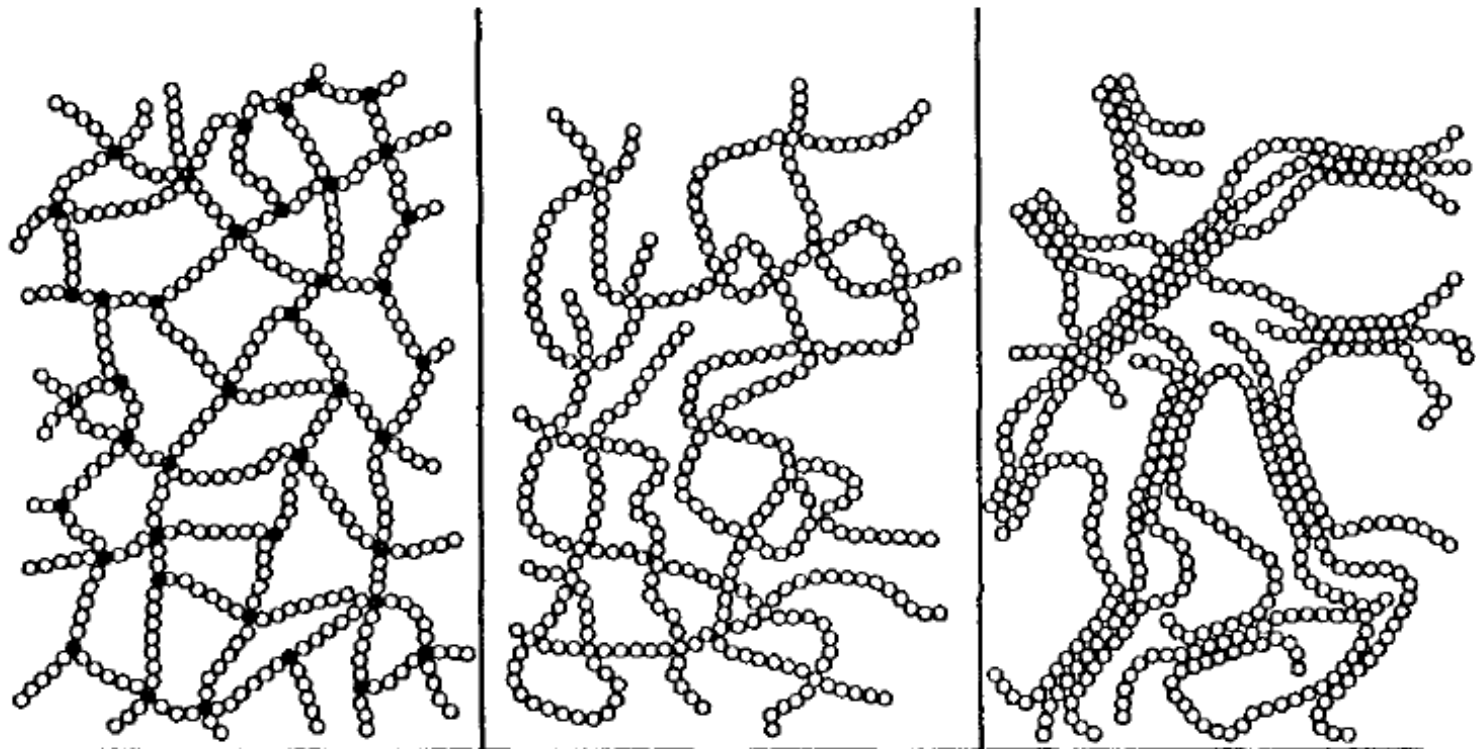
Kristalinitas

- Kristalin: susunannya teratur seperti kristal.
- Semikristalin: sebagian teratur, sebagian acak.
- Amorf: susunannya acak.



- Struktur rantai linier cenderung membentuk polimer kristalin, struktur bercabang cenderung membentuk polimer amorf.

KLASIFIKASI POLIMER SINTETIK



thermosets

amorphous

semicrystalline

thermoplastics

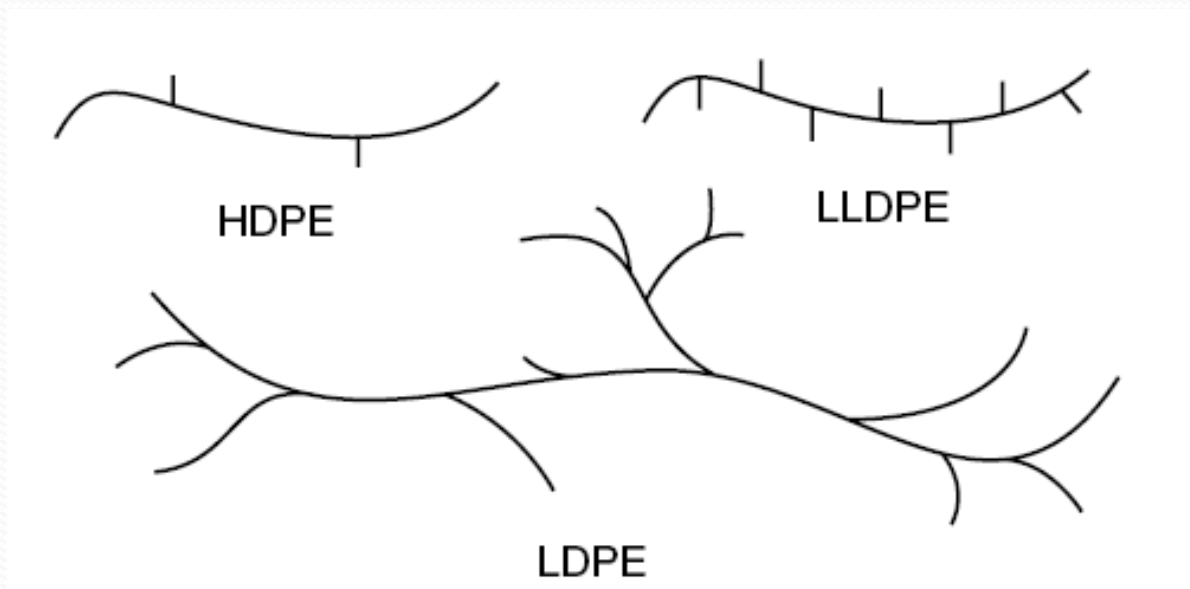
Konfigurasi molekul

- ▶ Chains are represented straight but in practice they have a three dimensional zig zag structure.



- ▶ When all the mers are the same, the molecule is called a ***homopolymer***.
- ▶ When there is more than one type of mer present, the molecule is a ***copolymer***.
- ▶ The regularity and symmetry of the side-groups can affect strongly the properties of polymers.

