

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Pembangunan bidang industri merupakan salah satu bagian usaha memperkokoh ekonomi nasional dalam jangka panjang. Pembangunan industri menciptakan keterkaitan yang kuat antar sektor, memperluas lapangan kerja, mengurangi ketergantungan dana luar negeri dan impor. Seiring dengan perkembangan industri tersebut, terjadi pula peningkatan kebutuhan bahan baku dan bahan pembantu.

Industri kimia yang berkembang pesat salah satunya adalah industri bahan polimer, yang menghasilkan berbagai jenis produk plastik, serat sintesis, karet sintesis, dan sebagainya. Pada proses pembuatan bahan polimer, selain memerlukan resin sebagai bahan baku utama, juga diperlukan suatu tambahan yang disebut dengan *plasticizer*. *Plasticizer* adalah bahan yang ditambahkan pada resin agar menjadi lunak dan mudah dibentuk (*flexible*) sehingga mempermudah proses fabrikasi (*flowing, casting, dan finishing process*).

Plasticizer yang sering digunakan adalah DOP (*Diethyl phthalate*) dan DBP (*dibutyl phthalate*). *Plasticizer* lain namun jarang digunakan antara lain DINP (*diisononyl phthalate*), DIDP (*diisodecyl phthalate*), DHP (*diheptyl phthalate*), DEP (*diethyl phthalate*), DMP (*dimethyl phthalate*), BBP (*butyl benzyl phthalate*), DIPP (*diisopentyl phthalate*). (Ullmann's, 2004).

Diethyl phthalate (DOP) merupakan *plasticizer* yang banyak digunakan dalam industri barang-barang plastik. DOP digunakan pula dalam industri kulit imitasi dari jenis PVC (*PVC leather*), kabel listrik, kabel telepon, pipa PVC, sol sepatu, sandal plastik, selang plastik dan lain sebagainya.

Di Indonesia, dengan berkembangnya industri-industri kimia, terutama industri bahan-bahan dari plastik (khususnya yang terbuat dari PVC), kebutuhan DOP sebagai salah satu bahan *plasticizer* akan semakin meningkat. Perencanaan pendirian pabrik DOP di Indonesia menjadi penting untuk membantu menyediakan bahan pembantu dalam industri bahan-bahan plastik yang terbuat dari PVC dan

industri-industri lain, serta diharapkan dapat menjadi komoditi ekspor untuk menghemat devisa negara.

1.2. Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik

Dalam penentuan kapasitas rancangan pabrik diperlukan beberapa pertimbangan yaitu kebutuhan produk dan ketersediaan bahan baku. Prarancangan pabrik DOP ini direncanakan berkapasitas 35.000 ton/tahun, dengan pertimbangan sebagai berikut:

1.2.1. Kebutuhan DOP

Kebutuhan DOP di Indonesia relatif mengalami peningkatan tiap tahunnya. Data impor dan ekspor DOP ditunjukkan pada Tabel 1.1.

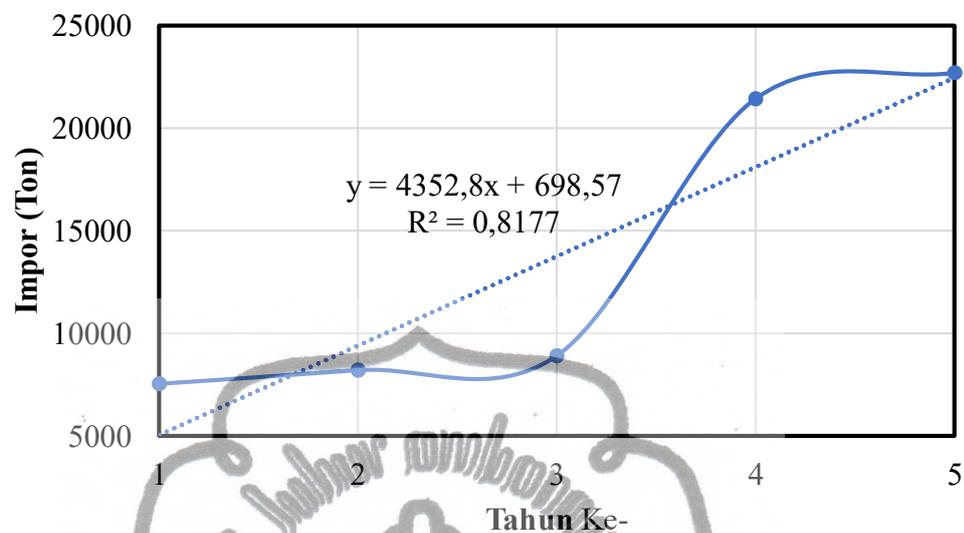
Tabel 1.1 Data Impor dan Ekspor DOP di Indonesia Tahun 2011-2018

Tahun Ke-	Tahun	Impor (ton)	Ekspor (ton)
1	2011	8.003,286	112,885
2	2012	10.620,491	34,187
3	2013	9.601,431	-
4	2014	7.544,380	-
5	2015	8.206,364	25,898
6	2016	8.908,410	57,962
7	2017	21.428,615	87,522
8	2018	22.697,351	5,576

(UNData, 2011-2018)

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 1.1, Indonesia cenderung mengalami peningkatan impor DOP setiap tahunnya, sehingga permintaan DOP dalam negeri diperkirakan semakin meningkat pada tahun-tahun berikutnya.

Pabrik DOP direncanakan berdiri dengan kapasitas 35.000 ton/tahun-pada tahun 2025 dengan pertimbangan terdapat waktu yang cukup untuk pembebasan lahan, pembangunan, dan syarat administrasi. Kebutuhan impor DOP pada tahun 2025 dapat diprediksi dengan membuat pendekatan linear berdasar data pada Tabel 1.1. Pendekatan linear dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik Impor DOP di Indonesia Tahun 2011-2018

Nilai $x = 1$ mewakili tahun 2014, $x = 2$ mewakili tahun 2015 dan seterusnya. Pada tahun 2025, nilai x bernilai 12. Berdasarkan Gambar 1.1, pendekatan linier menghasilkan persamaan $y = 4.352,8x + 698,57$ dengan nilai $R^2 = 0,8177$. Dari persamaan tersebut kebutuhan DOP pada tahun 2025 diperoleh sebesar 26.008,612 ton/tahun.

1.2.2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan untuk memproduksi DOP adalah *phthalic anhydride* dan *2-ethyl hexanol*. Pabrik DOP direncanakan berkapasitas 35.000 ton/tahun dengan kebutuhan *phthalic anhydride* 13.256,5 ton/tahun dan kebutuhan *2-ethyl hexanol* 23.475,4 ton/tahun. Kebutuhan bahan baku *phthalic anhydride* dapat diperoleh dari PT. Petrowidada dengan kapasitas produksi 70.000 ton/tahun dan *2-ethyl hexanol* dapat diperoleh PT. Petro Oxo Nusantara dengan kapasitas produksi 100.000 ton/tahun, katalis asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas produksi 600.000 ton/tahun, yang masing-masing berlokasi di Gresik, Jawa Timur. Bahan penetral, natrium hidroksida, diperoleh dari PT. Twiji Kimia yang berlokasi di Sidoarjo, Jawa Timur.

Bahan baku merupakan bagian penting dari produksi, sehingga diperlukan alternatif produsen bahan baku. *Phthalic anhydride* dapat diperoleh dari PT.

Eterindo Wahanatama Tbk, *2-ethyl hexanol* dapat diperoleh PT. Tuban Petrochemical Industries, katalis asam sulfat diperoleh dari PT. Perdana Mulia Jaya, Natrium Hidroksida, diperoleh dari PT. Liku Telaga.

1.2.3. Kapasitas Pabrik yang Telah Berdiri

Kapasitas pabrik DOP yang telah berdiri di dunia dan di Indonesia ditunjukkan pada Tabel 1.2 dan Tabel 1.3.

Tabel 1.2 Data Pabrik DOP di Dunia dan Kapasitasnya

Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
Union Petrochemical (UPC)	950.000
China's Tianjin Soda (China)	100.000
Shaffi Chemical Industries Ltd. (Pakistan)	18.000
Hoechst Ravi Chemical Ltd. (Pakistan)	15.000
Qaisar Lucky Petrochemical (P.) Ltd. (Pakistan)	9.000
Akyung Petrochemical Co., Ltd. (Korea selatan)	350.000

Tabel 1.3 Data Pabrik DOP di Indonesia dan Kapasitasnya

Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
PT. Petronika	30.000
PT. Eternal Buana Chemical Industries	30.000
PT. Eterindo Nusa Graha	30.000

(www.thefreelibrary.com)

