

## BAB I PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai bagian negara-negara di dunia harus siap untuk menghadapi era perdagangan bebas yang akan segera dimulai. Saat ini bisa dikatakan Indonesia masih tertinggal dibanding negara-negara lain dalam menghadapi era tersebut. Kondisi perekonomian yang terpuruk persis pada saat akan dimulainya era perdagangan bebas merupakan indikasi yang tidak dapat disangkal. Oleh karena itu perlu dicari usaha-usaha baru agar Indonesia lebih bisa berkompetisi dengan negara-negara lain dan bukan hanya sekedar berpartisipasi. Salah satunya adalah dengan pementapan di bidang industri.

Pembangunan industri sebagai bagian dari usaha pembangunan jangka panjang diarahkan untuk mencapai struktur ekonomi yang lebih kuat, yaitu struktur ekonomi dengan titik berat industri yang maju. Untuk itu, proses industrialisasi lebih dimantapkan untuk mendukung berkembangnya industri sebagai penggerak peningkatan laju pertumbuhan ekonomi dan perluasan lapangan kerja.

Asam Adipat sebagian besar digunakan sebagai bahan pembuatan nilon 66, sehingga asam adipat digunakan sebagai bahan baku utama untuk berbagai aplikasi dalam industri tekstil. Asam Adipat pertama kali disintesis pada tahun 1902 dari *tetramethylene bromine*. Produksi skala dunia pada tahun 1973 mencapai 2 juta ton, dengan sekitar separuhnya diproduksi oleh Amerika Serikat. Lebih dari 90 % asam adipat digunakan dalam pembuatan nilon 66 sedangkan sisanya untuk pembuatan plastik terutama *polyvinyl*, komponen/bahan *polyurethane*, *food acidulant*, *essterlubes* untuk pelumas, dan detergen yang dipakai sebagai garam alkali. (McKetta,1977).

Asam Adipat adalah padatan berbentuk kristal berwarna putih dan tidak berbau dengan rumus formula  $C_6H_{10}O_4$ . Memiliki titik didih  $265^{\circ}C$  dan titik lebur  $154^{\circ}C$ . Asam Adipat larut dalam metanol, etanol, aseton, eter,



dan etil asetat, sedikit larut dalam air dan sikloheksana, serta tidak larut dalam benzene, petroleum eter, dan ligroin. Rumus bangun asam adipat diperlihatkan dalam Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Rumus bangun Asam Adipat

Pada saat ini untuk memenuhi kebutuhan Asam Adipat di dalam negeri, Indonesia masih melakukan impor Asam Adipat dari luar negeri karena belum ada pabrik Asam Adipat di Indonesia. Pemenuhan kebutuhan Asam Adipat di Indonesia selama ini melalui impor yang berasal dari Eropa, Amerika Serikat dan Asia Pasifik. Dari data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2017 Indonesia mengimpor Asam Adipat berjumlah 972,54 kg dari beberapa negara yaitu Amerika Serikat, Jepang, Taiwan, China, Perancis, Jerman, Singapura dan Ukraina dengan CIF Value US\$ 1.859.784 (BPS, 2017). Melihat peluang yang ada serta kebutuhan dalam negeri akan Asam Adipat yang terus meningkat pada tahun – tahun berikutnya, maka untuk memenuhi kebutuhan Asam Adipat tersebut dan tidak perlu lagi melakukan impor Asam Adipat dari negara lain, maka perlu didirikan pabrik Asam Adipat di Indonesia agar Indonesia tidak terus menerus bergantung pada negara lain dan bahkan dapat mengekspor asam adipat tersebut. Jika pabrik Asam Adipat didirikan tentunya dapat menghemat pengeluaran devisa negara, meningkatkan ekspor dan juga meningkatkan kemampuan penguasaan teknologi.

Apabila pabrik Asam Adipat didirikan, Indonesia juga dapat mengekspor Asam Adipat ke luar negeri seperti Vietnam, Kamboja, Thailand, Malaysia, Laos, Philipina dan Myanmar karena produk ini banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan nilon 66, sedangkan sisanya digunakan untuk bahan pembuatan pembuat plastik terutama *polyvinyl*,



bahan *polyurethane*, *essterlubes* untuk pelumas, dan detergen yang dipakai sebagai garam alkali yang terus mengalami peningkatan setiap tahunnya.