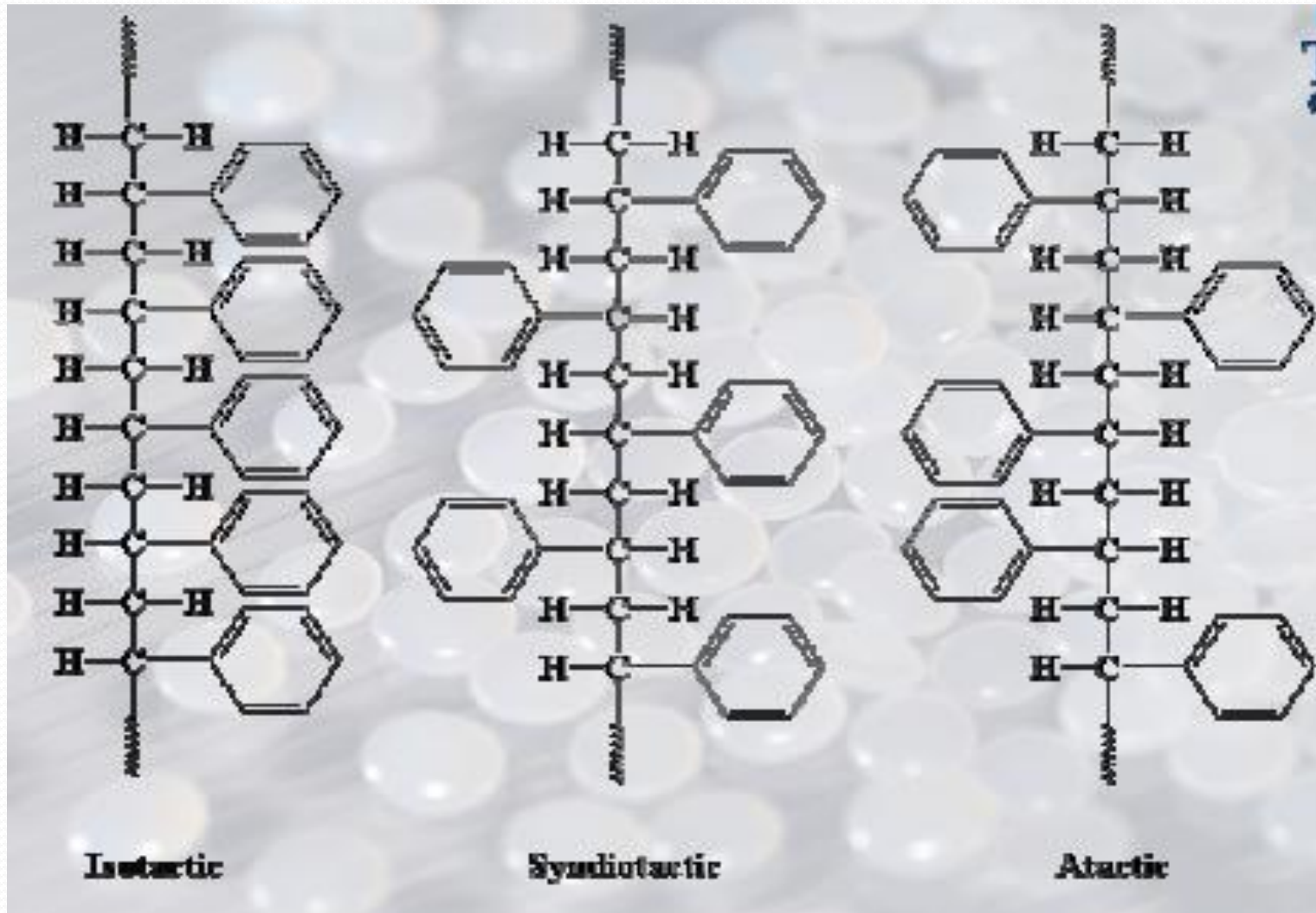
POLIETILENA



Taksisitas

- **Tacticity** - a way pendant groups are arranged along the backbone chain of a polymer.
- ***Isotactic*** – all of pendant groups are on the same side of the chain.
- ***Syndiotactic*** – pendant groups come on alternating sides of the chain.
- ***Atactic*** – pendant groups are on the both sides and right and left follow in no particular order, in *random position*.

Taksisitas



TOTAL PRODUKSI POLIMER

Table 1.1 Main components of total polymer production in the USA

Type	Fraction of total (%)	Main specific polymers (Fraction of total)
Thermoplastics (non-fibres)	68	<ul style="list-style-type: none"> Polyethylene (23%) Poly(vinyl chloride) (13%) Polypropylene (11%) Polystyrene (8%)
Thermoplastics (fibres)	14	<ul style="list-style-type: none"> PET (5%) Nylon 6,6 (4%) Poly(alkenes) (2%)
Thermoset resins	10	<ul style="list-style-type: none"> Phenol-formaldehyde (5%) Urea-formaldehyde (2%)
Synthetic rubbers	8	<ul style="list-style-type: none"> SBR (2%) Poly(butadiene) (1%)

Based upon data given in *Chemical & Engineering News*, 18 June 1990, pp. 40-1.

PLASTIK

Terbagi menjadi:

- 1) Plastik Komoditi (PE, PP, PVC, PS)
- 2) Plastik Teknik seperti poliamida, poliester
 - Plastik komoditi dicirikan dengan volume pemakaiannya yang tinggi dan harganya yang murah
 - Plastik teknik volume pemakaiannya lebih rendah dan harganya lebih mahal

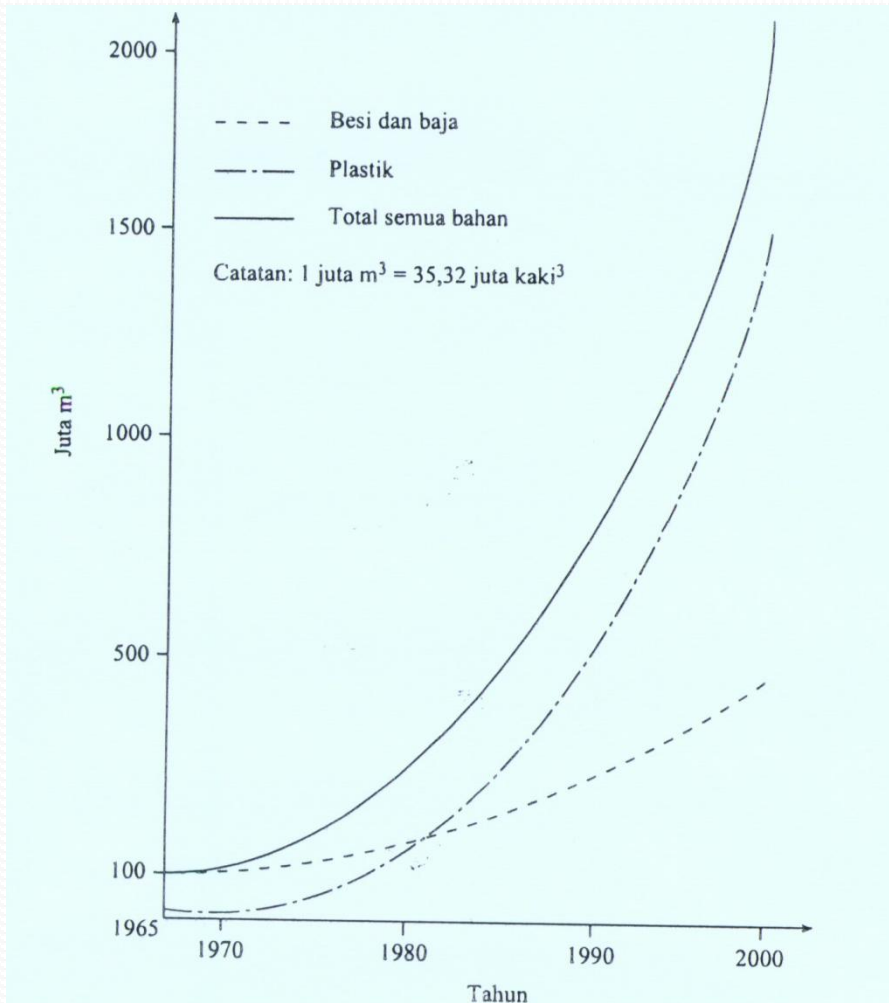
PLASTIK KOMODITI

Jenis	Singkatan	Kegunaan Utama
Polietilena massa jenis rendah	LDPE	Lapisan pengemas, isolasi kawat & kabel, mainan, botol fleksibel, bahan pelapis
Polietilena massa jenis tinggi	HDPE	Botol, drum, pipa, film, isolasi kawat & kabel
Polipropilena	PP	Tali, karpet, film
Poli(vinil klorida)	PVC	Bahan bangunan, pipa, bahan untuk lantai
Polistirena	PS	Bahan pengemas (busa & film), perabotan rumah, mainan

KARAKTERISTIK PLASTIK

- 1) Tahan terhadap bahan kimia
- 2) Insulator listrik dan panas
- 3) Ringan dan kuat
- 4) Dapat dibentuk
- 5) Transparan dan bersifat optik
- 6) Dapat didaur-ulang
- 7) Dapat ditembus oleh gas

PEMAKAIAN PLASTIK



INTERAKSI MOLEKULAR

- 1) Interaksi Van der Waals
- 2) Interaksi momen dipol
- 3) Interaksi induksi momen dipol
- 4) Ikatan hidrogen

INTERAKSI Van der Waals

- Selalu ada pada setiap polimer
- Energi ikatnya rendah $W < 10 \text{ kJ/mol}$
- $W \propto 1/r^6$ dimana r adalah jarak
- Terjadi terutama di daerah kristalin
- Energi ikat akan menurun karena:
 - Panas
 - Adanya *plasticizer*

