

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Saat ini, Indonesia masih dilanda krisis yang berkepanjangan di seluruh aspek kehidupan. Salah satunya aspek ekonomi, sebagai aspek utama juga mengalami keterpurukan. Padahal, Indonesia dikenal akan sumber daya alam yang melimpah. Sehingga, untuk melepaskan diri dari keterpurukan, Indonesia harus melakukan pembangunan dan pemanfaatan sumber daya alam dan sumber daya manusia yang dimilikinya, supaya mampu bersaing dengan negara lain di era perdagangan bebas ini.

Salah satu wujud pembangunan itu adalah di sektor industri kimia berupa pembangunan pabrik *carbon disulphide* (karbon disulfida) yang memanfaatkan sumber daya alam di Indonesia berupa kayu dan sulfur. Penggunaan komersial karbon disulfida telah ada sejak 1929 sampai 1970, antara lain sebagai bahan baku industri pembuatan serat rayon, karet, selofan (*cellophane*), *carbon tetrachloride*, alat bantu pengapungan (*flotation aids*), fungisida, dan pestisida (*Kirk and Othmer, 1993*).

Mengingat kegunaannya yang cukup banyak, maka penyediaan karbon disulfida memiliki prospek yang cerah di Indonesia. Dipandang dari segi ekonomi pendirian pabrik karbon disulfida dapat menambah devisa negara, sedangkan dipandang dari segi sosial akan memberikan lapangan pekerjaan

bagi penduduk Indonesia serta meningkatkan taraf pendapatan pemerintah daerah setempat. Selain itu, diharapkan dapat mengurangi ketergantungan impor bahan kimia dari negara lain.

1.1.2 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor yang penting untuk kelangsungan hidup pabrik. Untuk menjamin berlangsungnya produksi di pabrik, bahan baku harus mendapat perhatian yang serius dengan tersedianya secara periodik dalam jumlah yang cukup.

Bahan baku yang digunakan adalah *charcoal*, yang disuplai dari CV. Promosia Dagang Asia. Sedangkan sulfur tersedia cukup melimpah di wilayah pegunungan yang ada Indonesia, salah satunya adalah dari Gunung Welirang yang berada di Blitar, Provinsi Jawa Timur.

1.1.3 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas pabrik Karbon Disulfida ini sangatlah penting untuk memenuhi kebutuhan dan persaingan pasar global. Saat ini pabrik karbon disulfida yang telah beroperasi ditunjukkan pada Tabel 1.1 berikut :

Tabel 1.1 Data Produksi Pabrik Karbon Disulfida yang telah beroperasi

Produser	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
<i>Akzo Chemical</i>	LeMoyne, Ala.	113.000
<i>PPG Industries</i>	Natrium, W. Va.	27.000
<i>Atochem North America</i>	Green Bayou, Tex	18.000
<i>Cornwall Chem. (Akzo)</i>	Cornwall, Ontario	23.000
<i>Thio-Pet CHemicals</i>	Fort Saskatchewan, Alberta	4.000

Sumber : (Kirk-Othmer Vol.5 edisi 4, 2004)

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik, kebutuhan Karbon Disulfida di Indonesia diperkirakan akan meningkat. Hal ini dapat diamati dari data *import* Karbon Disulfida di Indonesia berikut.

Tabel 1.2 Data *Import* Karbon Disulfida di Indonesia

Tahun	Kebutuhan (Ton)
2013	11.232,980
2014	9.393,562
2015	6.496,778
2016	11.229,865
2017	9.587,183
2018	19.256,596

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2019)

Dari tabel kebutuhan karbon disulfida diatas, untuk memperkirakan jumlah impor karbon disulfida pada 5 tahun mendatang yaitu tahun 2025 dapat dihitung dengan persamaan regresi linier metode kuadrat terkecil, sehingga diperoleh suatu persamaan, $y = ax + b$.