## I.2 Penentuan Kapasitas

Berikut ini adalah Tabel 1.1 pabrik Asam Adipat diberbagai negara dan kapasitas produksinya (Puworld, 2016)

Tabel 1.1 Pabrik Asam Adipat diberbagai negara dan kapasitas produksinya

Negara	Nama Perusahaan	Kapasitas (ribu ton/tahun)
Amerika Serikat	Invista - Tennessee	600
	Solutia - Pensacola, Florida	400
	Inolex - Hopewell, Virginia	114
Uni Eropa	BASF - Ludwigshafen, Jerman	300
	Lanxess - Leverkusen, Jerman	105
	Rhodia - Chalampé, Prancis	320
	Radici - Novara, Italia	150
Korea Selatan	Rhodia - Ulsan	140
Kanada	Invista - Maitland	170
Jepang	Asahi Kasei - Nobeoka	120
Singapura	Invista - Pulau Sakra	115
Brazil	Rhodia - Brasilia	100
Ukraina	Severodonetsk - Rovnoazot, Rovno	100
China	Liaoyang Petro China- Liaoning	140
	Shandong Hongye - Heze City	140
	Shandong Haili - Zibo	225
	Jiangsu Haili - Dafeng	300
	Xinjiang Tianli High & New Tech - Karamay	98
	Henan Shenma - Pingdingshan City	250
	Shandong Hualu Hengsheng - Dezhou City	160



	Shanxi Coal - Yangquan City	100
	Huafon Chongqing Chemical - Chongqing City	150

Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2017

Berikut disajikan Tabel 1.2 data impor Asam Adipat di Indonesia sejak tahun 2011 sampai 2016 yang diperoleh dari data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2017.

Tabel 1.2. Data Impor Asam Adipat di Indonesia

Tahun	Jumlah impor (ton/tahun)	% pertumbuhan
2011	505,724	
2012	1.152,693	56,12
2013	1.652,987	30,27
2014	905,724	-82,50
2015	752,924	-20,29
2016	972,541	22,58
	Rata - rata pertumbuhan	1,23

Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2017

Selama ini impor Asam Adipat terbesar didatangkan dari Amerika Serikat, Jepang, Taiwan, China, Perancis, Jerman, Singapura dan Ukraina. Setelah melihat Tabel 1.2, impor Asam Adipat diperoleh presentase rata – rata impor dari tahun 2011 sampai 2016 adalah sebesar 1,23 %. Diperoleh data bahwa selama ini konsumsi Asam Adipat di Indonesia didapatkan melalui impor. Maka perkiraan konsumsi Asam Adipat di Indonesia pada tahun 2020 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Berdasarkan rumus supply = demand, yaitu:

$$\text{Produksi} + \text{Impor} = \text{Konsumsi} + \text{Ekspor}$$

$$0 + \text{Impor} = \text{Konsumsi} + 0$$

$$\text{Import} = \text{Konsumsi}$$

Tabel 1.3 Proyeksi Konsumsi Asam Adipat

Tahun	Konsumsi (ton/tahun)
2017	984,99
2018	997,60
2019	1.010,37
2020	1.023,30



Dari data yang ditunjukkan dalam Tabel 1.3, perkembangan konsumsi Asam Adipat di Indonesia dan dari perhitungan *supply demand*, maka kebutuhan Asam Adipat di Indonesia pada tahun 2020 adalah 1.023,3 ton/tahun. Dari data yang diperoleh pada Tabel 1.1, kapasitas ekonomis dunia berkisar antara (98.000 – 600.000) ton/tahun. Berdasarkan faktor tersebut maka kapasitas produksi pabrik Asam Adipat yang akan dibangun adalah 100.000 ton/tahun dimana dengan jumlah tersebut dapat memenuhi kebutuhan Asam Adipat di Indonesia. Peluang yang diambil adalah 70% dari konsumsi Asam Adipat, yaitu 70 ton/tahun dan sisa dari produksi, yaitu 97.300 ton/tahun dapat diekspor ke negara – negara terdekat seperti Vietnam, Kamboja, Thailand, Malaysia, Laos, Philipina dan Myanmar.

### **I.3. Lokasi Pabrik**

Pabrik Asam Adipat akan didirikan di daerah Cilegon - Banten. Pemilihan lokasi tersebut dikarenakan mudah dalam penyediaan bahan baku, pemasaran, transportasi, sumber daya manusia, hingga sarana pendukung lainnya. Dalam satu tahun, pabrik beroperasi selama 330 hari dan 24 jam setiap harinya. Waktu *shut down* diperlukan untuk *maintenance* alat yang ada di pabrik. Berikut alasan yang menjadi pertimbangan mengapa lokasi pabrik di daerah Cilegon :

#### **I.3.1 Faktor Primer**

Faktor primer yang menjadi pertimbangan pendirian pabrik Asam Adipat di daerah Cilegon – Banten adalah:

1. Dekat dengan bahan baku;

Lokasi pabrik Hidrogen Peroksida ( $H_2O_2$ ) yang merupakan bahan baku dalam proses pembuatan Asam Adipat, terletak di daerah Cikarang - Jawa Barat (PT. Peroksida Indonesia Pratama) yang lokasinya tidak terlalu jauh dengan daerah Cilegon, sehingga biaya transportasi bahan baku relatif murah. Selain itu Cilegon juga dekat dengan Pelabuhan Merak Banten karena sikloheksena masih diperoleh melalui impor sehingga proses pengiriman material ke lokasi pabrik jadi lebih efisien. PT Peroksida



Indonesia Pratama memiliki kapasitas produksi yang cukup besar, yaitu sebesar 160.000 ton/tahun;

2. Dekat dengan pasar

Pabrik nilon 66 yang merupakan salah satu konsumen Asam Adipat, terletak di Pulau Jawa sehingga biaya distribusi tidak akan semahal jika pabrik terletak di luar Pulau Jawa. Pabrik – pabrik nilon 66 yang ada antara lain : PT Polychem Indonesia (Tangerang) dengan kapasitas produksi 100.000 kg/tahun, PT Toyo Internasional Indonesia (Tangerang) dengan kapasitas 75.000 kg/tahun, PT Indo Kordsa Indonesia (Bogor) dengan kapasitas produksim34.000 kg/tahun dan PT Filamindo Sakti (Tangerang) dengan kapasitas produksi 18.000 kg/tahun;

3. Tersedianya fasilitas transportasi

Cilegon merupakan kawasan industri strategis karena tidak jauh dengan laut, terdapat Pelabuhan Merak – Banten dan dekat dengan jalan tol Jakarta – Merak sehingga proses transportasi dan distribusi bahan baku maupun produk akan lebih mudah karena dapat melalui jalur darat maupun laut.

### **I.3.2 Faktor Sekunder**

Faktor sekunder yang menjadi pertimbangan pendirian pabrik Asam Adipat di daerah Cilegon – Banten adalah:

1. Utilitas

Untuk operasional pabrik perlu diperhatikan sarana penunjang/utilitas seperti air, listrik dan bahan bakar agar proses produksi dapat berjalan dengan baik. Kebutuhan pabrik akan air sangat besar, untuk itu diperlukan lokasi yang memungkinkan penyediaan air yang memadai. Pabrik-pabrik di Cilegon mayoritas berada di daerah pantai dan pemenuhan kebutuhan airnya dengan desalinasi air laut. Instalasi air bersih PT. Krakatau Tirta Industri yang memasok kebutuhan air untuk kawasan tersebut. Kebutuhan air diperoleh dari sungai Cidanau yang cukup dekat dengan kawasan industri Cilegon. Debit air sungai adalah sebesar 2000 liter/detik atau 7.200.000 liter/jam. Maka aliran sungai ini dapat digunakan



untuk kebutuhan utilitas pabrik. Kebutuhan listrik dapat dipenuhi dari PT PLN Unit PLTU Suralaya yang berlokasi tidak jauh dari Pelabuhan Penyebrangan Merak dan terdapat generator sebagai cadangan listrik apabila listrik dari PLN mengalami gangguan;

#### 2. Ketersediaan tenaga kerja

Sumber daya manusia di Pulau Jawa relatif lebih banyak dibanding pulau lain di Indonesia sehingga perekrutan tenaga kerja pun akan lebih mudah, disamping itu Cilegon bersebrangan dengan Pulau Sumatera sehingga perekrutan karyawan dari pulau tersebut dapat menjadi lebih mudah;

#### 3. Kondisi geografis

Pendirian pabrik akan mudah karena struktur tanah daerah Cilegon yang cukup baik dan kontur yang relatif mendatar serta iklim yang baik (kelembaban udara, intensitas panas matahari, curah hujan) menjadikan Cilegon sebagai tempat yang sangat strategis untuk pendirian pabrik tersebut serta menjadi faktor pendorong bagi karyawan untuk bekerja dengan nyaman;

#### 4. Peraturan dan kebijakan pemerintah

Kebijakan dari Pemerintah setempat mendukung didirikannya pabrik karena disana merupakan kawasan industri tempat berdirinya perusahaan - perusahaan seperti PT Chandra Asri, PT Asahimas Chemical dan PT Nippon Paint. Selain itu pendirian pabrik harus memperhatikan beberapa faktor kepentingan yang terkait di dalamnya, kebijakan pengembangan industri dan hubungannya dengan pemerataan kesempatan kerja dan hasil – hasil pembangunan;

#### 5. Terdapat fasilitas pelayanan

Dengan adanya beberapa fasilitas pelayanan di sekitar pabrik akan lebih memudahkan bagi pabrik tersebut menjalankan aktifitasnya. Fasilitas pelayanan yang dimaksud adalah tempat ibadah, sarana olah raga, sekolah, tempat rekreasi, taman dan lain – lain sehingga akan membantu menjaga



keadaan fisik dan mental setiap karyawan agar tetap sehat sehingga dapat meningkatkan efisiensi kerja;

#### 6. Lingkungan masyarakat sekitar

Keberlangsungan dan perkembangan suatu pabrik tidak lepas dari pengaruh masyarakat di sekitar pabrik. Sebelum didirikannya pabrik, harus dilakukan pendekatan kepada masyarakat untuk memberikan pengertian tentang pabrik apa yang akan didirikan yang tidak akan mengganggu kehidupan masyarakat, tetapi dapat menguntungkan masyarakat seperti penyerapan tenaga kerja, pendirian kost, dan membuka usaha rumah makan di sekitar lingkungan pabrik;

#### 7. Rencana masa depan

Saat pendirian pabrik, diharapkan pabrik dapat berkembang dan maju dalam waktu yang lama, oleh sebab itu diperhitungkan kemungkinan dan peluang – peluang yang dapat mempengaruhi kelangsungan pabrik. Pabrik asam adipat ini direncanakan akan didirikan di Cilegon - Banten pada tahun 2020 dengan luas area sebesar 17.500 m<sup>2</sup> dengan kisaran harga tanah pada tahun 2017 sebesar Rp 2.500.000/ m<sup>2</sup> ([www.lamudi.co.id](http://www.lamudi.co.id));

Pabrik Asam Adipat ini memiliki beberapa unit pendukung, yaitu unit pendingin reaktor, steam, udara tekan, tenaga listrik, bahan bakar, dan unit pemenuhan kebutuhan karyawan.

### **I.4 Pemilihan Proses**

Asam Adipat biasa diproduksi dengan berbagai cara antara lain :

#### **I.4.1 Proses Oksidasi Sikloheksana menggunakan katalis Cobalt**

Oksidasi sikloheksan menggunakan katalis *Cobalt acetat* adalah proses konvensional yang paling banyak digunakan, tidak hanya oleh produsen Asam Adipat akan tetapi juga oleh produsen Caprolactam. Bentuk proses komersial menggunakan udara yang tidak diencerkan pada suhu 150 °C – 160 °C dan tekanan 8 – 10 atm dengan konsentrasi katalis 0,3 – 3 ppm. Konversi Asam Adipat yang diperoleh berkisar antara 4 – 6 % yang dilakukan dalam beberapa tahap oksidasi. Reaksi bersifat eksotermis sehingga membutuhkan pendingin. Oksidasi dilakukan dalam beberapa



buah reactor gelembung atau *multistage* kolom kontaktor. Karena konveksi sikloheksan tiap reaktor cukup kecil, sikloheksan keluar reaktor bersama produk hasil reaksi dipisahkan dari senyawa lain pada menara distilasi kemudian direcycle. Selain menghasilkan asam adipat, proses ini juga menghasilkan produk samping berupa asam glutarat dan sikloheksanol dengan adanya katalis *cobalt acetat* dengan inisiator sikloheksanon.

(US Patent 5, 221, 800)

### I.3.2 Proses Oksidasi Sikloheksanon dengan Asam Nitrat

Proses ini pertama kalinya dikembangkan oleh DuPont pada akhir tahun 1940. Untuk memproduksi Asam Adipat secara komersial adalah oksidasi asam nitrat dengan sikloheksanon. Kondisi operasi pada tekanan 3,5 – 5 atm, suhu 80 – 90 °C dengan katalis Amonium Metavanadat, dengan perbandingan sikloheksanon dengan asam nitrat 1 : 5. Reaktor yang dipilih adalah Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang akan menghasilkan produk dengan kemurnian yang tinggi. Reaktor didesain untuk perpindahan panas yang efektif karena besarnya ratio HNO<sub>3</sub> terhadap *feed organic*. Konversi yang diperoleh berkisar antara 75 – 85 %. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi cair cair, sehingga perpindahan massa terjadi pada lapisan yang sangat tipis.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



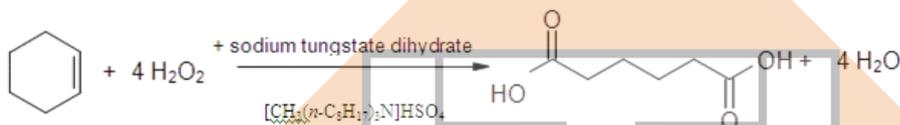
Tetapi dengan metode konvensional ini, yaitu proses oksidasi sikloheksana menjadi sikloheksanol (langkah ini memiliki konversi yang lemah), diikuti dengan oksidasi asam nitrat. Pada proses ini, akan dihasilkan gas-gas rumah kaca seperti N<sub>2</sub>O yang menyebabkan *global warning*. Reaksi oksidasi sikloheksanon dengan asam nitrat bersifat eksotermis serta korosif sehingga diperlukan desain reaktor yang khusus. Kebanyakan pabrik di dunia masih memakai proses ini yang mana hasil sampingnya berupa gas NO yang besar.

(Kirk Othmer, 1998)



### I.3.3. Proses Oksidasi Sikloheksena dengan Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

Reaksi oksidasi sikloheksena dijalankan di reaktor alir tangki berpengaduk pada suhu sekitar 75 – 90 °C dengan kecepatan pengadukan 1000 rpm dan tekanan atmosferis. Digunakan reaktor alir tangki berpengaduk untuk mencapai konversi 80%, dan dilengkapi dengan pendingin karena reaksi bersifat eksotermis. Produk Asam Adipat kemudian dimurnikan dengan cara dipisahkan dari senyawa lain yang tidak diinginkan, lalu Asam Adipat dikristalisasi untuk memperoleh produk berupa padatan. Saat ini telah dikembangkan proses yang ramah lingkungan dengan mereaksikan sikloheksena dengan hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), dimana proses ini tidak menghasilkan produk samping berupa gas-gas rumah kaca. Reaksi oksidasi sikloheksena dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> adalah sebagai berikut :



Gambar 1.2 Reaksi oksidasi sikloheksena dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Hidrogen proksida merupakan oksidator kuat yang ramah lingkungan karena hasil reaksinya memiliki produk samping berupa air. Hidrogen peroksida akan menjadi oksidator yang ideal saat konsentrasinya kurang dari 60%, dan saat ini sedang dikembangkan proses produksi asam adipat yang “green” menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%. Proses produksi Asam Adipat menggunakan metode ini akan mereaksikan sikloheksena dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30 % dan melibatkan katalis Asam Tungstat (H<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>) dan Asam Fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). Pemilihan katalis H<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> adalah karena katalis ini ramah lingkungan dan dapat menghambat proses dekomposisi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> serta memiliki harga yang paling murah dibandingkan katalis yang lain.

(ISSN: 1662-8985, Vol. 550-553), diakses 20 Juli 2017

Perbandingan proses dari ketiga proses produksi dapat dilihat pada Tabel 1.4 sebagai berikut:



Tabel 1.4 Perbandingan Proses Pembuatan Asam Adipat

Parameter	Proses Oksidasi Sikloheksana menggunakan katalis Cobalt	Proses Oksidasi sikloheksanon dengan Asam Nitrat	Proses Oksidasi Sikloheksena dengan Hidrogen Peroksida (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )
Konversi (%)	4 - 6	75 - 80	80
Tekanan (atm)	8 - 10	3,5 - 5	1
Suhu (°C)	150 -160	80 - 90	75 - 90
Katalis	Cobalt Acetat	Amonium Metavanadat	Asam Tungstat, Asam Fosfat
Harga Katalis (per gram)	\$40,68 Sumber : sigmaaldrich	\$21,32 Sumber : sigmaaldrich	Asam Tungstat = \$0,74 dan Asam Fosfat = \$0,44 Sumber : sigmaaldrich

Dari ketiga proses yang telah diuraikan di atas, berdasarkan Tabel 1.4, maka dipilih proses Oksidasi Sikloheksena dengan Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Alasan memilih proses tersebut adalah:

1. Proses tersebut memiliki konversi yang paling tinggi dibandingkan proses yang lainnya;
2. Tekanan yang digunakan rendah, yaitu pada tekanan 1 atm;
3. Suhu yang relatif rendah, berkisar antara 75 – 90 °C
4. Memiliki harga katalis yang paling murah;
5. Prosesnya ramah lingkungan karena tidak menghasilkan gas buang yang berbahaya.