INTERAKSI MOMEN DIPOL

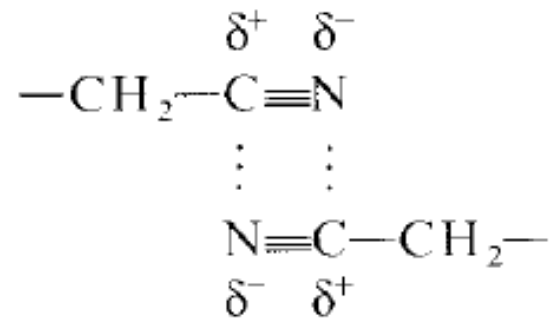
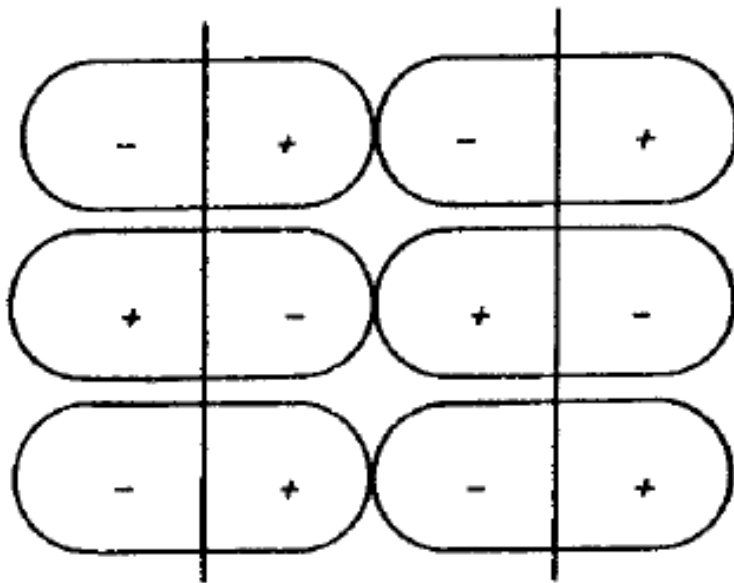
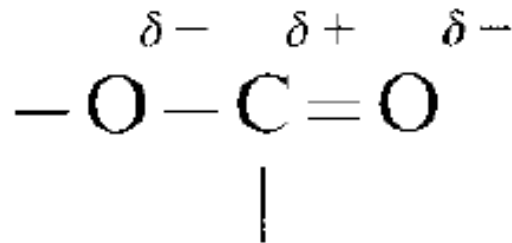
- Disebabkan adanya perbedaan keelektronegatifan
- Contoh: PVC



- Akibatnya:

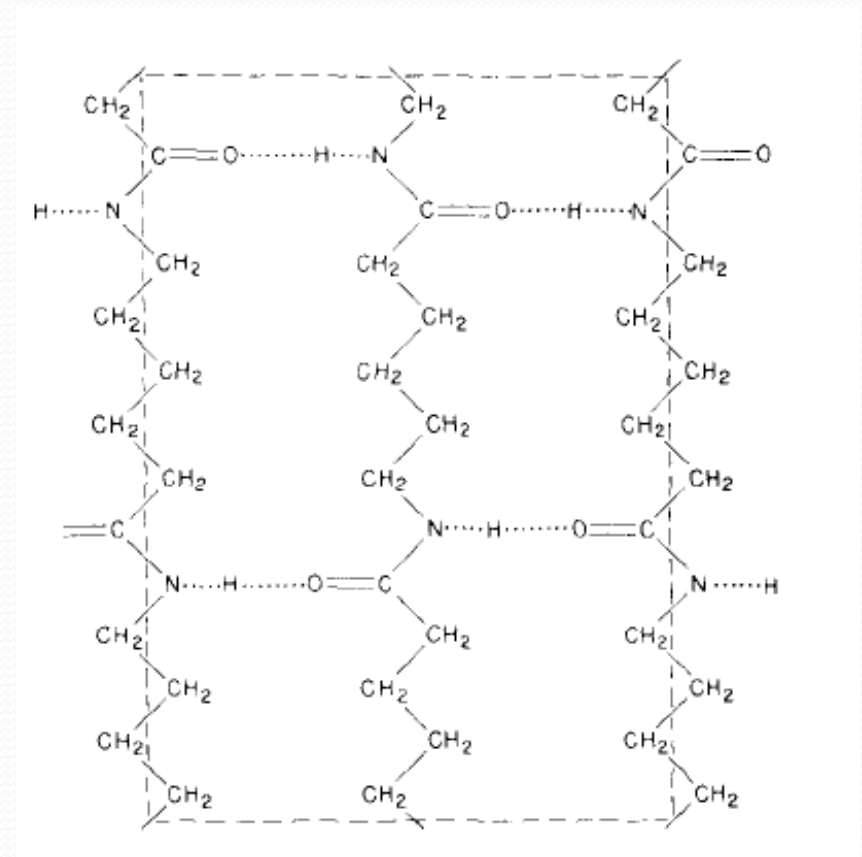
- Kelarutan berkurang
- Tg menaik

INTERAKSI MOMEN DIPOL



IKATAN HIDROGEN

- $W \propto 20 \text{ kJ/mol}$
- T_m, T_g, η naik
- Sangat kuat pada poliamida dan poliuretan



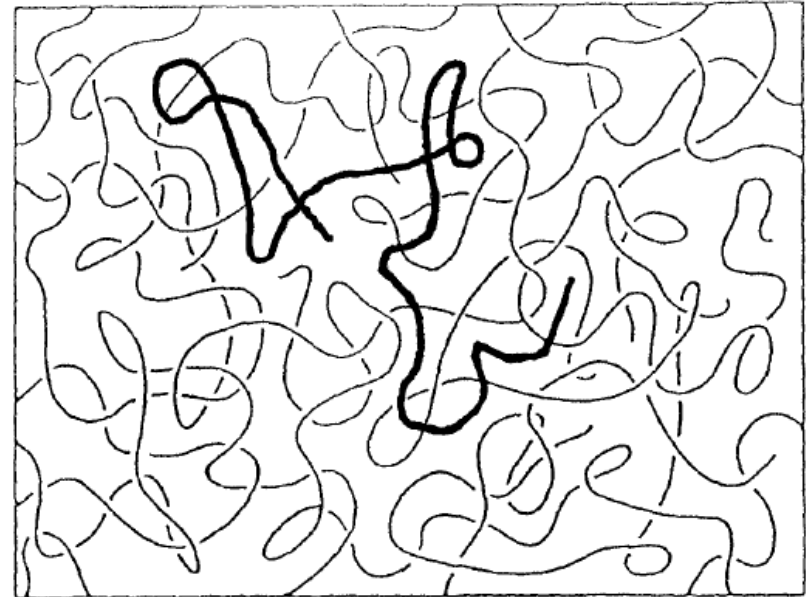
KRISTALINITAS

Faktor yang mempengaruhi:

- 1) Struktur rantai & struktur *coil*
- 2) Taktisitas
- 3) Ukuran rantai samping
- 4) Kecepatan pendinginan
- 5) Interaksi molekular

RANDOM COIL MODEL

- Menghalangi kristalisasi
- Meningkatkan viskositas



DERAJAT KRISTALISASI

Polymer	Density of crystalization	crystalline	density amorphous	(g/cm ³) common
Polyamide (PA)	35-45	1.22 (PA 66)	1.07 (PA 66)	1.14
Polyoxymethylene (POM)	70-80	-	-	1.14
Polyethylenterephthalate (PETP)	30-40	1.455	1.335	1.38
Polybutylenterephthalate (PBTP)	40-50	-	-	1.3
Polytetrafluoroethylene (PTFE)	60-80	-	-	2.1
Polypropylene (PP) mostly isotactic	70-80	0.937	0.834	0.905
Polypropilene (PP) higher atactic fraction	50-60	-	-	0.896
Polyethelene of high density (HDPE)	70-80	1.0	0.855	0.95
Polyethelene of low density (LDPE)	45-55	1.0	0.855	0.92

