

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang dalam segala hal, salah satunya adalah sektor industri. Dalam era globalisasi saat ini, sektor industri menjadi salah satu alternatif untuk berkontribusi dalam pertumbuhan ekonomi. Salah satunya adalah industri kimia, yang diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi pertumbuhan ekonomi Indonesia. Industri kimia di Indonesia saat ini berkembang karena dipengaruhi oleh permintaan masyarakat yang terus meningkat. Salah satu industri kimia yang mengalami peningkatan adalah industri polimer. Sebagian besar barang yang digunakan masyarakat saat ini menggunakan bahan berbasis polimer seperti plastik, kaca, dan lain-lain (Kemenperin.go.id, 2016).

Polimer termasuk bahan plastik dan karet yang sudah tidak asing lagi. Polimer adalah senyawa organik yang secara kimiawi didasarkan pada karbon, hidrogen, dan unsur non logam lainnya (yaitu O, N, dan Si). Selain itu, polimer memiliki struktur molekul yang panjang. Beberapa polimer yang umum dan familiar adalah polietilen (PE), nilon, polivinil klorida (PVC), polikarbonat (PC), polistiren (PS), dan karet silikon.

Nilai pasar global *polymethyl methacrylate* pada tahun 2018 bernilai sekitar 4,72 miliar USD dan diproyeksikan akan berkembang pada *CAGR* sebanyak 8,4% dari tahun 2019 hingga 2025. Produk ini digunakan di beberapa industri karena karakteristiknya yang menguntungkan seperti ketahanan termal dan kimia yang tinggi, daya tahan, emisi asap rendah, dan ketahanan abrasi yang sangat baik.

*Polymethyl methacrylate* dimanfaatkan sebagai alternatif kaca yang anti pecah pada tanda yang menyala, kanopi pesawat, dan jendela yang tahan pecah. Ini hampir 40% lebih ringan dari kaca dan memiliki kekakuan, ketangguhan dan transparansi yang lebih baik. Menurut standar manufaktur dan emisi yang ketat, produk ini mengeluarkan sedikit asap selama pemrosesan.

Meningkatkan penggunaan butiran akrilik sebagai bahan tekstur untuk termoplastik atau pelapis kemungkinan akan terbukti bermanfaat untuk

pertumbuhan di masa mendatang. Segmen ini diharapkan tumbuh pada *CAGR* tercepat sebesar 9,2% dari 2019 hingga 2025. Butiran ini juga merupakan bahan yang ideal sebagai bahan pengikat dalam formulasi yang dapat diperbaiki, seperti lem, resin, dan komposit. Meningkatnya permintaan akuarium dan panel konstruksi lainnya menciptakan peluang yang menguntungkan untuk akrilik cor dan pelet. (*sumber:grandviewresearch*)

Didirikannya pabrik *polymethyl methacrylate* di Indonesia adalah untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi impor, meningkatkan ekspor dan menghemat devisa negara. Hal ini juga dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan industri kimia lain yang menggunakan bahan baku *polymethyl methacrylate*. Bertambahnya industri kimia juga dapat meningkatkan pengembangan sumber daya manusia di Indonesia.

## **1.2 Maksud dan Tujuan**

### **1.2.1 Maksud**

Maksud dari perancangan pabrik ini adalah untuk memenuhi kebutuhan *polymethyl methacrylate* di Indonesia dan dunia, karena produk ini banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan barang berbahan akrilik dan untuk dunia medis, maka dalam perancangan pabrik ini akan dirancang pabrik kimia yang memproduksi *polymethyl methacrylate*.

### **1.2.2 Tujuan**

1. Untuk meningkatkan jumlah produksi *polymethyl methacrylate* yang ada di dalam negeri.
2. Untuk memenuhi kebutuhan industri yang menggunakan *polymethyl methacrylate* sebagai bahan baku
3. Menerapkan disiplin ilmu teknik kimia dalam sebuah prarancangan pabrik kimia.

### 1.3 Analisa Pasar

Dalam merancang suatu pabrik sangat diperlukan analisa pasar terlebih dahulu untuk mengetahui permintaan atau kebutuhan pasar. Hal-hal yang melatarbelakangi pemilihan kapasitas produksi yaitu:

#### 1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi *polymethyl methacrylate* adalah *methyl methacrylate* dan *benzoyl peroxide* sebagai inisiator. *Methyl methacrylate* yang digunakan sebagai bahan baku akan di impor dari PT. *Singapore Methyl Methacrylate* di Singapura dengan kapasitas produksi 210.000 ton/tahun, sedangkan untuk kebutuhan *benzoyl peroxide* dari PT Kawaguchi Kimia Indonesia di Cikupa, Banten.