Dimana $a = 1298,1$; dan $b = 2605037,843$

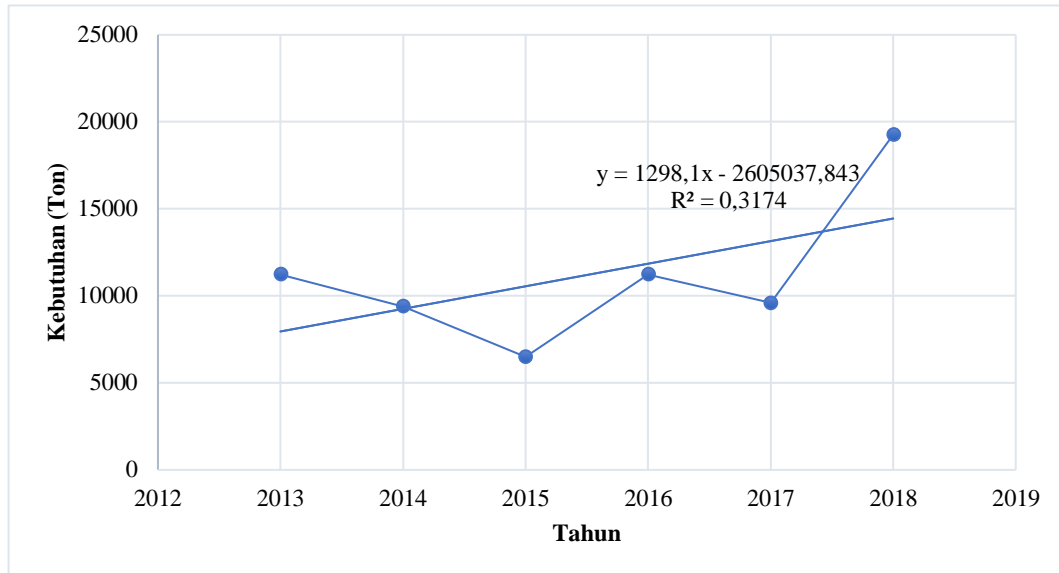
y = jumlah kebutuhan (ton/tahun)

x = tahun ; sehingga :

$$y = 1298,1 x - 2605037,843$$

$$y = 1298,1 (2025) - 2605037,843$$

$$y = 23614,6570 \text{ ton/tahun}$$



Gambar 1.1 Data Impor Karbon Disulfida Tahun 2013 Hingga 2018

Dari data dan perhitungan diatas, pendirian pabrik karbon disulfida dari arang kayu (*charcoal*) dan sulfur ini direncanakan didirikan untuk memenuhi kebutuhan karbon disulfida pada tahun 2025, yaitu sebesar 25.000 ton/tahun.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Arang Kayu (*Charcoal*)

Arang adalah sisa-sisa abu berwarna hitam berisi karbon tidak murni yang dihasilkan dengan menghilangkan kandungan air dan komponen volatil dari hewan atau tumbuhan. Arang biasanya didapatkan dari beberapa bahan yang mengandung karbon, seperti : kayu, gula, tulang dan benda lainnya dengan pemanasan pada suhu tinggi. Arang yang hitam ringan, mudah hancur atau rapuh dan berpori menyerupai batu bara ini terdiri dari 85-98% karbon, sisanya adalah abu atau benda kimia lainnya. Ketika pemanasan sedang

berlangsung, maka diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Selain itu arang juga dapat digunakan sebagai bahan bakar, hasil pembakarannya lebih bersih daripada kayu biasa dan dapat juga sebagai adsorben (penyerap). Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat fisika dan sifat kimia. Arang ini disebut sebagai arang aktif. Luas permukaan arang yaitu berkisar antara 300-3500 m²/gram dan berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang mempunyai sifat sebagai adsorben. Arang dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsi selektif, tergantung pada besar volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang sangat besar terhadap beratnya, yaitu 25-100%.

Arang dibagi menjadi 2 tipe, yaitu arang sebagai pemucat dan sebagai penyerap uap. Arang sebagai pemucat, biasanya berbentuk powder yang sangat halus, diameter pori mencapai 1000A digunakan dalam fase cair, berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan, membebaskan pelarut dari zat-zat pengganggu dan kegunaan lain yaitu pada industri kimia dan industri baru. Diperoleh dari serbuk-serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan mempunyai struktur yang lemah. Arang sebagai penyerap uap biasanya berbentuk granular atau pellet yang sangat keras, dengan diameter pori berkisar antara 10-200A. Tipe pori lebih halus, digunakan dalam fase gas, berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut

katalis, pemisahan dan pemurnian gas. Arang kayu dibuat dengan mengarangkan kayu dalam tumpukkan yang ditutupi lempengan kering, di dalam oven yang tertutup atau juga labu destilasi. Adapun kandungan arang kayu adalah sebagai berikut :

- Karbon 93%
- Hidrogen 2,5%
- Abu 3%

1.2.2 Sulfur (Belerang)

Sulfur atau belerang adalah unsur kimia dalam tabel periodik dengan simbol S dan nomor atom 16. Bentuknya non-metal yang tak berasa, tak berbau dan multivalent. Bentuk asli sulfur adalah zat padat kristalin kuning. Sulfur dapat ditemukan di alam sebagai unsur murni atau sebagai mineral-mineral sulfide maupun sulfate. Sulfur adalah unsur penting untuk kehidupan dan ditemukan dalam dua asam amino. Penggunaan komersil sulfur terutama dalam fertilizer, namun juga dalam bubuk mesiu, korek api, insektisida dan fungisida.