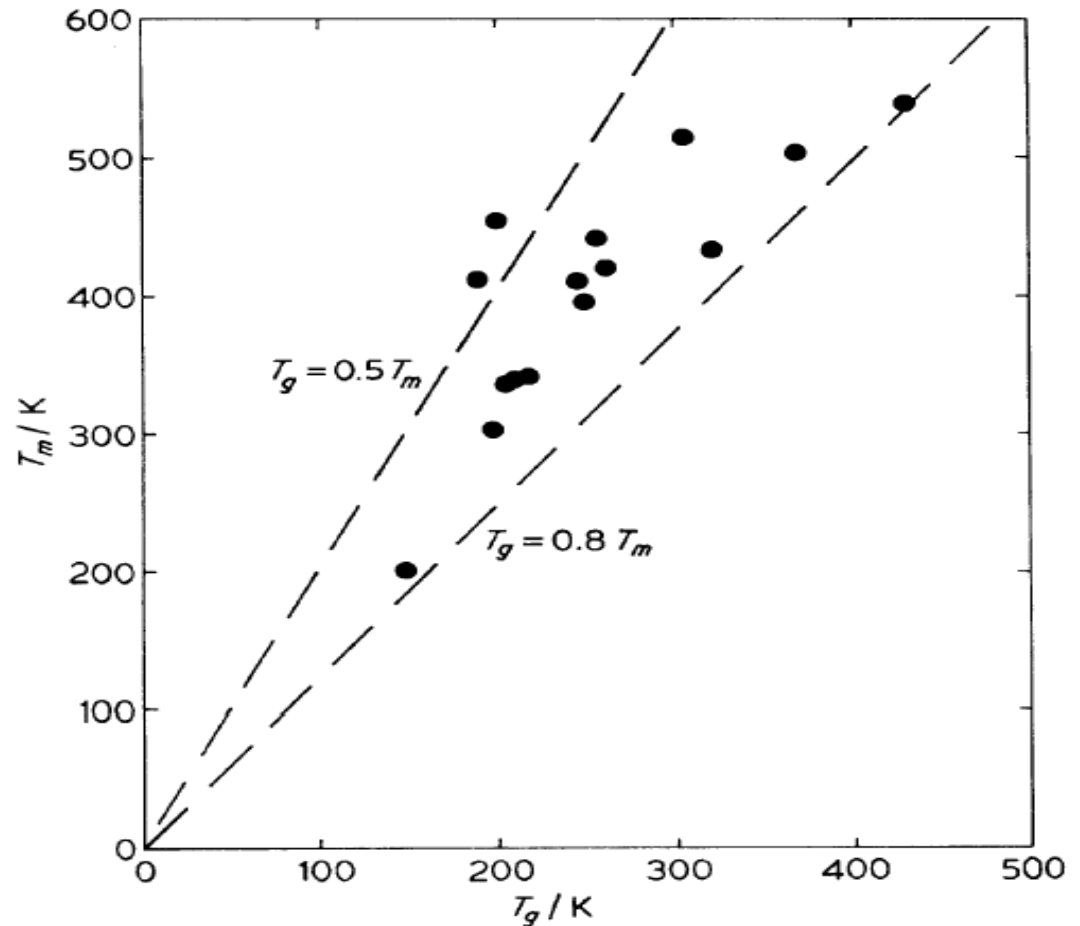
TITIK GELAS (T_g) & TITIK LELEH (T_m)

Faktor yang mempengaruhi:

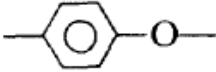
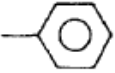
- 1) Kekakuan rantai
- 2) Berat molekul (T_g PS = 40°C pada $M_w = 3000$, $T_g = 100^\circ\text{C}$ pada $M_w = 300.000$)
- 3) Tingkat percabangan (T_g PE = -20°C , T_g PP = 5°C)
- 4) Derajat ikat silang
- 5) Polaritas (T_g PVC = 81°C , T_g PVA = 85°C)

TITIK GELAS

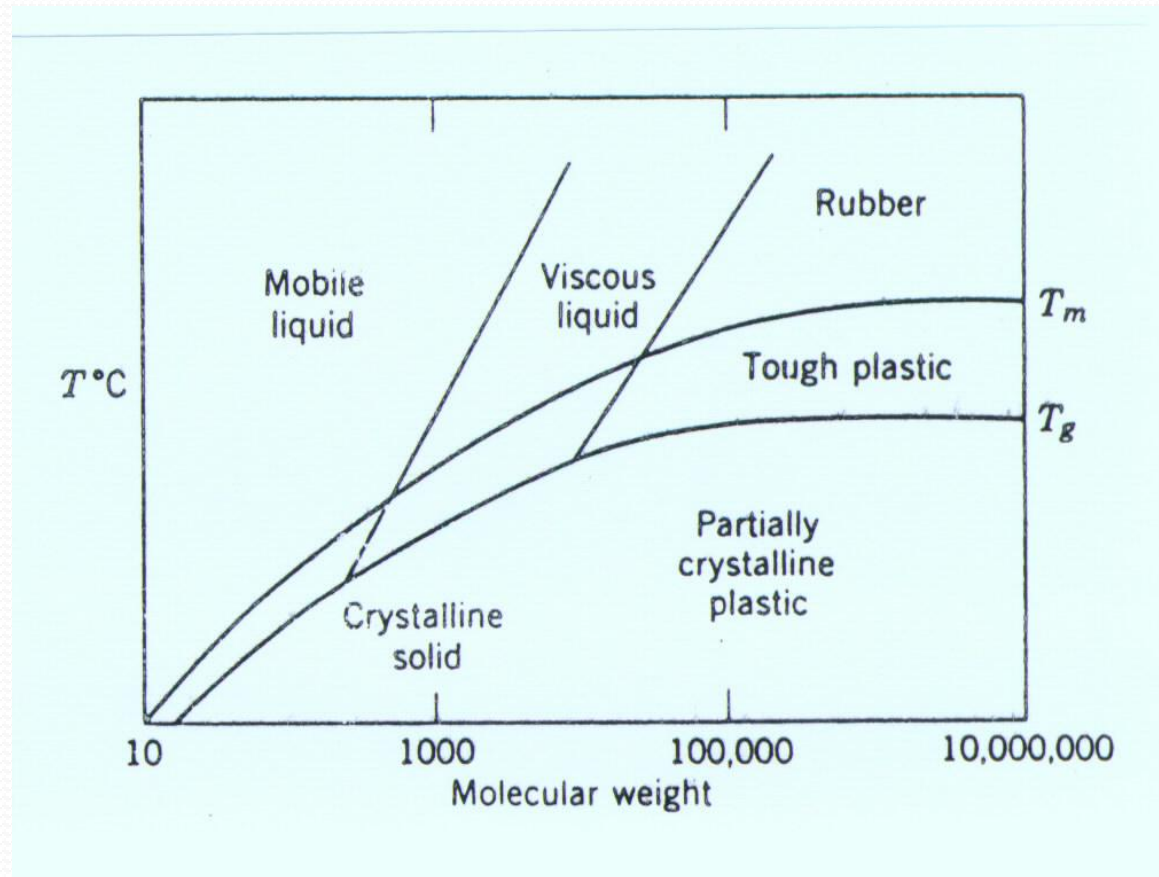
- $T_g = \alpha T_m$
 $\alpha = 0,5 - 0,8$



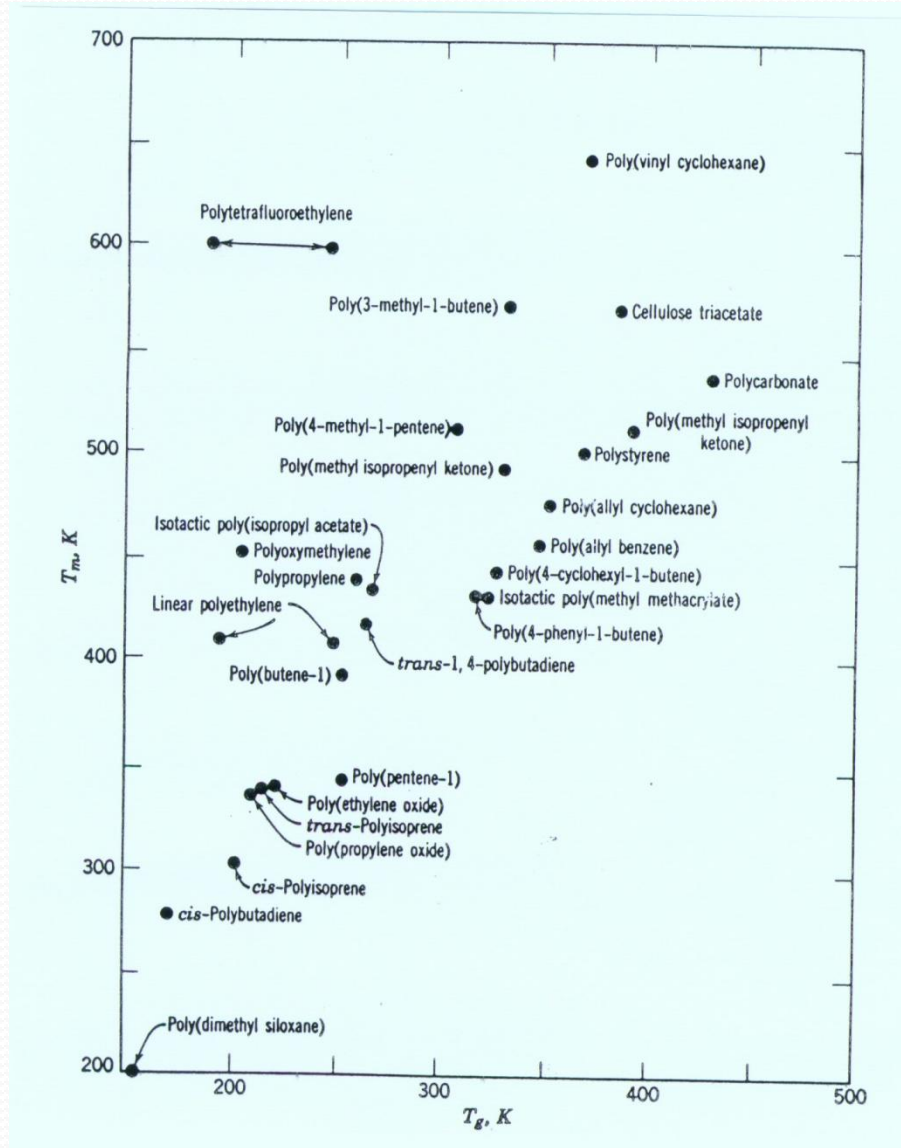
TITIK GELAS

Repeat unit	T_g/K
$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	140-270
$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-$	206
	357
$-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-$	353
Side group (X)	
$-\text{CH}_2-\text{CHX}-$	
$-\text{CH}_3$	250
$-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	249
$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	233
$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	323
	373
$-\text{Cl}$	354
$-\text{OH}$	358
$-\text{CN}$	370

HUBUNGAN M_w , T_g , T_m

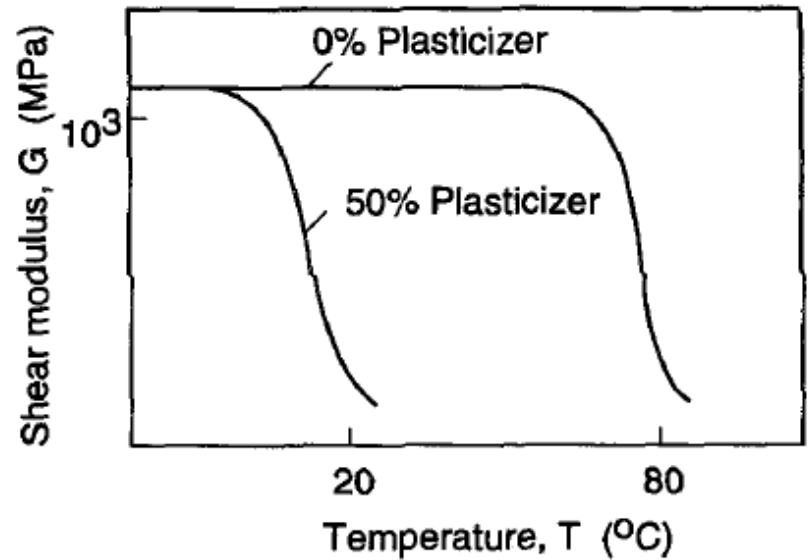


HUBUNGAN T_g & T_m

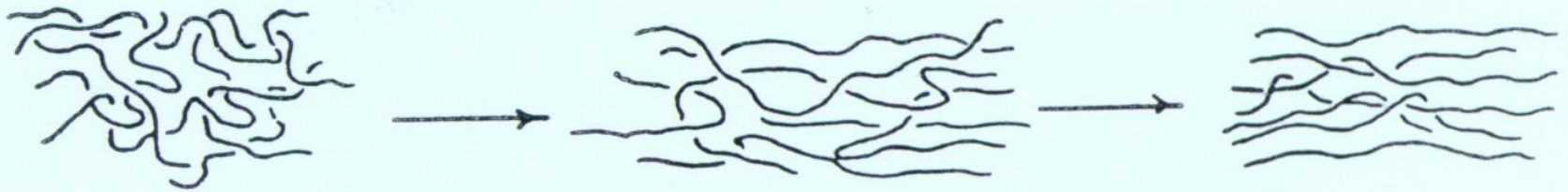


PENGARUH *PLASTICIZER*

- Plasticizer menurunkan T_g

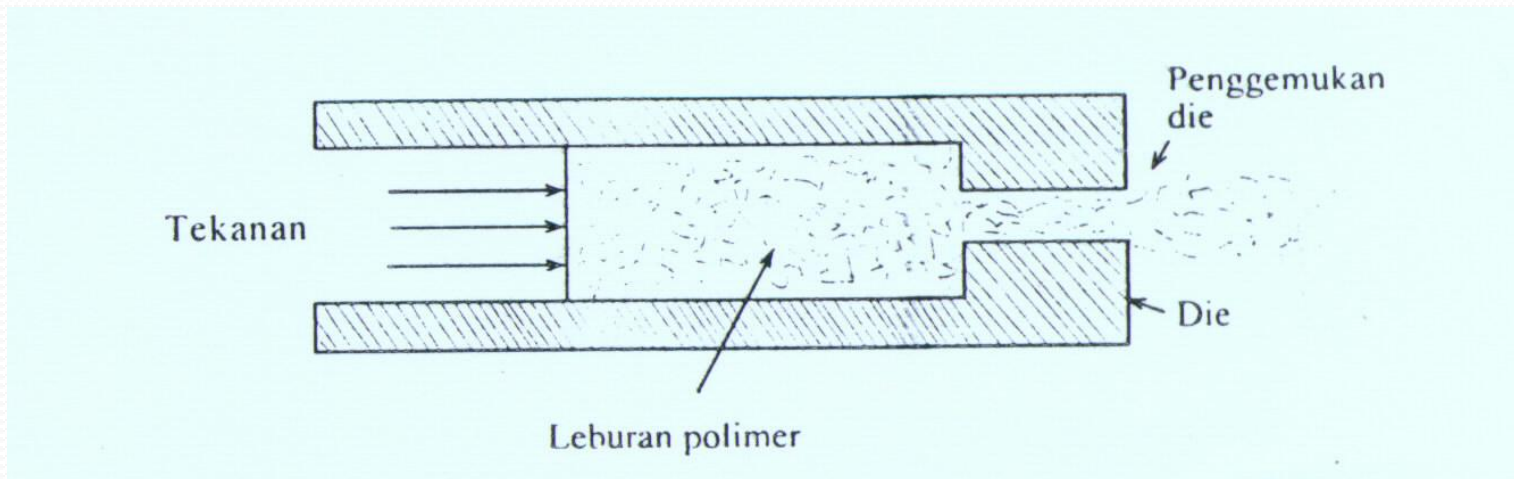


RHEOLOGI POLIMER



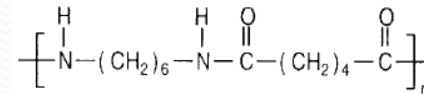
Gambar 3.6 Penipisan geser yang timbul dari terurainya belitan

REOLOGI POLIMER

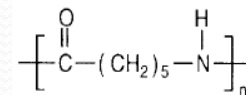


BAHAN DISKUSI

- Manakah yang Tgnya lebih tinggi?

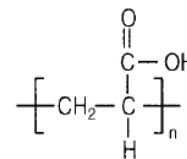


poly(hexamethylene adipamide)
nylon 6,6

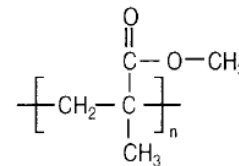


poly(ϵ -caprolactam)
nylon 6

- Manakah yang Tgnya lebih tinggi?



poly(acrylic acid)



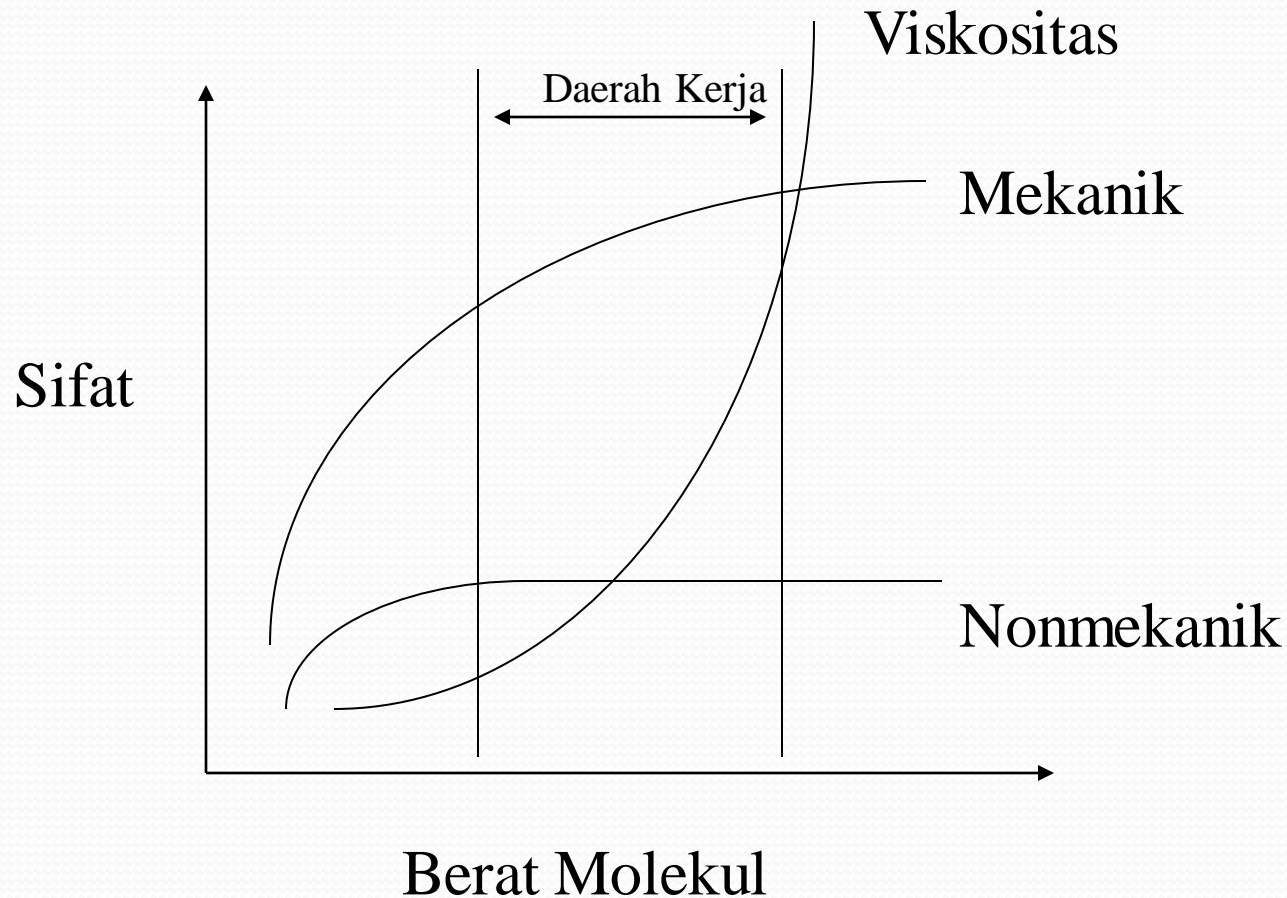
poly(methylmethacrylate)
'PMMA'

STRUKTUR KIMIA DAN SIFAT POLIMER

Sifat Mekanik

- Bergantung pada gaya antar molekul polimer
- Bergantung pada BM untuk polimer yang mempunyai kisaran BM yang luas
- Untuk poliolefin spt polietilen BM tidak lagi berpengaruh jika $BM > 10^5$
- Polimer polar seperti poliamida BM tidak lagi berpengaruh jika $BM > 20.000$

SIFAT Vs BERAT MOLEKUL



SIFAT MEKANIK PENTING

- Kuat Tarik : Ketahanan terhadap tarikan
- Kuat Kompresif : Ketahanan terhadap tekanan
- Kuat Fleksur : Ketahanan terhadap patahan (*breaking*) atau patah cepat (*snapping*)
- Ketahanan Impak : Ukuran keuletan terhadap pukulan stress yang tiba-tiba
- Kelelahan (Fatigue) : Kemampuan bahan untuk menahan aplikasi yang berulang dari kuat tarik, kuat kompresif atau kuat fleksur

SIFAT MEKANIK

FUNGSI WAKTU

- Krip merupakan ukuran perubahan perpanjangan ketika bahan polimer diberikan tegangan konstan (gaya berat)
- Relaksasi tegangan mengacu pada penurunan tegangan ketika bahan polimer diperpanjang dengan cepat ke suatu perpanjangan yang konstan

STRUKTUR MOLEKUL Vs SIFAT MEKANIK

- Semakin fleksibel rangka polimer: kuat tarik, fleksur atau kompresif semakin rendah
- Faktor yang mempengaruhi kekakuan rangka polimer antara lain unit siklik, ikat silang, kekristalan
- Pada banyak kasus, kekakuan rangka polimer menyebabkan naiknya kerapuhan dan berkurangnya kuat impak

SIFAT MEKANIK HOMOPOLIMER

Polimer	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Kompresif (MPa)	Kuat Fleksur (MPa)	Kuat Impak (N/Cm)
LDPE	8,3 – 31	-	-	Tidak Patah
HDPE	22 – 31	20 – 25	-	0,23 – 2,3
PP	31 – 41	38 – 55	41 – 55	0,23 – 0,57
PVC	41 – 52	55 – 90	69 – 110	0,23 – 1,3
PS	36 – 52	83 – 90	69 – 101	0,20 – 0,26
Nilon 66	76 – 83	103	42 – 117	0,46 – 1,2
PC	66	86	93	9,1

SIFAT HOMOPOLIMER

TABLE III-1 Comparative Properties of Thermoplastics

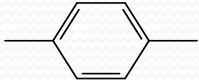
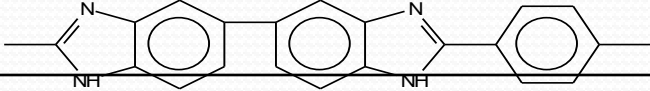
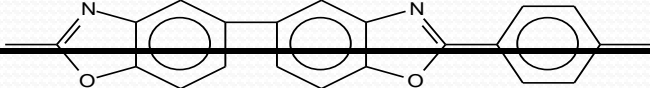
Material	Heat deflection temperature @1.82 MPa, °C	Tensile strength, MPa	Tensile modulus, GPa	Impact strength, J/m	Density, g/cm ³	Dielectric strength, MV/m	Dielectric constant @ 60 Hz
ABS	99	41	2.3	347	1.18	15.7	3.0
CA	68	37.6	1.26	210	1.30	16.7	5.5
CAB	69	34	0.88	346	1.19	12.8	4.8
PTFE		17.1	0.36	173	2.2	17.7	2.1
PCTFE		50.9	1.3	187	2.12	22.2	2.6
PVDF	90	49.2	2.5	202	1.77	10.2	10.0
PB	102	25.9	0.18	NB*	0.91		2.25
LDPE	43	11.6	0.17	NB	0.92	18.9	2.3
HDPE	74	38.2		373	0.95	18.9	2.3
PMP		23.6	1.10	128	0.83	27.6	
PI		42.7	3.7	320	1.43	12.2	4.1
PP	102	35.8	1.6	43	0.90	25.6	2.2
PUR	68	59.4	1.24	346	1.18	18.1	6.5
PS	93	45.1	3.1	59	1.05	19.7	2.5
PVC-rigid	68	44.4	2.75	181	1.4	34.0	3.4
PVC-flexible		9.6		293	1.4	25.6	5.5
POM	136	69	3.2	133	1.42	19.7	3.7
PMMA	92	72.4	3	21	1.19	19.7	3.7
Polyarylate	155	68	2.1	288	1.19	15.2	3.1
LCP	311	110	11	101	1.70	20.1	4.6
Nylon 6	65	81.4	2.76	59	1.13	16.5	3.8
Nylon 6/6	90	82.7	2.83	53	1.14	23.6	4.0
PBT	54	52	2.3	53	1.31	15.7	3.3
PC	129	69	2.3	694	1.20	15	3.2
PEEK	160	93.8	3.5	59	1.32		
PEI	210	105	3	53	1.27	28	3.2
PES	203	84.1	2.6	75	1.37	16.1	3.5
PET	224	159	8.96	101	1.56	21.3	3.6
PPO							
(modified)	100	54	2.5	267	1.09	15.7	3.9
PPS	260	138	11.7	69	1.67	17.7	3.1
PSU	174	73.8	2.5	64	1.24	16.7	3.5

*No break.

STABILITAS PANAS

- Polimer dinyatakan tahan panas jika tidak terurai pada suhu di bawah 400°C
- Stabilitas panas merupakan fungsi energi ikatan
- Polimer siklik lebih tahan panas dibandingkan dengan polimer rantai terbuka
- Polimer-polimer aromatik tahan terhadap suhu tinggi
- Jika melibatkan udara disebut stabilitas termooksidatif

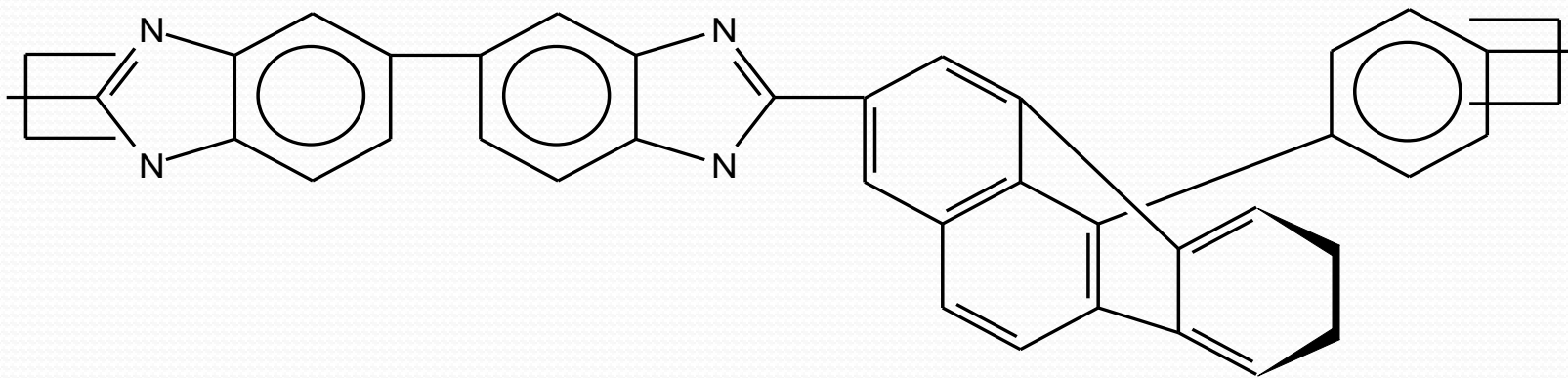
POLIMER TAHAN PANAS

Tipe	Struktur	Suhu Dekomposisi
Poli(<i>p</i> -penilen)		660°C
Polibenzimidazol		650°C
Polioksazol		620°C

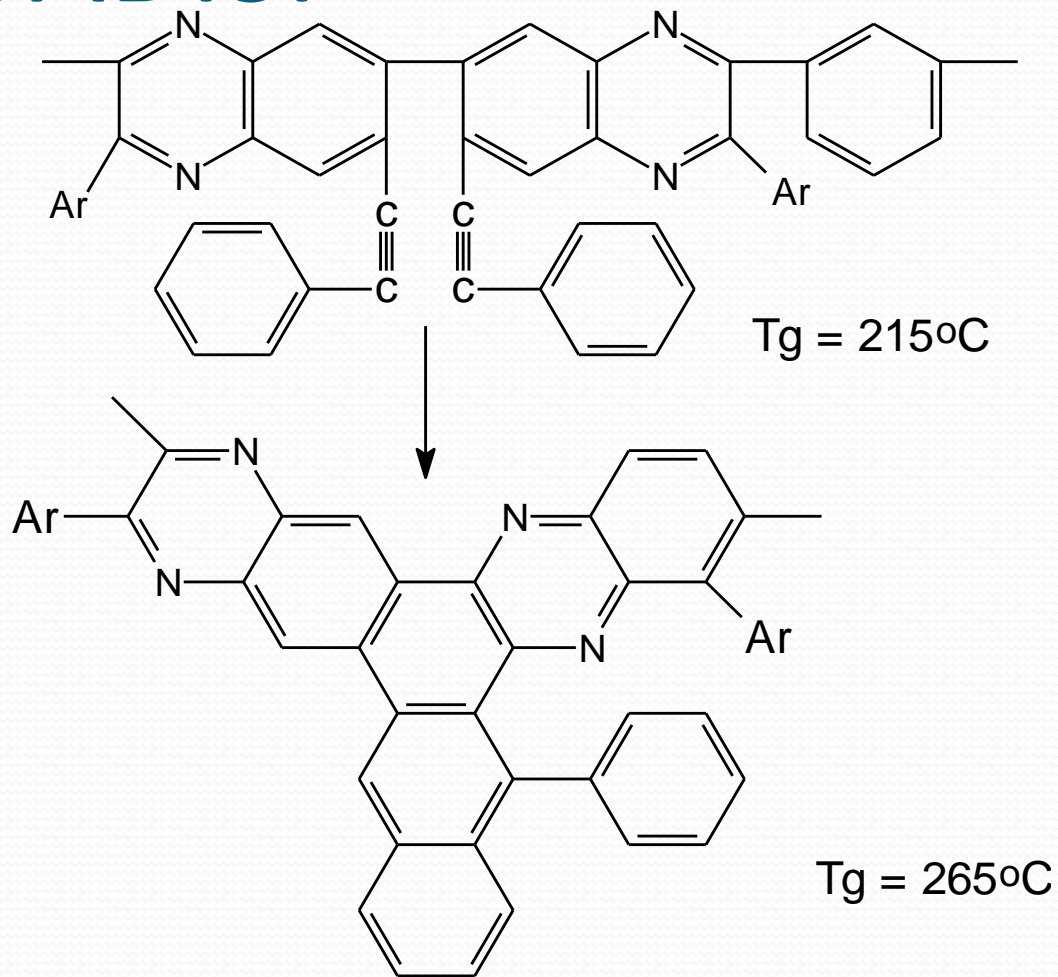
TEHNIK PENURUNAN T_g

- Penambahan fleksibilisator seperti eter, sulfon
- Pemasukan gugus aromatik yang tegak lurus terhadap kerangka aromatik datar (polimer cardo)
- Memasukkan gugus aktif yang akan mengalami reaksi sikloadisi pada saat proses
- Sintesis oligomer atau prapolimer aromatik yang mempunyai gugus ujung reaktif

POLIMER CARDO



SIKLOADISI



DAYA NYALA DAN KETAHANAN NYALA

NYALA

Teknik memperbaiki ketahanan nyala:

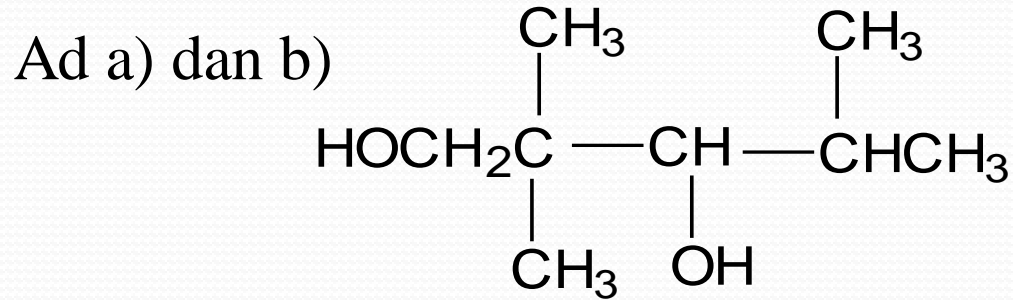
- Menahan proses pembakaran dalam fasa uap, misal penambahan zat penangkap radikal (organohalogen, Sb_2O_3)
- Membentuk arang pada daerah pirolisis, misal polimer aromatik, pembentukan ikat silang dan penambahan fosfor
- Penambahan bahan yang mendinginkan zona pirolisis, seperti $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, NaHCO_3

KETAHANAN KIMIA

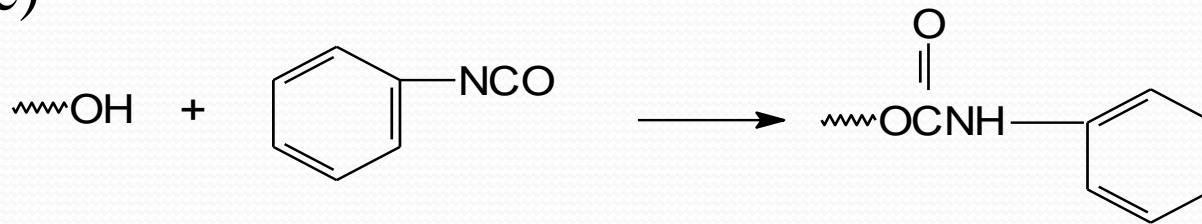
Teknik menaikkan ketahanan kimia:

- a) Menaikkan rintangan sterik di sekitar gugus ester
- b) Mengurangi jumlah gugus ester per satuan panjang rantai
- c) Mengurangi sifat hidrofilik gugus ujung
- d) Fluor telah terbukti menjadi suatu unsur yang memberikan ketahanan thd air dan pelarut
- e) Polimer kristalin dan ikat silang mempunyai ketahanan kimia lebih tinggi dibandingkan dengan polimer amorfus

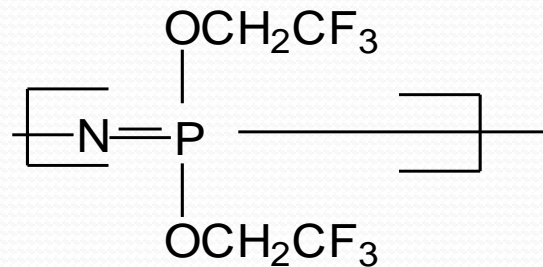
KETAHANAN KIMIA



Ad c)

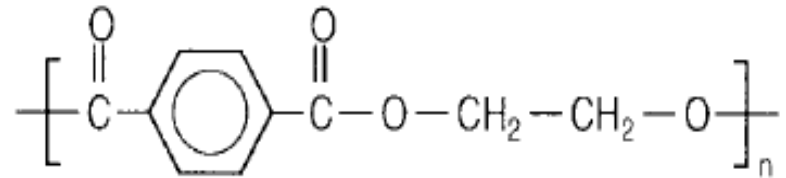


Ad d)



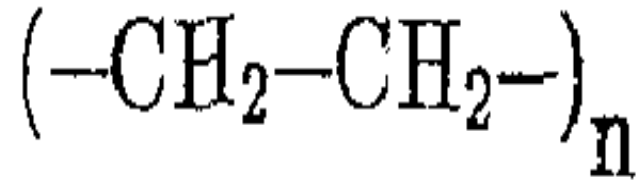
PET

- Jernih, kuat dan mempunyai sifat yang dapat menahan uap air dan gas, tahan terhadap minyak dan panas
- Banyak digunakan untuk botol minuman ringan
- PET daur-ulang dapat digunakan untuk karpet, geotekstil, *laser toner cartridges*



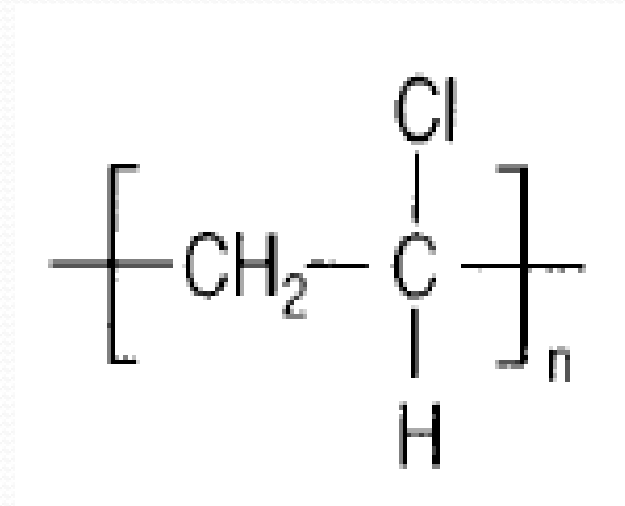
HDPE

- Kaku, kuat, murah, mudah dibentuk dan diproses, tahan terhadap bahan kimia, serapan airnya sangat rendah
- Digunakan sebagai wadah untuk air, susu, jus, mainan dan botol deterjen cair
- HDPE daur-ulang dapat dimanfaatkan untuk tempat sampah, *clipboards*, lantai, tempat makan burung



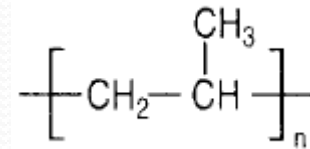
PVC

- Dapat dimanfaatkan untuk berbagai hal, mudah dicampur, kuat, tahan terhadap minyak dan bahan kimia, jernih, murah
- Digunakan sebagai kemasan makanan yang jernih, botol shampoo
- PVC daur-ulang berguna untuk film, panel, *playground equipment*



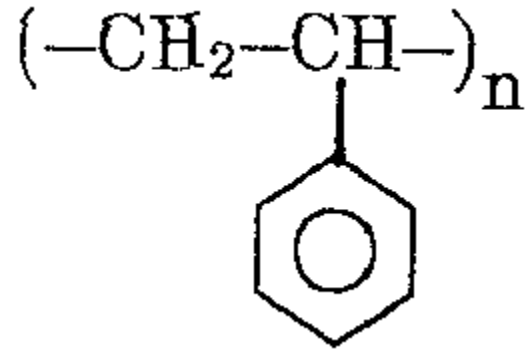
PP

- Kuat, tahan terhadap bahan kimia, minyak dan panas, menahan uap air, murah, dapat dimanfaatkan untuk berbagai hal, mudah diproses
- Dimanfaatkan untuk botol kecap, wadah yogurt dan margarin, botol obat
- PP daur-ulang dapat digunakan untuk sikat gigi, corong minyak, kabel baterai



PS

- Dapat dimanfaatkan untuk berbagai hal dalam bentuk kaku atau busa, dapat menahan uap air dan oksigen, titik leleh relatif rendah, insulator, mudah diproses, murah dan jernih
- Digunakan sebagai kotak kaset video, cangkir kopi pisau, sendok, garpu, peralatan makanan
- PS daur-ulang berguna untuk termometer, kotak telur, kipas, penggaris



NAMA DAGANG PLASTIK

Araldit®	epoxy resins (CIBA)
Bakelite®	phenol-formaldehyde resins
Buna	historical German name for synthetic rubbers. The first of these rubbers were synthesized from butadiene (Bu) with metallic sodium as initiator (Na), hence Buna; these Buna grades were distinguished by numbers. Later Bunas were manufactured by free radical copolymerization, e.g., Buna S = copolymer of butadiene and styrene, Buna N = copolymer of butadiene and acrylonitrile.
Cellophane	films of cellulose hydrate, sometimes laminated. Free name in the United States; registered trademark in other countries, e.g., as Cellophan® in Germany.
Dacron®	poly(ethylene terephthalate) fiber (DuPont)
Delrin®	poly(oxymethylene) from formaldehyde (DuPont)
Diolen®	poly(ethylene terephthalate) fiber (Glanzstoff)
Dralon®	poly(acrylonitrile) fiber (Bayer)
Epikote®	epoxy resin (Shell)
GR	government rubber = synthetic rubbers that were based on German patents (see Buna) and developed during World War II by a crash program under U.S. government auspices. Examples: GR-S, GR-N (see Buna S and Buna N).
Hostaform®	poly(oxymethylene) from trioxane (Hoechst)
Hostalen®	poly(ethylene)s (Hoechst); Hostalen PP® = poly(propylene)s
Hostalit®	poly(vinyl chloride) (Hoechst)
Hycar®	various synthetic elastomers (Goodrich)
Kevlar®	poly(<i>p</i> -phenylene terephthalamide) (DuPont)
Lexan®	bisphenol A polycarbonate (General Electric)
Lucite®	poly(methyl methacrylate) (DuPont)
Lupolen®	poly(ethylene) (BASF)
Luran®	copolymer from styrene and acrylonitrile (BASF)
Lycra®	spandex fiber (DuPont)

NAMA DAGANG PLASTIK

Makrolon®	bisphenol A polycarbonate (Bayer)
Marlex®	poly(ethylene) (Phillips Petroleum)
Moltopren®	foamed polyurethane (Bayer)
Neoprene®	poly(chloroprene) rubber (DuPont)
Nomex®	poly(<i>m</i> -phenylene isophthalamide) (DuPont)
nylon	generic name for polyamides except those from α -amino acids (a former trade name)
Orlon®	poly(acrylonitrile) fiber (DuPont)
Parylen N®	poly(<i>p</i> -xylylene) (Union Carbide)
Perlon®	poly(ϵ -caprolactam) fiber (Perlon Association, Germany)
Plexiglas®	poly(methyl methacrylate) (Röhm)
Plurionics®	segmented copolymers from ethylene oxide and propylene oxide (Wyandotte)
Polyox®	high molar mass poly(ethylene oxide) (Union Carbide)
Quina®	polymer fiber from <i>trans,trans</i> -diaminodicyclohexylmethane and dodecanedicarboxylic acid (DuPont)
saran	a manufactured fiber in which the fiber-forming substance is any long-chain synthetic polymer composed of at least 80 % by weight of vinylidene chloride units -CH ₂ CCl ₂ - (definition of the U.S. Federal Trade Commission)
spandex	a manufactured fiber in which the fiber-forming substance is a long-chain synthetic polymer comprised of a least 85 % of a segmental polyurethane (definition of the U.S. Federal Trade Commission)
Styrofoam®	foamed poly(styrene) (Dow Chemical)
Teflon®	a family of fluoropolymers (DuPont). Examples: poly(tetrafluoroethylene), copolymers of tetrafluoroethylene and hexafluoropropylene (Teflon FEP), copolymers of tetrafluoroethylene and perfluorinated vinyl ethers (Teflon PFA).
Terylene®	poly(ethylene terephthalate) fiber (ICI)
Thiokol®	rubbers based on various thioethers (DuPont)
Trevira®	poly(ethylene terephthalate) fibers (Hoechst)
Ultramid®	polyamides (PA 6, 66, 610) (BASF)

Pustaka

- Bilmayer,