Tabel 1.4 Data Kebutuhan DOP di Indonesia

Tahun	Kebutuhan (impor+produksi-ekspor)
2011	97.890,401
2012	100.586,304
2013	99.601,431
2014	97.544,380
2015	98.180,466
2016	98.850,448
2017	111.341,093
2018	112.691,775

Berdasarkan kapasitas pabrik yang telah berdiri dan kebutuhan DOP di Indonesia dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri, pabrik DOP direncanakan berkapasitas sebesar 35.000 ton/tahun. Kapasitas pabrik tersebut telah memenuhi kebutuhan impor DOP di Indonesia sejumlah 26.008,612 ton/tahun. Sisa produksi sejumlah 8.991,388 ton/tahun dapat diekspor ke negara yang masih mengimpor DOP. Negara-negara yang mengimpor DOP antara lain:

- a. Singapura
- b. Malaysia
- c. Filipina
- d. Thailand
- e. India
- f. Sri Lanka
- g. China
- h. Australia
- i. Jepang

(www.data.un.org)

1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pabrik DOP direncanakan didirikan di Gresik, Jawa timur. Ada beberapa faktor yang diperhatikan untuk menentukan lokasi pabrik yang dirancang agar secara teknis dan ekonomis menguntungkan. Faktor-faktor yang dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

1.3.1. Faktor Primer

Faktor primer secara langsung mempengaruhi tujuan utama pabrik yaitu produksi dan distribusi DOP yang diatur menurut macam dan kualitas, waktu dan tempat yang dibutuhkan konsumen pada tingkat harga yang terjangkau namun pabrik tetap memperoleh keuntungan yang wajar. Faktor primer meliputi:

- a. Sumber Bahan Baku

Kriteria pemilihan dititik beratkan pada kemudahan memperoleh bahan baku. Dalam hal ini, bahan baku utama *phthalic anhydride* dan *2-ethyl*

hexanol diperoleh dari PT. Petrowidada dengan jarak 13,3 km dan PT. Petro Oxo Nusantara dengan jarak 15,4 km yang berada di Gresik.

b. Pemasaran Produk

Untuk pemasaran produk perlu diperhatikan letak pabrik dengan pasar yang membutuhkan produk tersebut guna menekan biaya pendistribusian ke lokasi pasar dan waktu pengiriman. DOP ditujukan terutama untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri untuk industri plastik seperti kulit imitasi dari jenis PVC, kabel listrik, kabel telepon, pipa, sol sepatu dan lain sebagainya. Pemilihan lokasi di kawasan Gresik ini sangat mendukung pemasaran DOP mengingat pabrik yang akan didirikan dekat dengan konsumen, sebagai contoh pabrik plastik PT. TPC Indo *Plastic and Chemical* dengan jarak 11 km, PT. Indopipe dengan jarak 14,4 km, PT. Jintai Indonesia dengan jarak 68,5 km yang berdiri kawasan Gresik, Jawa Timur.

c. Sarana dan Prasarana

Sarana transportasi dan telekomunikasi di daerah Gresik sangat memadai, sehingga arus barang dan komunikasi dapat berjalan dengan lancar. Transportasi, baik darat, laut, maupun udara cukup baik dan relatif mudah diperoleh. Di daerah Gresik, fasilitas transportasi sangat mendukung, seperti: jalan tol yang berhubungan langsung dengan jalan pantura, Bandara Udara Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak. Hal ini memudahkan transportasi keluar masuknya bahan baku dan produk.

1.3.2. Faktor Sekunder

a. Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang dibutuhkan dapat direkrut dari tenaga ahli dan berpengalaman dibidangnya dan tenaga kerja lokal yang berasal dari lingkungan masyarakat sekitar pabrik. Kawasan industri Gresik terletak di daerah Jawa Timur yang lembaga pendidikan formal maupun non formal menghasilkan tenaga kerja ahli maupun non ahli sehingga sumber daya manusia.

b. Utilitas

Gresik merupakan daerah yang telah dilengkapi dengan listrik dan air karena Gresik merupakan kawasan industri. Kebutuhan listrik didapatkan dari PLN dan generator sebagai cadangan apabila listrik PLN mengalami gangguan. Bahan bakar generator diperoleh dari PT. Pertamina. Kebutuhan air dalam jumlah besar dapat diambil dari sungai Bengawan Solo dengan debit air sebesar 684 m³/s.

c. Karakteristik Lokasi

Karakteristik lokasi ini menyangkut iklim, kemungkinan terjadinya banjir, serta kondisi sosial masyarakat di daerah tersebut. Dalam hal ini, Gresik adalah daerah yang telah ditetapkan menjadi kawasan industri dan tempat industri berskala besar (PT. Petrokimia Gresik), sehingga Gresik dapat ditetapkan sebagai lokasi yang tepat dalam pendirian pabrik.

d. Kebijakan Pemerintah

Pendirian pabrik juga perlu memperhatikan beberapa faktor kepentingan yang terkait didalamnya, diantaranya kebijaksanaan pengembangan industri, pemerataan kesempatan kerja, kesejahteraan, dan hasil-hasil pembangunan. Pabrik yang didirikan juga harus berwawasan lingkungan yang artinya keberadaan pabrik tersebut tidak boleh mengganggu atau merusak lingkungan sekitarnya. Dalam hal ini, Undang-Undang Nomor 3 tahun 2014 tentang Perindustrian, Gresik adalah daerah yang telah ditetapkan menjadi daerah industri sehingga pemerintah memberikan kelonggaran hukum, dan Peraturan Daerah Kabupaten Gresik Nomor 6 Tahun 2017 tentang izin mendirikan bangunan.

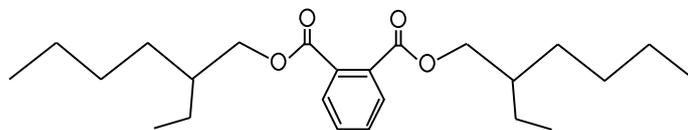
Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas maka lokasi pabrik direncanakan berdiri di daerah Kawasan Industri Gresik, Jawa Timur. Peta lokasi pabrik dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Peta Lokasi Pabrik DOP

1.4. Tinjauan Pustaka

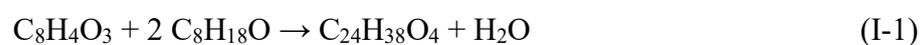
Diethyl phthalate (DOP) telah lama digunakan sebagai standar umum industri dengan tujuan *plastizer* primer. Sifat-sifatnya yang memadai untuk banyak aplikasi dalam industri *vinyl* karena memiliki karakteristik gelas yang baik, aksi pelunakan yang baik, dan sifat viskositas yang memadai dalam pasta PVC emulsi (Ullmann's, 2004). Struktur DOP dapat dilihat pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Struktur Senyawa *Diethyl Phthalate*

1.4.1. Proses Pembuatan DOP

DOP dibuat dengan reaksi:



Hanya terdapat satu macam proses yang digunakan dalam memproduksi DOP dan digunakan pada pabrik-pabrik di dunia yaitu reaksi esterifikasi. DOP diproduksi dengan mereaksikan *phthalic anhydride* dan *2-ethyl hexanol* melalui reaksi esterifikasi dengan katalis asam sulfat. Reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) yang dilapisi jaket untuk mempertahankan panas di dalam reaktor pada suhu 150-200 °C (Faith et al., 1961).

DOP diproduksi dengan mereaksikan *phthalic anhydride* dan *2-ethyl hexanol* dengan perbandingan 1:2,75 mol, menggunakan katalis asam sulfat 0,15 % wt total umpan. (US. Patent, 2759967)

Proses lain yang dapat digunakan untuk menghasilkan DOP adalah dengan menggunakan katalis jenis lain. Katalis jenis lainnya dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Data Pabrik Katalis yang Digunakan Pada Proses Pembuatan DOP

Katalis	Waktu Reaksi (jam)	Konversi (%)
Tanpa katalis	45	99,9
H ₂ SO ₄	2,5	99,9
H ₃ PO ₄	25	99,9
Al ₂ O ₃ (aq)	7	99,9
Al ₂ O ₃ + NaOH	2,5	99,9
Pb(OH) ₂	4,5	99,9
Sn(OH) ₂	7	99,6
Zn(OH) ₂	5	99,6

(Mc.Ketta, 1983)

Pada prarancangan ini digunakan katalis asam sulfat karena asam sulfat lebih efisien, mudah didapatkan dan telah diproduksi di dalam negeri sehingga tidak perlu impor dan lebih ekonomis.

1.4.2. Kegunaan Produk

Kegunaan utama DOP adalah sebagai bahan pembantu dalam industri barang-barang plastik (sebagai *plasticizer*) dan dipergunakan juga dalam industri kulit imitasi, kabel, sol sepatu dan lain sebagainya. (Ullmann's, 2004)

1.4.3. Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku dan Produk

1.4.3.1. Bahan Baku

1. *Phthalic anhydride* (PA) (Perry, 2008)

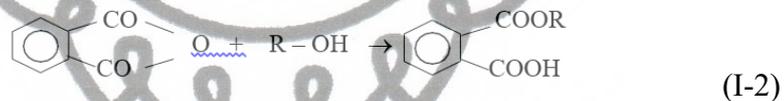
a. Sifat Fisis

- Rumus molekul : $C_6H_4(CO)_2O$
- Berat molekul : 148,11 gr/grmol
- Titik didih : 284,5 °C
- Titik lebur : 130,8 °C
- *Specific gravity* : 1,527
- Kelarutan dalam 100 gr air : sangat sedikit larut
- Kelarutan dalam alkohol : larut (*soluble*)
- Fase : Kristal

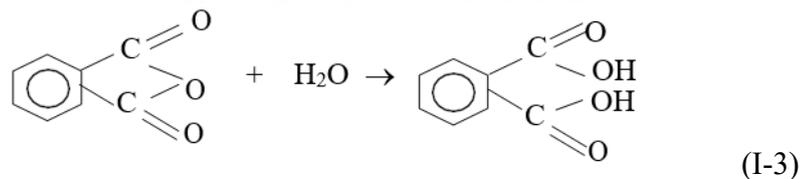
b. Sifat Kimia

- Reaksi esterifikasi

Reaksi PA dengan alkohol membentuk phthalate ester



- Hidrolisis dengan air panas membentuk ortho-asam ftalat



2. *2-Ethyl hexanol* (2-EH)

a. Sifat Fisis

- Rumus molekul : $CH_3(CH_2)_6CH_2OH$
- Berat molekul : 130,23 gr/mol
- Titik didih : 184 °C
- Titik lebur : -16 °C
- Bentuk : Cairan tak berwarna
- *Spesific gravity* : 0,827

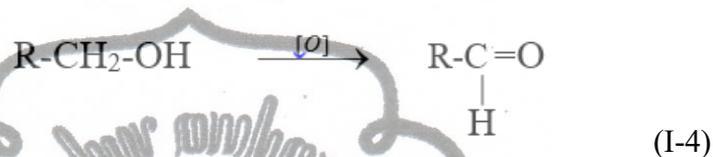
- Kelarutan dalam 100 gr air : 0,1 mL

(Yaws,2015)

b. Sifat Kimia

- Oksidasi

Reaksi oksidasi alkohol primer menghasilkan aldehida dan bila dioksidasi lanjut akan membentuk asam.



- Sulfatasi

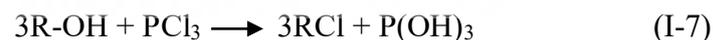
Reaksi alkohol dengan asam halo sulfat akan membentuk alkil sulfat dengan reaksi sebagai berikut:



Sodium alkil sulfat

- Halogenasi

Reaksi alkohol dengan phosphor halida menghasilkan alkil halida dan phosphor hydroxide.



- Dehidrasi

Reaksi dehidrasi alkohol menghasilkan senyawa etena dan air.



- Esterifikasi

Reaksi alkohol dengan asam menghasilkan ester dan air.



1.4.3.2. Bahan Pendukung

1. Asam sulfat (H₂SO₄) (katalis)

a. Sifat Fisis

- Rumus molekul : H₂SO₄
- Bentuk : Cairan

- Berat molekul : 98,08 gr/grmol
- Titik lebur : 10,49 °C
- Titik didih : 340 °C
- *Spesific gravity* : 1,834
- Kelarutan dalam air : sangat larut

(Perry, 2008)

b. Sifat Kimia

- Bersifat korosif
- Merupakan asam berbasa dua yang kuat
- Bereaksi dengan natrium klorida membentuk gas hidrogen klorida dan natrium bisulfat



- Bereaksi dengan kebanyakan logam dan membebaskan hidrogen dan senyawa logam sulfat, seperti besi (Fe), aluminium (Al), seng (Zn), mangan (Mn), dan nikel (Ni).
- Dapat menyebabkan luka bakar yang sangat parah, terutama pada konsentrasi yang tinggi.

2. Natrium Hidroksida (NaOH) (zat penetralisir)

a. Sifat Fisis

- Rumus molekul : NaOH
- Bentuk : *Flake* putih
- Berat molekul : 40 gr/grmol
- Titik lebur : 318,4 °C
- Titik didih : 1390 °C
- *Spesific gravity* : 2,130
- Kelarutan dalam air (0°C) : 42 mL
(100°C) : 347 mL

(Perry,2008)

b. Sifat Kimia

- Dengan asam membentuk garam dan air



- Dengan etanol akan menghasilkan natrium etoksida



1.4.3.3. Produk

1. *Diocetyl Phthalate* (DOP)

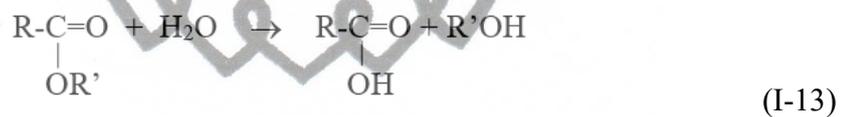
a. Sifat Fisis

- Rumus molekul : $\text{C}_6\text{H}_4[\text{COOCH}_2\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{C}_4\text{H}_9]_2$
- Berat molekul : 390,56 gr/grmol
- Titik leleh : -50°C
- Titik didih : $435,74^\circ\text{C}$
- Bentuk : cair
- *Spesific gravity* : 0,986
- Kelarutan dalam air : tidak larut

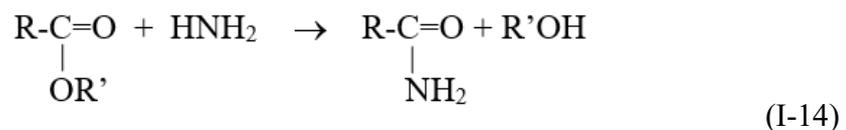
(Yaws,2015)

b. Sifat Kimia

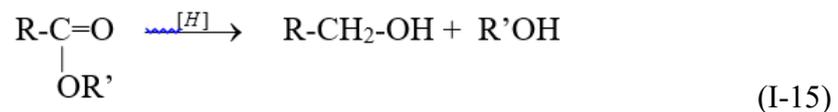
- Hidrolisis



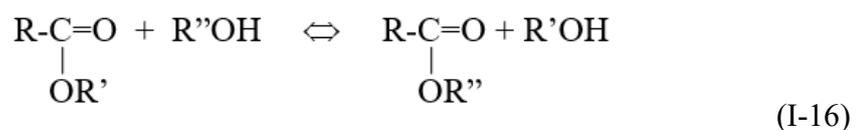
- Amanolisis



- Reduksi



- Alkoholis



1.4.3.4. Bahan Intermediet

1. *Monooctyl phthalate* (MOP)

a. Sifat Fisis

- Bentuk : cairan tidak berwarna
- Rumus molekul : $C_{26}H_{52}O_4$
- Berat molekul : 412,54 gr/grmol
- Titik didih : 340 °C
- *Specific gravity* : 1,045
- Kelarutan dalam 100 gr air : 0,0013 mL

(Perry, 2008)

b. Sifat Kimia

- Larut dalam pelarut organik seperti alkohol, eter, dan benzene
- Bersifat racun dan dapat menyebabkan iritasi pada mata

2. *Maleic anhydride* (MA)

a. Sifat Fisis

- Bentuk : padatan kristal putih
- Rumus molekul : $C_4H_2O_3$
- Berat molekul : 98,06 gr/grmol
- Titik leleh : 57-60 °C
- Titik didih : 202 °C
- *Specific gravity* : 1,50
- Kelarutan dalam air : larut

(Perry, 2008)

b. Sifat Kimia

- Bersifat racun dan dapat menyebabkan luka bakar pada kulit
- Dapat menyebabkan gejala susah bernapas bila terhirup

3. Natrium sulfat

a. Sifat Fisis

- Bentuk : Padatan kristal putih

- Rumus molekul : Na_2SO_4
- Berat molekul : 142,04 gr/grmol
- Titik leleh : 884 °C
- *Spesific gravity* : 2,698
- Kelarutan dalam air : larut

(Perry, 2008)

b. Sifat Kimia

- Reaktifitas Na_2SO_4 cukup rendah pada suhu kamar dan sebaliknya sangat reaktif pada suhu tinggi.
- Kristal Na_2SO_4 peka terhadap besi, senyawa besi dan beberapa senyawa organik.