Sulfur merupakan bahan kimia mineral paling penting dan paling banyak disebarluaskan. Di alam, terdapat dalam keadaan bebas (diperoleh dari gunung berapi dan ada pula yang tertimbun dalam tanah) dan dalam bentuk senyawa. Sedangkan dalam bentuk senyawa tersebar luas di bumi sebagai sulfit dan sulfat. Sulfur bentuk gas dapat ditemui pada proses peleburan bijih logam dan industri kimia.

Kegunaan sulfur sangat luas, misalnya pada industri pupuk, pengilangan minyak, bahan kimia, rayon, film, cat dan pigmen, produk batu bara, besi dan baja, peleburan logam yang lain, bahan peledak, tekstil dan lain-lain. Produksi sulfur di dunia sekitar 4 juta ton per tahun, dimana Amerika sebagai produsen terbesar yaitu sebanyak 92% dan sisanya berasal dari Itali, Jepang, Chili, Perancis, Spanyol, Meksiko, dan Belanda. (Battey, 1981: Bateman, 1950).

1.2.3 Karbon Disulfida

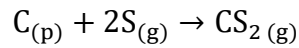
Karbon disulfida (*carbon bisulfide, dithiocarbonic anhydride*), CS_2 merupakan cairan tidak berwarna namun bila terkena matahari berubah menjadi kekuning-kuningan, tidak berbau, mudah menyala dan volatil, larut dalam benzene, alkohol, dan eter, sangat sedikit terlarut dalam air sekitar 0,014%. Karbon disulfida adalah bahan kimia industri yang penting. Karbon disulfida pertama kali di temukan oleh W.A Lampudius pada tahun 1796, dengan mereaksikan batu bara dan *pirit* pada suhu tinggi.

Pada tahun 1802, Clement dan Desames menemukan proses pembuatan karbon disulfida dengan mereaksikan belerang dan arang kayu. Penggunaan komersial karbon disulfida tumbuh pesat sekitar tahun 1929 hingga 1970, dimana aplikasi utamanya yaitu pembuatan serat rayon, *cellophane*, *carbon tetrachloride*, alat bantu pengapungan, akselerator vulkanisasi karet, fungisida, dan pestisida.

Proses pembuatan karbon disulfida ada bermacam-macam, yaitu :

- *Charcoal-Sulfur Process*

Uap Sulfur bereaksi dengan *Charcoal* pada temperature 750 - 900°C untuk membentuk Karbon Disulfida (CS₂), reaksinya :



Kesetimbangan bergeser ke arah Sulfur (S₂) pada suhu lebih tinggi dan tekanan lebih rendah. Reaksi keseluruhan adalah endotermis dan secara teoritis panas yang dibutuhkan adalah 1950 KJ/Kg (466 kcal/kg) CS₂ ketika reaktan masuk pada suhu 25°C dan produk keluar pada suhu 750°C persamaan tersebut sedikit eksotermis ketika reaktan berada pada suhu konstan 750°C.

Proses *Charcoal-Sulfur* ini membutuhkan arang kayu keras dengan kandungan abu yang rendah. Sehingga, pada pabrik pembuatan Karbon Disulfida, arang di kalsinasi terlebih dahulu sebelum digunakan, untuk mengeluarkan kandungan air (H₂O), sisa senyawa hydrogen residual dan juga oksigen. Langkah prekalsinasi ini untuk meminimalkan pembentukan *hydrogen sulfide* (H₂S) dan *carbonyl sulfide* (COS) yang tidak diinginkan. Meskipun *wood charcoal* lebih disukai, sumber karbon lain dapat digunakan termasuk batubara, lignit, dan kokas. Spesifikasi Sulfur juga penting, kadar abu yang rendah diperlukan untuk meminimalkan terjadinya *fouling factor* pada alat proses (Kirk-Othmer, Vol. 5, 1993).

- *Retort Process*

Retort (tabung) untuk memproduksi CS₂ biasanya bentuk tangki oval atau silinder sekitar 1 m dan diameter 3 m, terbuat dari baja paduan krom atau besi. Biasanya satu hingga empat *retort* dipasang pada *single furnace*,

dengan bahan bakar batu bara, gas, atau minyak. *Charcoal* yang telah di prekalsinasi, diumpankan bertahap ke bagian atas retort melalui kran khusus yang terletak di furnace. Sulfur ditambahkan terus menerus di bagian bawah *retort*. Sulfur diuapkan dan dipanaskan terlebih dahulu sampai suhu sekitar 700°C pada *pipe-coil heat exchanger* yang terletak di dalam *furnace*. Karbon disulfida terbentuk ketika uap sulfur naik melalui *charcoal* panas pada 850 - 900°C. Karbon disulfida, sulfur berlebih, dan uap lainnya keluar dari bagian atas *retort*. Abu yang tidak reaktif bergabung dengan debu (abu) *charcoal* dan disaring di bagian bawah *retort* dimana residu tersebut akan dihilangkan secara berkala. Penggunaan bahan baku dan energi per kg karbon disulfida yaitu sekitar 0,92 – 0,95 kg sulfur, 0,22 – 0,25 kg *charcoal*, dan 8,4 – 10,0 MJ (2000 – 2400 kcal) bahan bakar (Kirk-Othmer, Vol. 5, 1993).

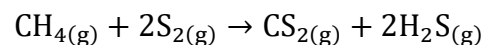
- *Electric Furnace Process*

Pada proses ini, *charcoal* dan sulfur terus bereaksi dalam *electric furnace*. Salah satu *furnace* yang digunakan adalah tangki refraktori silinder, diameter 5 m dan tinggi 10 m. *Charcoal* (arang kayu) yang berbentuk bongkahan kemudian diumpankan ke bagian atas, sedangkan arus listrik disuplai ke dua atau empat elektroda di dasar *furnace* yang akan menghasilkan panas melalui *bed charcoal* di antara elektroda. Elektroda dapat diumpankan secara radial atau aksial di *furnace* silinder. Sulfur cair masuk ke *furnace* di beberapa lokasi di dinding dekat dasar, dimana sulfur akan cepat menguap dan dipanaskan sampai suhu 800 - 1000°C. Karbon

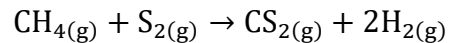
disulfida akan terbentuk di bagian bawah furnace. Uap akan naik dan panas dari uap tersebut akan di transfer ke *charcoal* yang masuk di bagian atas. Pemurnian produk dengan metode serupa yang digunakan dalam proses *retort*, kecuali debu (abu) yang masuk biasanya dibuang dari uap sebelum tahap kondensasi sulfur. Karena panas terbentuk secara internal melalui sebuah dinding yang tebal. Tangki *electric furnace* dapat tahan bertahun-tahun, dan sebagian besar tergantung pada integritas lapisan. Penggunaan bahan baku sulfur dan *charcoal* mirip dengan proses *retort* ini. Daya listrik yang dikonsumsi yaitu sebesar 4,0 – 4,8 MJ (1,1 – 1,3 k/W.h) per kg CS₂, sekitar setengah energi eksternal yang diperlukan untuk proses *retort* ini. *Electric furnace* pertama kali digunakan untuk karbon disulfida tahun 1900, tetapi tidak mendapatkan penerimaan luas sampai tahun 1940-an. (Kirk-Othmer, Vol. 5, 1993).

- *Hydrocarbon-Sulfur Process*

Hidrokarbon komersial utama adalah metana dari gas alam, meskipun etana, dan olefin seperti propilena, juga telah digunakan. Metana bereaksi dengan sulfur tanpa menghasilkan reaksi samping :



Pada suhu 400 - 700°C, kesetimbangan melebihi 99,9%. Sekitar 5 - 10% sulfur berlebih biasanya dipertahankan dalam campuran reaksi untuk meningkatkan konversi metana yang tinggi dan untuk meminimalkan terbentuknya produk samping. Karbon disulfida juga dibentuk oleh reaksi berikut ini yaitu 80% kesetimbangan pada suhu 700°C.



Penelitian ekstensif telah dilakukan dengan menggunakan katalis yang dapat mempercepat reaksi metana - sulfur menjadi CS₂. Katalis yang digunakan yaitu *silica gel*, *alumina*, *magnesia*, *charcoal*, berbagai senyawa logam, garam logam, oksida, atau sulfida. Dengan katalis *silica gel*, untuk suhu 500 - 700°C dan tekanan 250 – 500 kPa (2,5 – 5 atm) pada *adiabatic catalytic reactor* menghasilkan konversi 90%. Karena proses katalitik, sehingga kecepatan reaksi dan konversinya tinggi yaitu sekitar 90%, dan proses ini dapat digunakan untuk kapasitas besar. Metana dan sulfur padat pada 25°C, dan menjadi produk gas CS₂ pada 600°C, reaksinya adalah endotermis dan membutuhkan 2,95 MJ / kg (705 kkal / kg) CS₂. Reaksi metana dan uap sulfur dalam bentuk diatomik sebenarnya eksotermis. