

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

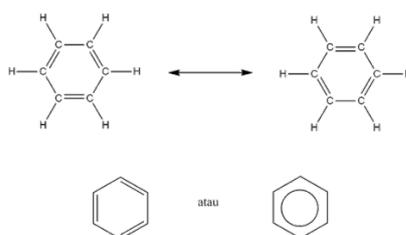
Kebutuhan akan resin poliester di Indonesia makin lama makin meningkat. Untuk mencukupi kebutuhan tersebut, Indonesia masih mengimpor resin poliester dalam jumlah yang relatif lebih besar (berdasarkan dari data pergerakan impor yang didapatkan dari BPS, 2019). Hal ini dikarenakan resin poliester tak jenuh memiliki banyak manfaat, diantaranya dapat digunakan sebagai bahan untuk tekstil, komposit material untuk otomotif yang digunakan untuk vulkanisir ban, komponen polimer yang bersifat kopolimer, dan masih banyak lagi. Didasarkan atas prosesnya, pembuatan resin poliester dapat dilakukan dari reaksi poliesterifikasi terhadap maleat anhidrat sebagai bahan baku. Maleat anhidrat dapat diperoleh dengan mensintesis benzena atau n-butana. Dalam tugas akhir prarencana pabrik ini hendak dibuat maleat anhidrat dari bahan baku benzena melalui reaksi oksidasi selektif. Hal ini karena benzena sebagai bahan baku mudah untuk didapatkan dan memiliki selektivitas katalis yang tinggi sehingga memudahkan untuk mendapatkan konversi yang tinggi. Maleat anhidrat memiliki banyak manfaat diberbagai sektor industri seperti pemanfaatannya sebagai bahan baku resin poliester tak jenuh, pelapis permukaan, aditif pelumas, dan bahan - bahan agrokultur misalnya asam fumirat dan asam suksinat. Dalam tugas akhir prarencana pabrik ini hendak didirikan pabrik maleat anhidrat yang diharapkan dapat memenuhi kekosongan pasar yang ada di Indonesia.

Bahan baku benzena yang digunakan dalam pembuatan maleat anhidrat ini sudah diproduksi secara melimpah di dalam negeri. Dengan demikian, bahan baku untuk pembuatan maleat anhidrat dapat memanfaatkan produk dalam negeri. Pemanfaatan bahan baku dari dalam negeri pada tugas akhir prarencana pabrik bertujuan untuk mengurangi pertumbuhan negatif dari industri kimia mengingat semakin meningkatnya kurs dolar saat ini.

I.2. Sifat – sifat Bahan Baku, Bahan Pembantu, dan Produk

I.2.1. Benzena

Benzena merupakan bahan baku utama yang digunakan dalam proses pembuatan maleat anhidrat pada prarencana pabrik yang akan dibuat. Senyawa ini merupakan salah satu jenis hidrokarbon aromatik siklik sederhana seperti pada Gambar I.1



Gambar I.1. Struktur Senyawa Benzena

Sifat fisis dari benzena ditunjukkan pada tabel I.1 sebagai berikut (Yaws,1999).

Tabel I.1. Sifat Fisik Benzena

Sifat Fisik	Keterangan
Rumus Molekul	C_6H_6
Berat Molekul (gram/mol)	78,114
Fase	Cairan
Warna	Tak berwarna
Titik Didih pada 1 atm ($^{\circ}C$)	80,1
Densitas pada $20^{\circ}C$ (gram/cm ³)	0,885
Kemurnian (%)	99,9
Komposisi bahan (%)	$C_6H_6 = 99,9$; $H_2O = 0,1$
Viskositas (cP)	0,5312

Sifat kimia dari benzena adalah sebagai berikut (Kirk and Othmer,1998).

- **Reaksi Reduksi**
Benzena dapat direduksi menjadi sikloheksana, C_6H_{12} , atau sikloolefin.
- **Reaksi Halogenasi**
Reaksi dengan klorin dengan zat pembawa aluminium halida menjadi klorobenzena.
- **Reaksi Oksidasi**
Dengan kuat dapat membentuk CO_2 dan air.

- Reaksi Nitrasasi
Benzena dapat dinitrasasi menjadi $C_6H_5NO_2$.
- Reaksi Alkilasi
Alkilasi Friedel Crafts benzena dengan propilena atau etilena menghasilkan etilbenzena, C_8H_{10} , atau isopropilbenzena. Benzena juga dapat dialkilasi untuk menghasilkan linier alkil aromatik.

I.2.2. Udara

Udara merupakan suatu campuran gas yang terdapat di bumi. Akan tetapi persentase kandungan udara didominasi oleh N_2 dan O_2 dengan perbandingan $N_2 : O_2 = 78,1 : 20,8$ (% mol). Adapun sifat fisik N_2 dan O_2 dari udara yang disediakan pada Tabel I.2.

Tabel I.2. Sifat Fisik N_2 dan O_2 dalam Udara

Sifat	N_2	O_2
Kenampakan	Tidak Berbau dan berwarna	Tidak Berbau dan berwarna
Berat Molekul (g/mol)	28,013	32,00
Specific Volume (m^3/kg) (101,325 kPa; 20°C)	0,8615	0,775
Titik Didih (°C)	-196	-183
Titik Beku (°C)	-210	-219
Relative Density (Air = 1) (101,325 kPa)	0,967	1,053
Density (kg/m^3) (101,325kPa; 20°C)	1,25	1,33

Selain sifat fisik udara juga memiliki sifat kimia, yaitu:

- Oksigen bereaksi dengan semua elemen, kecuali dengan gas He, Ne, dan A;
- Oksigen akan melepas elektron negatif valensi dua dalam kombinasi dengan elemen kimia lainnya;
- Untuk elemen tertentu seperti : logam alkali dan rubidium, energi aktivasi pada suhu kamar mencukupi sehingga terjadi reaksi spontan;
- Pada suhu rendah dan ada katalis, oksigen akan bereaksi dengan senyawa kimia organik menghasilkan oxygenated hydrocarbon;

- Jika direaksikan dengan bahan bakar seperti petroleum oil, batubara, atau natural gas, akan menghasilkan flue gas yang panas dengan kandungan : CO_2 , H_2O , dan sisa udara (N_2 dan O_2).

I.2.3. Bahan Pembantu

Pada pra rencana pabrik pembuatan maleat anhidrat ini digunakan beberapa bahan pembantu yaitu katalisator dan bahan pendingin reaktor. Katalisator digunakan untuk mempercepat terjadinya reaksi oksidasi antara uap benzena dengan udara. Katalis yang digunakan adalah campuran antara vanadium pentaoxide (V_2O_5) dan molybdenum trioxide (MoO_3) dengan perbandingan V_2O_5 : MoO_3 sebesar 70% : 30%. Spesifikasi kedua katalis dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel I.3. Sifat Katalis

Vanadium Pentaoxide (V_2O_5)		Molybdenum Trioxide (MoO_3)	
Berat Molekul	181.88 g/mol	Berat Molekul	143.9 g/mol
Densitas	3.357 g/cm ³	Densitas	4.70 g/cm ³
Bentuk	Padatan	Bentuk	Padatan

Sumber : PubChem

Bahan pendingin reaktor digunakan untuk menjaga agar suhu reaktor tetap stabil. Jenis pendingin yang digunakan adalah molten salt yang merupakan campuran antara NaCO_3 dan KNO_3 . Spesifikasi molten salt dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel I.4. Sifat Molten Salt

Molten Salt	
Komposisi	50% NaCO_3 ; 50% KNO_3
Densitas	136,2775 lb/ft ³
Melting Point	288°F
Viskositas	1,8 cp

I.2.4. Maleat Anhidrat sebagai Produk

Maleat anhidrat dengan rumus kimia $\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_3$ merupakan suatu senyawa yang dapat didapatkan dari hasil oksidasi terhadap benzena ataupun n-butane. Senyawa ini memiliki sifat fisik dan sifat kimia sebagai berikut.

Tabel I.5. Sifat Fisik Maleat Anhidrat

Sifat Fisik	Keterangan
Rumus Molekul	$C_4H_2O_3$
Berat Molekul (gram/mol)	98,06
Titik Lebur ($^{\circ}C$)	52,8
Titik Didih ($^{\circ}C$)	202,2
Panas Pembentukan (kJ/mol)	-470,41
Panas Pembakaran (kJ/mol)	-1,39
Panas Penguapan (kJ/mol)	54,8
Kapasitas panas padat (kJ/kg.K)	1,21
Kapasitas panas cair (kJ/kg.K)	1,67

Sifat kimiawi dari maleat anhidrat

- **Reaksi Amidasi**
Maleat anhidrat bereaksi dengan amoniak primer dan sekunder membentuk mono atau diamides. Amoniak primer dan anhidrat membentuk asam amino yang mana terhidrasi membentuk imede, isoimede, atau polimede, tergantung pada kondisi operasi yang dijalankan;
- **Reaksi Esterifikasi**
Mono, dialkyl maleat dan fumarat dibuat dengan pemanasan alkohol dan maleat anhidrat. Esterifikasi biasanya menggunakan katalis asam;
- **Reaksi Radikal Bebas**
Radikal nucleophilic ditambahkan dengan maleat anhidrat membentuk alkyl succinic anhidrat;
- **Reaksi Halogenasi**
Mono maleat anhidrat dapat dibuat dengan chlorinasi maleat anhidrat;
- **Reaksi Sulfonasi**
Reaksi Sulfonasi dengan belerang trioksida terhadap maleat anhidrat (Kirk and Othmer, 1998).

I.3. Kegunaan Produk Maleat Anhidrat

Maleat anhidrat merupakan bahan kimia yang memiliki banyak manfaat hampir di semua bidang industri kimia. Struktur kimia dan reaktivitas yang tinggi dari turunan maleat anhidrat memiliki kemungkinan untuk dapat digunakan pada

pembuatan berbagai jenis resin. Maleat Anhidrat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan bahan-bahan berikut:

1. Resin Polyester Tak Jenuh

Resin polyester tak jenuh digunakan dalam pembuatan fiber glass yang selanjutnya digunakan sebagai badan kendaraan, bahan coating dinding kapal, pelapis tangki, panel - panel gedung, dan lain sebagainya;

2. Produksi Rosin Adduct

Rosin adduct dapat diproduksi dengan cara mereaksikan maleat anhidrat dengan rosin. Produk ini nantinya digunakan dalam industri kertas sebagai paper sizing agent. (Maleic anhydride data sheet No.MAN-0907);

3. Produksi Alkyd Resins

Alkyd resins dapat diproduksi dengan reaksi poliesterifikasi yang merupakan salah satu jenis reaksi polimerisasi antara asam karboksilat dengan alkohol. Produk ini banyak digunakan dalam industri cat, coating, serta pembentukan film. Selain itu, alkyd merupakan bahan yang sangat penting yaitu sebagai bahan pengikat tinta, juga kegunaan lain termasuk dempul dan bahan perekat.

4. Produksi Fumaric Acid

Fumaric acid dapat diproduksi dengan cara memberikan perlakuan panas terhadap asam maleat, dengan atau tanpa katalis. Produk ini digunakan di industri makanan sebagai bahan pemanis buatan, aditif pangan, aditif pakan ternak (sebagai penambah sifat asam)

5. Produksi Alkenyl Succinic Anhydrides (ASA)

Alkenyl Succinic Anhydrides (ASA) merupakan suatu zat yang terbentuk dari reaksi isomerisasi olefin dengan maleat anhidrat pada suhu kamar. ASA juga dapat digunakan sebagai sizing agent untuk produksi kertas halus yang diproduksi dalam kondisi alkalin. Selain itu, ASA juga dapat digunakan sebagai aditif minyak pelumas mesin, pemlastis, pelumas anti beku, dan pengatur kelembaban pada bahan berbasah dasar kulit serta digunakan sebagai inhibitor korosi.

I.4. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan maleat anhidrat adalah benzena. Nantinya bahan baku ini akan diperoleh dari PT. Pertamina (Persero). Lokasi dari tempat pengambilan bahan baku ini terletak di Cilacap, Jawa Tengah. PT. Pertamina (Persero) memiliki kapasitas produksi sebesar 120.000 ton/tahun. Dengan kapasitas yang dihasilkan tersebut, perusahaan ini mampu untuk mencukupi kebutuhan benzena sebagai bahan baku pembuatan maleat anhidrat.

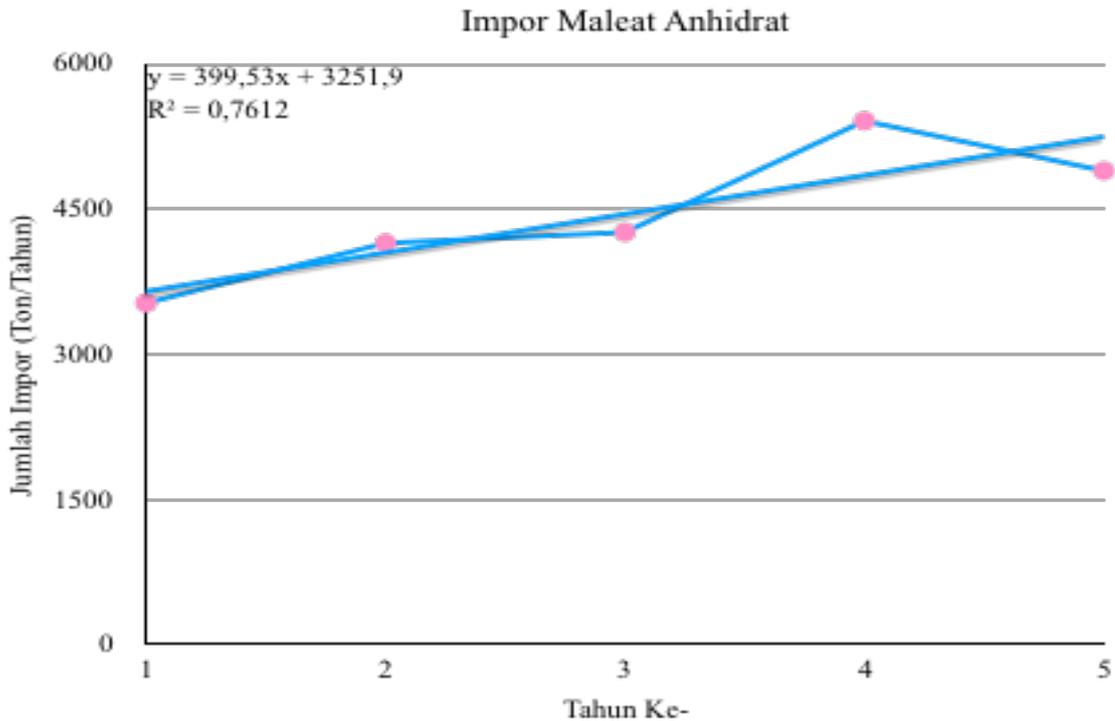
I.5. Analisa Pasar

I.5.1. Kapasitas Produksi

Pabrik maleat anhidrat dari benzena sebagai bahan baku resin polyester tak jenuh direncanakan akan berdiri pada tahun 2024. Dalam menentukan kapasitas produksi maleat anhidrat dibutuhkan data ekspor - impor di Indonesia dan jumlah kebutuhan maleat anhidrat yang digunakan sebagai bahan baku resin polyester tak jenuh. Berikut data - data yang telah diperoleh:

Tabel I.4. Data Impor Maleat Anhidrat Tahun Ke-1 Sampai Tahun Ke-5

Tahun Ke-	Tahun	Impor (ton/tahun)
1	2014	3530,62
2	2015	4150,04
3	2016	4262,05
4	2017	5412,65
5	2018	4896,94



Gambar I.2. Grafik Data Impor Maleat Anhidrat di Indonesia (BPS, 2019)

Berdasarkan data impor dari grafik diatas, diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$Y=399,53X+3251,9$$

Dimana :

X = Tahun Ke-

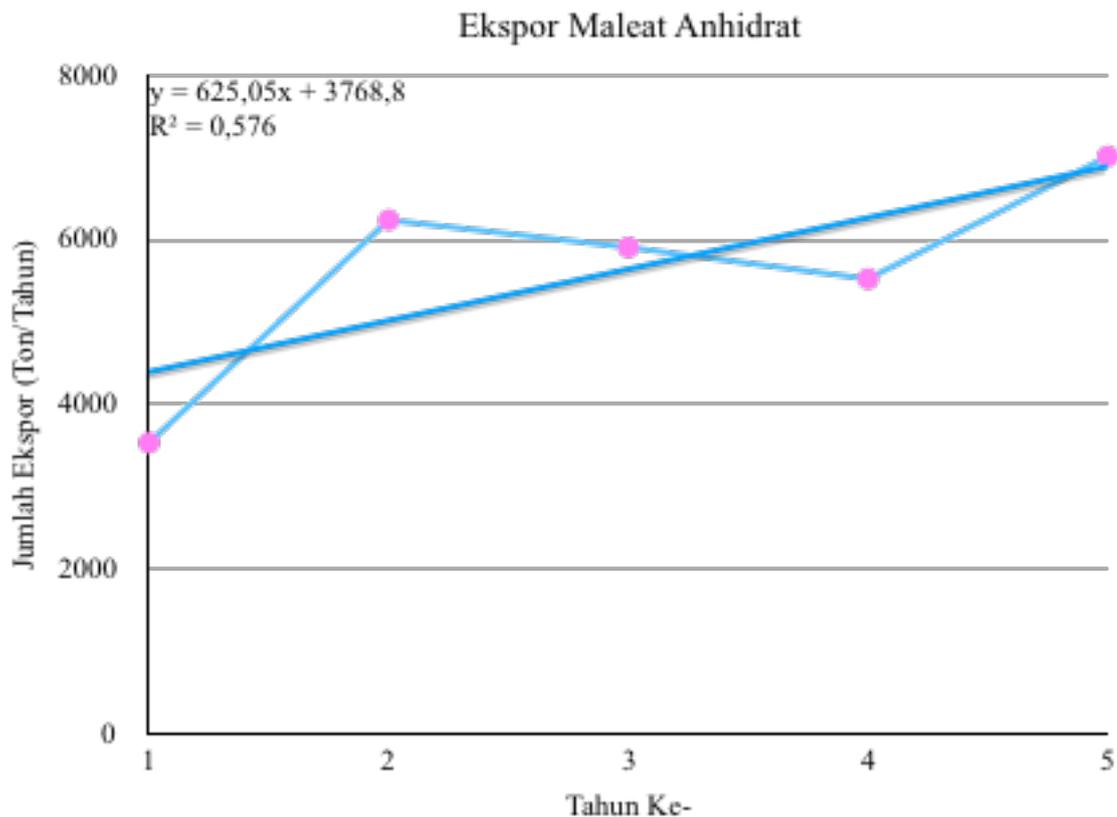
Y = Jumlah Impor (Ton/Tahun)

$$R^2 = 0,7612$$

Dari persamaan yang telah diperoleh, dapat digunakan untuk menentukan jumlah impor di tahun ke-11. Didapatkan impor pada tahun ke-11 sebesar 7646,73 ton/tahun.

Tabel I.5. Data Ekspor Maleat Anhidrat Tahun ke-1 hingga Tahun ke-5

Tahun Ke-	Tahun	Ekspor (ton/tahun)
1	2014	3531,25
2	2015	6240,77
3	2016	5908,46
4	2017	5524,54
5	2018	7014,63



Gambar I.3. Grafik Data Ekspor Maleat Anhidrat di Indonesia (BPS, 2019)

Berdasarkan data impor dari grafik diatas, diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$Y = 625,05X + 3768,8$$

Dimana :

X = Tahun Ke-

Y = Jumlah Ekspor (Ton/Tahun)

$$R^2 = 0,576$$

Dari persamaan yang telah diperoleh, dapat digunakan untuk menentukan jumlah ekspor tahun ke-11. Didapatkan impor pada tahun ke-11 sebesar 10644,35 ton/tahun.

Penggunaan maleat anhidrat di industri sangat beragam, diantaranya untuk resin polyester tak jenuh, produksi *rosin adduct*, produksi *alkyd resins*, produksi *fumaric acid* dan produksi *alkenyl succinic anhydrides (ASA)*. Lima puluh persen dari total produksi maleat anhidrat di dunia digunakan sebagai resin polyester tak jenuh (*Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 1914), dari pernyataan ini didapatkan bahwa perbandingan antara maleat anhidrat yang digunakan berbanding

dengan UPR yang dihasilkan adalah 1:2. Berdasarkan *United States Patent* 4902773 diketahui bahwa kebutuhan maleat anhidrat yang digunakan dalam pembuatan resin polyester tak jenuh adalah sebesar 14%. Data kapasitas produksi pabrik resin polyester tak jenuh yang ada di Indonesia seperti pada tabel berikut.

Nama PT	Kapasitas ton/tahun
PT Justus Kimia Raya	40.000
PT Padric Jaya Chemical	7.700
PT SHCP Indonesia	13.200
TOTAL	60.900

Berdasarkan data pada tabel di atas, kebutuhan maleat anhidrat pada seluruh sektor industri di Indonesia dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan MA secara keseluruhan} &= \frac{\text{total kapasitas pabrik UPR di Indonesia} \times 14\%}{50\%} \\ &= \frac{60.900 \times 14\%}{50\%} = 17.052 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Di Indonesia sudah ada pabrik yang memproduksi maleat anhidrat, yaitu PT Justus Sakti Raya dengan total produksi sebesar 14.000 ton/tahun, Sehingga kekosongan pasar dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$[\text{Ekspor} + \text{Kebutuhan}] = [\text{Impor} + \text{Produksi}]$$

$$\begin{aligned} \text{Kekosongan Pasar} &= [\text{Ekspor} + \text{Kebutuhan}] - [\text{Impor} + \text{Produksi}] \\ &= [10.644,35 + 17.052] - [7.646,73 + 14.000] \\ &= 6.049,62 \approx 6.000 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil dari persamaan diatas, telah ditentukan bahwa maleat anhidrat akan diproduksi dengan kapasitas produksi sebesar 6.000 ton/tahun.