#### 1.3.2 Kebutuhan Produk

Kebutuhan *polymethyl methacrylate* di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya, seiring dengan berkembangnya industri kaca, elektronik, otomotif dan industri lainnya, baik di dalam maupun luar negeri. *Polymethyl methacrylate* diproduksi untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia, yang masih mengandalkan produksi dalam negeri dan impor. Berikut adalah data perkembangan impor *polymethyl methacrylate* di Indonesia ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 1.1 Data Impor *Polymethyl Methacrylate* di Indonesia

Tahun	Impor (Ton)
2015	20.516
2016	22.188
2017	26.775
2018	26.679
2019	22.635

(sumber: kemenperin.go.id,2020)

Permintaan *polymethyl methacrylate* di negara lain seperti Australia, China, Jerman, Italia, India dan lainnya juga cukup tinggi dalam beberapa tahun terakhir. Berikut merupakan data kebutuhan *polymethyl methacrylate* di negara lain ditunjukkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 1.2 Kebutuhan *Polymethyl Methacrylate* di Negara Lain

Negara	Kebutuhan (Ton/Tahun)
Saudi Arabia	100.094,8
Mesir	125.370,6
Australia	95.293,8
China	1.002.523,1
Germany	498.584,6
Italy	313.318,1
India	254.870,2
USA	333.469,4

(Sumber : *United Nation Data*, 2020)

#### 1.4 Penentuan Kapasitas produksi

Salah satu hal yang harus diperhatikan dalam merancang sebuah pabrik adalah kapasitas produksi. Kapasitas produksi dapat mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam merancang sebuah pabrik.

Pabrik *polymethyl methacrylate* ini direncanakan akan didirikan pada tahun 2025, untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Kebutuhan *polymethyl methacrylate* untuk beberapa tahun mendatang dapat diprediksi menggunakan metode *Least Square*, dengan persamaan regresi linier sebagai berikut: (Peters, Timmerhaus, and Ronald 2003)

Tabel 1.3 Data Kebutuhan *Polymethyl Methacrylate* dalam Negeri

Tahun	Tahun ke-(x)	Kebutuhan (y)	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	xy
2015	1	44516	1	1981674256	44516
2016	2	46188	4	2133331344	92376
2017	3	62775	9	3940700625	188325
2018	4	62679	16	3928657041	250716
2019	5	58635	25	3438063225	293175
	15	274793	55	15422426491	869108

Dimana:  $a = \bar{y}$  dan  $y = a + b(x - \bar{x})$

$$b = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum (x - \bar{x})^2}$$

$$\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y}) = \sum xy - \left(\frac{\sum x \cdot \sum y}{n}\right)$$

$$\sum (x - \bar{x})^2 = \sum x^2 - \left(\frac{(\sum x)^2}{n}\right)$$

Keterangan:  $\bar{x}$  = Rata-rata X  
 $\bar{y}$  = Rata-rata Y  
x = Tahun yang diobservasi  
y = Kebutuhan PMMA  
n = Jumlah data yang diobservasi (tahun)

Berdasarkan data yang diperoleh dari tabel kebutuhan *polymethyl methacrylate*, maka persamaannya sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{15}{5} = 3$$

$$a = \bar{y}$$

$$\bar{y} = \frac{274793}{5} = 54958,6$$

$$a = 54958,6$$

$$b = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum (x - \bar{x})^2}$$

$$b = \frac{\sum xy - \left(\frac{\sum x \cdot \sum y}{n}\right)}{\sum x^2 - \left(\frac{(\sum x)^2}{n}\right)}, \text{ maka}$$

$$b = \frac{869108 - \frac{15 \times 274793}{5}}{55 - \frac{(15)^2}{5}}$$

$$b = \frac{869108 - 824379}{10}$$

$$b = \frac{44729}{10}$$

$$b = 4472,9$$

Sehingga persamaan regresinya menjadi sebagai berikut:

$$y = a + b(x - \underline{x})$$

$$y = 54958,6 + 4472,9 (x - 3)$$

$$y = 54958,6 + 4472,9 x - 13418,7$$

$$y = 4472,9 x + 41539,9$$

Dengan menggunakan persamaan diatas, maka proyeksi kebutuhan pada tahun 2025 adalah:

$$x = 11$$

$$y = 4472,9 x + 41539,9$$

$$y = 4472,9 (11) + 41539,9$$

$$y = 49201,9 + 41539,9$$

$$y = 90741,8$$

Maka peluang kebutuhan PMMA di Indonesia pada tahun 2025 diperkirakan sebesar:

Peluang = Total kebutuhan dalam negeri – kapasitas produksi dalam negeri

$$\text{Peluang}_{T2025} = (90741,8 - 36000) \text{ Ton/Tahun}$$

$$\text{Peluang}_{T2025} = 54741,8 \text{ Ton/Tahun}$$

Berdasarkan perhitungan peluang diatas, kapasitas produksi pabrik *polymethyl methacrylate* adalah 54.741,8 Ton/tahun. Maka dengan mempertimbangkan dari nilai kebutuhan di Indonesia kami akan merancang pabrik *polymethyl methacrylate* dengan kapasitas 30.000 Ton/tahun .

## 1.5 Tinjauan Pustaka

### 1.5.1 Pengertian Polymethylmethacrylate

*Polymethyl methacrylate* (PMMA) (IUPAC *Poly(methyl 2-methylpropenoate)*) merupakan resin sintetis yang dihasilkan dari reaksi polimerisasi *methyl methacrylate*. *Polymethyl methacrylate* (PMMA) memiliki sifat tidak larut dalam air. *Polymethyl Methacrylate* merupakan senyawa homopolimer yaitu pada proses polimerisasi menggunakan satu jenis monomer.

PMMA dibuat dengan proses polimerisasi monomer *methyl methacrylate* dengan penambahan inisiator *benzoyl peroxide*.

*Polymethyl methacrylate* pertama kali ditemukan pada awal tahun 1930-an oleh kimiawan Inggris *Rowland Hill* dan *John Crawford* di *Imperial Chemical Industries* (ICI) di Inggris. Pada waktu yang bersamaan, ahli kimia dan industrialis *Otto Röhm* dari *Rohm* dan *Haas AG* di Jerman berusaha memproduksi kaca pengaman dengan mem-polimerisasi *methyl methacrylate* diantara dua lapisan kaca, polimer dipisahkan dari kaca sebagai lembaran plastik bening. PMMA sering digunakan sebagai pengganti kaca pada produk seperti jendela anti pecah, *skylight*, tanda iluminasi, dan kanopi pesawat.

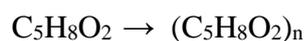
### 1.5.2 Kegunaan Polymethylmethacrylate

Polimer PMMA adalah material termoplastik dan bentuk aslinya adalah transparan. PMMA sering digunakan sebagai pengganti kaca pada produk seperti jendela anti pecah, *skylight*, tanda iluminasi, dan kanopi pesawat. Selain itu PMMA juga memiliki banyak kegunaan lain, dari lensa kontak (*contact lense*) sampai drum yang banyak digunakan dalam grup band musik ([polimer.bppt.go.id](http://polimer.bppt.go.id)).

### 1.5.3 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

Tinjauan secara Termodinamika digunakan untuk mengetahui sifat reaksi tersebut, membutuhkan panas (*endoterm*) atau melepaskan panas (*eksoterm*), dan juga untuk mengetahui arah reaksi, apakah reaksi tersebut berjalan searah (*irreversible*) atau berbalik (*reversible*). Penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis/endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar ( $\Delta H^{\circ}_f$ ) pada  $P = 1 \text{ atm}$  dan  $T = 298 \text{ K}$ .

Reaksi yang terjadi:



Harga  $\Delta H^{\circ}_f$  Reaksi dan  $\Delta G$  Reaksi masing-masing komponen dapat dilihat pada tabel 1.6.3-1 berikut:

Tabel 1.4 data  $\Delta H_f^0$  komponen

Komponen	$\Delta H_f^0$ (Kj/mol)
$C_5H_8O_2$	- 347,36 Kj/mol
$(C_5H_8O_2)_n$	- 26.200 Kj/mol

Sumber: (Bangs Laboratories, 2015; Yaws, 1999)

$$\Delta H_{total} = (n. \Delta H_f^0 \text{ Produk}) - (n. \Delta H_f^0 \text{ Reaktan})$$

$$\Delta H_{total} = (\Delta H_f^0 (C_5H_8O_2)_n) - (\Delta H_f^0 C_5H_8O_2)$$

$$\Delta H_{total} = (-26.200 \text{ Kj/mol}) - (-347,36 \text{ Kj/mol})$$

$$\Delta H_{total} = -25.852 \text{ Kj/mol} = -25.852.000 \text{ J/mol (eksotermis)}$$

Harga  $\Delta H_{total}$  bernilai negatif maka reaksi pembentukan *Polymethyl Methacrylate* bersifat *eksotermis* atau mengeluarkan panas selama reaksi berlangsung.

Energi Bebas *Gibbs* ( $\Delta G$ ) digunakan untuk menentukan apakah reaksi berlangsung secara spontan, tidak spontan, atau berada dalam kesetimbangan. Jika nilai  $\Delta G^\circ$  adalah negatif maka reaksi berjalan spontan, jika bernilai positif maka reaksi tidak berjalan secara spontan, sedangkan jika  $\Delta G^\circ$  adalah nol maka reaksi berada dalam kesetimbangan. Berikut adalah perhitungan nilai  $\Delta G^\circ$ .

Tabel 1.5 Data  $\Delta G^\circ$  komponen

Komponen	$\Delta H_f^0$ (Kj/mol)	$S^\circ$ (J/mol.K)
$C_5H_8O_2$	- 347,36 Kj/mol	- 354.750 J/mol.K
$(C_5H_8O_2)_n$	- 26.200 Kj/mol	157,6 J/mol.K

Sumber: (Bangs Laboratories, 2015; Yaws, 1999; webbook.nist.gov)

$$\Delta S_{total} = \Delta S^\circ \text{ Produk} - \Delta S^\circ \text{ Reaktan}$$

$$= (S^\circ (C_5H_8O_2)_n) - (S^\circ C_5H_8O_2)$$

$$= -354.750 \text{ J/mol.K} - 266,2 \text{ J/mol.K}$$

$$= - 355.016,2 \text{ J/mol.K} = -355,0162 \text{ Kj/mol.K}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H_{total} - T. \Delta S_{total}$$

$$\Delta G^\circ = -25.852 \text{ Kj/mol} - (298 \times -355,0162 \text{ Kj/mol.K})$$

$$\Delta G^\circ = -25.852 \text{ KJ/mol} - (-105.794,8276 \text{ KJ/mol})$$

$$\Delta G^\circ = -79.942,8276 \text{ KJ/mol}$$

Perhitungan konstanta kesetimbangan (K) dapat ditinjau dari rumus berikut:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

Atau

$$K = \exp\left[\frac{\Delta G}{-RT}\right]$$

Dimana:

$\Delta G^\circ$  = energi *Gibbs* standar (KJ/mol)

R = Tetapan gas ideal (8,314 KJ/mol.K)

T = Temperatur (K)

K = Konstanta Kesetimbangan

(S.K Dogra & S. Dogra, 2009)

Dari persamaan diatas dapat dihitung konstanta kesetimbangan pada  $T_{\text{operasi}} = 373 \text{ K}$ , sebagai berikut:

$$K_{\text{operasi}} = \exp\left[\frac{\Delta G}{-RT}\right]$$

$$K_{\text{operasi}} = \exp\left[\frac{-79.942,8276}{-8,314 \times 373}\right]$$

$$K_{\text{operasi}} = 1,57 \times 10^{11}$$

Dari perhitungan diatas harga  $K > 1$  sehingga produk tidak dapat kembali menjadi reaktan dan reaksi bersifat *irreversible*.

Konstanta kecepatan reaksi *Polymethyl Methacrylate* dinyatakan dalam persamaan:

k : Konstanta kecepatan Reaksi (323 L/mol.s pada 25°C)

Ea : Energi aktivasi (22,4 KJ/mol)

T : Suhu Operasi (K)

R : Tetapan Gas (Kj/mol.K)

A : Faktor pra-eksponensial ( $2,67 \times 10^6 \text{ L/mol.s}$ )

$$k = Ae^{-\frac{Ea}{RT}}$$

$$= (2,67 \times 10^6)$$

$$= (2,67 \times 10^6) \times (7,31 \times 10^{-4})$$

$$= 1952,7665 \text{ L/mol.s}$$

## 1.6 Proses Pembuatan *Polymethyl Methacrylate*

*Polymethyl methacrylate* merupakan senyawa homopolimer yaitu pada proses polimerisasi menggunakan satu jenis monomer. PMMA dibuat dengan proses polimerisasi monomer *methyl methacrylate* dengan penambahan inisiator *benzoyl peroxide*. Sedangkan sebagai pelarutnya adalah toluen dan aseton.

PMMA diproduksi melalui polimerisasi adisi. Proses produksi PMMA dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap pelarutan inisiator dan pembentukan radikal inisiator.
2. Tahap polimerisasi.
3. Tahap pemisahan produk.
4. Tahap pembentukan *polymethyl methacrylate* (PMMA) menjadi pelet.

## 1.7 Pemilihan Proses

Dalam perancangan pabrik *polymethyl methacrylate* (PMMA) dipilih metode polimerisasi *solution* dengan beberapa pertimbangan, sebagai berikut: (Kirk and Othmer, 1976)

- 1) Pelarut memiliki viskositas yang rendah, campuran reaksi akan mudah untuk dilakukan proses pengadukan.
- 2) Pelarut akan bertindak sebagai penghilang panas polimerisasi.
- 3) Pengaturan panas lebih mudah jika dibanding polimerisasi lain.

Komponen dalam Polimer Larutan.

### 1. Pelarut

Dalam polimerisasi *solution* (larutan), toluena dan aseton digunakan untuk mengontrol viskositas pada konversi tinggi. Hal ini juga akan mengurangi kecenderungan *auto-acceleration* pada adisi radikal bebas. Pelarut dapat meningkatkan kapasitas panas dari campuran reaksi tanpa berkontribusi pada pembentukan panas, dan juga mengurangi viskositas massa reaksi pada konversi tertentu, meskipun bersifat inert, toluena dan aseton menjaga viskositas tetap rendah selama reaksi, dan merupakan cara yang baik untuk perpindahan panas agar tidak mengganggu proses polimerisasi dan juga bertindak sebagai agen pemindah rantai.

## 2. Monomer

Monomer merupakan salah satu komponen utama dalam proses polimerisasi *solution*. Banyak monomer yang dapat digunakan dalam proses polimerisasi *solution* dan penggunaannya pun berupa homopolimer atau polimer. Pemilihan polimer berdasarkan hasil akhir polimer yang diinginkan. Salah satu faktor yang dipertimbangkan dalam memilih monomer yaitu suhu transisi gelas ( $T_g$ ). Suhu transisi gelas merupakan suhu dimana polimer melepaskan sifat-sifat gelasnyanya dan berubah menjadi lebih condong elastis seperti karet (Stevens, 2001).

Berdasarkan sifat fisik suhu transisi *glass* monomer, maka monomer dapat dibagi menjadi dua yaitu sebagai berikut:

### 1) Monomer Keras

Monomer keras yaitu monomer yang memiliki  $T_g$  tinggi atau diatas suhu kamar. Homopolimer yang terbentuk bersifat keras dan memiliki kekuatan mekanik yang tinggi. Contohnya, yaitu *styrene* yang memiliki  $T_g$   $100^{\circ}\text{C}$  dan *methyl methacrylate* dengan  $T_g$  sebesar  $105^{\circ}\text{C}$  (Urban, 2002).

### 2) Monomer Lunak

Monomer lunak adalah monomer yang memiliki  $T_g$  rendah atau dibawah suhu kamar. Homopolimer yang terbentuk biasanya bersifat lunak atau *rubbery* dan *tacky*. Contohnya yaitu Ethylene dengan  $T_g$  sebesar  $-20^{\circ}\text{C}$  (Urban, 2002).

Untuk aplikasi *coating*, baik dengan fungsi dekoratif maupun protektif, polimer yang disintesis harus memiliki suhu transisi *glass*  $10-40^{\circ}\text{C}$  (Urban, 2002). Polimer dengan suhu transisi *glass* rendah ( $0^{\circ}\text{C}$ ) tidak berguna pada aplikasi *coating* karena lapisan film yang terbentuk bersifat lembek dan lemah pada suhu ambien normal. Sementara polimer dengan suhu transisi *glass* diatas  $50^{\circ}\text{C}$  cenderung bersifat kaku, mudah rapuh dan tidak fleksibel pada suhu ambien normal. Dengan demikian tidak cocok untuk aplikasi *coating*.

### 3) Inisiator

Inisiator merupakan sumber radikal bebas dalam polimerisasi *solution*. Dalam hal ini, radikal bebas merupakan atom atau gugus apa saja yang memiliki satu atau lebih elektron tidak berpasangan. Dengan adanya inisiator maka inisiasi, yang merupakan tahap awal polimerisasi akan berlangsung. Inisiator bukan katalis yang sebenarnya. Ini dikarenakan inisiator dikonsumsi dalam jumlah tertentu pada

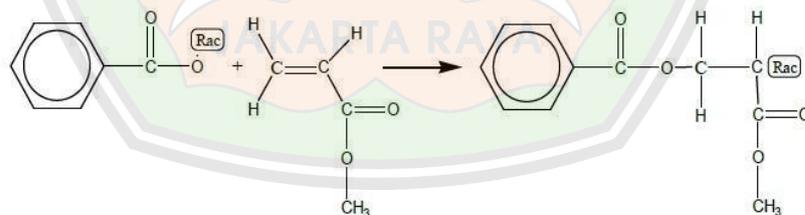
reaksi kimia. Laju polimerisasi meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi inisiator. Peningkatan laju polimerisasi tersebut dapat meningkatkan kandungan padatan polimer yang dihasilkan. Hal ini menandakan tingginya persen konversi polimerisasi.

## 1.8 Deskripsi Proses

### 1.8.1 Tahap Polimerisasi

#### a) Tahap Inisiasi

Pada tahap pertama, proses pembentukan radikal bebas yang berguna sebagai pengontrol panjang rantai selama proses polimerisasi berlangsung. Inisiasi merupakan tahap penggerak awal dari proses polimerisasi yang membutuhkan radikal bebas. Pada tahap aktivasi ini, bahan baku inisiator *benzoyl peroxide* dimasukkan ke dalam reaktor yang kemudian dilarutkan dengan aseton dan toluena di dalam reaktor dan dimasukkan monomer *methyl methacrylate* ke dalam reaktor. *Methyl methacrylate* (Metil 2-metilpropenoat) yang membentuk radikal bebas juga sehingga dapat bergabung dengan *methyl methacrylate* yang lain sehingga menimbulkan radikal bebas lagi. Reaksi ini akan berjalan terus menerus sampai monomer habis, kecuali bila ada inhibitor atau penghambat yang dapat menghambat lajunya polimerisasi. Reaksinya adalah sebagai berikut:



Gambar 1.2 Proses Inisiasi Polimerisasi *Methyl Methacrylate*.

#### b) Tahap Propagasi

Tahap Propagasi Pada tahap ini, polimer *methyl methacrylate* yang menjadi tidak stabil karena terjadinya inisiasi dan radikal selanjutnya akan memasuki tahap propagasi, yaitu tahap perpanjangan rantai polimer. Pada tahap ini proses propagasi berlangsung sampai dengan panjang rantai mencapai 899. Proses perpanjangan rantai dapat dicapai dengan cara mengatur jumlah inisiator yang digunakan selama

proses reaksi. Ketika inisiator telah habis bereaksi, maka polimer tidak akan mengalami perpanjangan rantai kembali.

#### c) Tahap Terminasi

Di dalam reaktor terjadi juga tahap terminasi yaitu penggabungan dua polimer sejenis yang belum stabil menjadi polimer dengan rantai yang Lebih panjang. Tahap polimerisasi disebut juga dengan tahap terminasi. Pada tahap ini polimer-polimer yang masih memiliki sisi aktif akan bergabung sehingga pertumbuhan rantai polimer dapat dihentikan.

Tahap terminasi di reaktor terjadi melalui proses kombinasi. Proses kombinasi terjadi akibat adanya penggabungan dua radikal polimer sejenis yaitu polimer *methyl methacrylate* menghasilkan suatu rantai yang panjang dengan fragmen-fragmen inisiator berada pada kedua ujung rantai polimer Pada tahap ini, proses polimerisasi di reaktor terjadi konversi sebesar 98%. Proses polimerisasi di dalam reaktor terjadi secara kontinyu selama 2 jam pada temperatur 100°C dan tekanan 2 atm. Karena adanya proses pertumbuhan rantai secara terus-menerus mengakibatkan timbulnya panas polimerisasi yang cukup besar sehingga reaksi bersifat eksoterm. Pada reaktor digunakan jaket pendingin. Media pendingin berupa air yang berasal dari menara pendingin akan dialirkan menggunakan pompa utilitas menuju jaket reaktor sehingga temperatur tetap terjaga pada 100°C.

Setelah reaksi selesai membentuk produk polimer *methyl methacrylate* (PMMA), sisa monomer, pelarut dan *impurities* yang tidak bereaksi kemudian dialirkan menuju Evaporator menggunakan pompa untuk dilakukan proses selanjutnya.

### 1.8.2 Tahap Pemisahan Produk

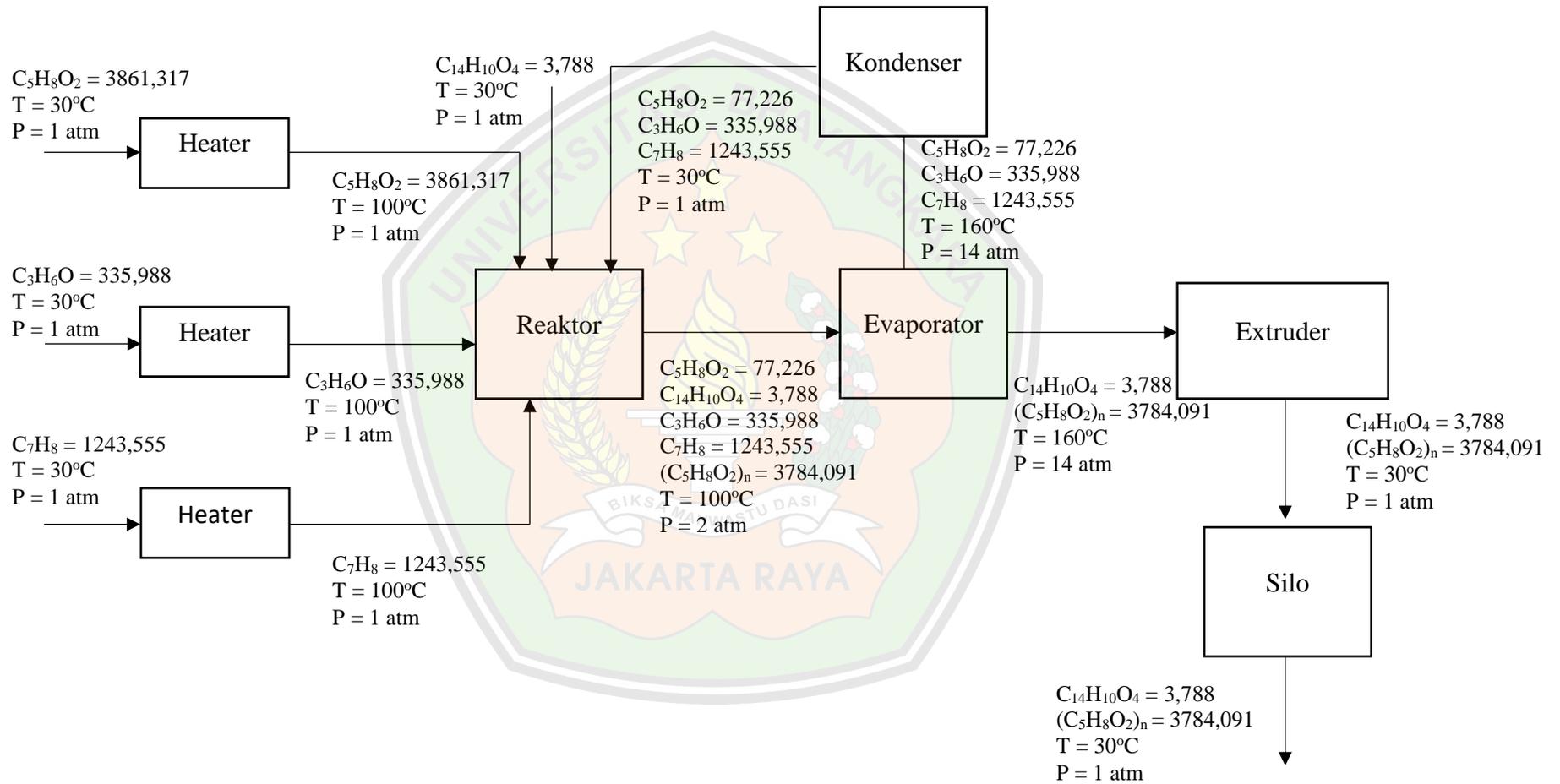
Polimer *methyl methacrylate* (PMMA) yang keluar dari Reaktor masih dalam fasa cair dialirkan menggunakan pompa menuju evaporator pada kondisi operasi 160°C dan tekanan 14 atm sehingga pelarut dan sisa monomer akan teruapkan sebagian sebanyak 99,99% dan dialirkan ke kondensor untuk diubah kembali ke fase cair sebelum kembali ke dalam reaktor sebagai aliran *recycle*, sedangkan diperoleh hasil keluaran evaporator berupa *polymethyl methacrylate* (PMMA) pada fase cair (kental).

### 1.8.3 Tahap Pembentukan Pelet *Polymethyl Methacrylate* (PMMA)

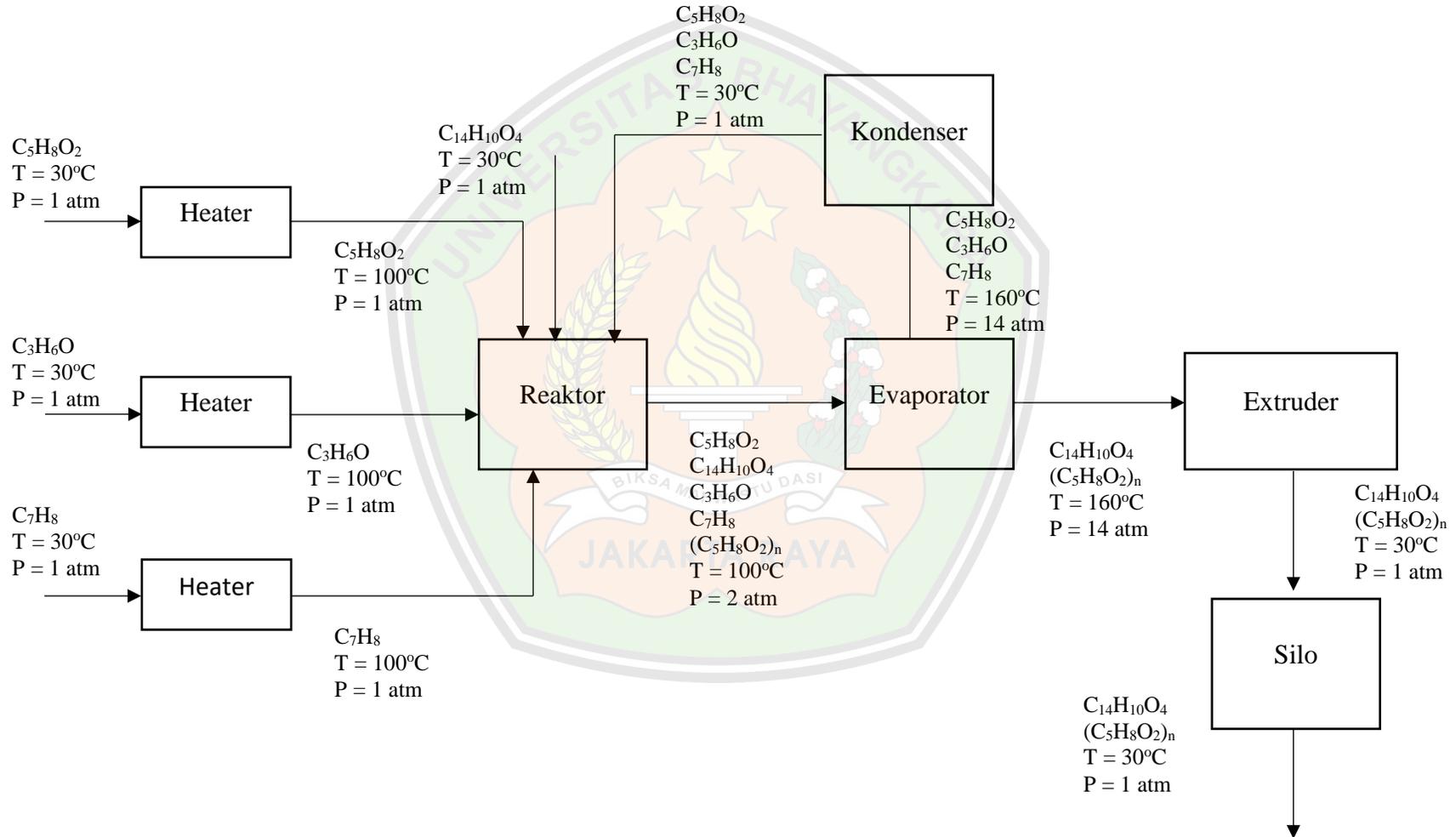
Selanjutnya keluaran dari Evaporator yaitu cairan kental *polymethyl methacrylate* (PMMA) dialirkan ke dalam extruder. Extruder berfungsi untuk membentuk *polymethyl methacrylate* menjadi bentuk pelet.



### 1.9 Diagram Alir Kuantitatif

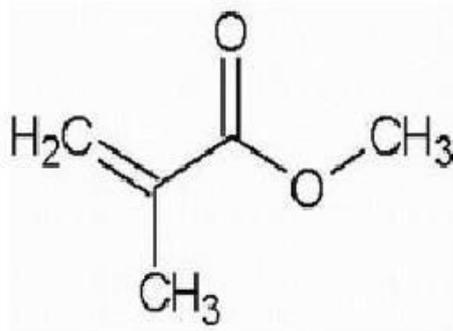


### 1.10 Diagram Alir Kualitatif



## 1.11 Spesifikasi Bahan

### 1.11.1 Bahan Baku



#### Sifat Fisik

Tekanan uap (25,5 °C)	: 5,33 kPa/25 °C
Titik nyala	: 10 °C
Titik Lebur	: - 48 °C
Transisi Glass (T <sub>g</sub> )	: 105°C
Titik Didih	: 100-101 °C 24 °C (4.3kPa)
Kepadatan Relatif	: 0,9440 (20/4 °C)
Indeks Bias	: 1,4142
Penampilan	: tak berwarna, cairan yang mudah menguap, dan mudah terbakar.
Kelarutan	: larut dalam alkohol, eter, aseton, dan pelarut organik lainnya, sedikit larut dalam etilena glikol dan air.
<b>Sifat Kimia</b>	
Rumus Molekul	: C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>
Berat Molekul	: 100,117
Kemurnian	: 99,8%

Tabel 1.6 Spesifikasi *Methyl Methacrylate*

Sifat	Nilai
Wujud Fisik	Cairan Tidak Berwarna
Berat Molekul (g/mol)	100,117

Rumus Molekul	$C_5H_8O_2$
Kerapatan ( $g/cm^3$ )	0,939
Kelarutan Dalam Air (g/l)	15
Titik Leleh ( $^{\circ}C$ )	-48
Titik Nyala ( $^{\circ}C$ )	13
Transisi Gelas ( $^{\circ}C$ )	105
Indeks Refraksi	1,412
Viskositas (Cp) Pada $20^{\circ}C$	0,5396

Tabel 1.7 Spesifikasi *Benzoyl Peroxide*

Sifat	Nilai
Bentuk	Kristal, Granul
Warna	Berwarna
Bau	Seperti Almond
Berat Molekul	242,32
Rumus Molekul	$C_{14}H_{10}O_4$
Titik Leleh ( $^{\circ}C$ )	104,5
Titik Dekomposisi ( $^{\circ}C$ )	106-108

### 1.11.2 Bahan Pendukung

Tabel 1.8 Spesifikasi Toluena

Sifat	Nilai
Bentuk	Liquid, Cair
Rumus Kimia	$C_7H_8$
Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	867
Sifat Kelarutan	Sedikit Larut
Sifat Kimia	Mudah Teroksidasi
Massa Molar(g/mol)	92.13
Titik Leleh (°C)	95
Titik Didih (°C)	110,6
Viscosity (Cp)	0,5479

Tabel 1.9 Spesifikasi Aseton

Sifat	Nilai
Rumus Kimia	$C_3H_6O$
Berat Molekul (g/gmol)	58,29
Kenampakan	Cairan Tak Berwarna
Titik Didih (°C)	56,29
Titik Beku (°C)	-94.6
Viskositas (20°C),Cp	0.308
Temperature Kritis (°C),Kpa	4.701

<i>Specific Gravity</i> 20 (°C)	0.783
---------------------------------	-------

### 1.11.3 Produk

Tabel 1.10 Spesifikasi *Polymethyl Methacrylate*

Sifat Fisika	Nilai
Wujud Fisik	Cairan Tidak Berwarna
Rumus Molekul	$(C_5O_2H_8)_n$
Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )	1,19
Titik Leleh (°C)	130-140
Titik Didih (°C)	200
Transisi Gelas (°C)	105
Indeks Refraksi	1,4899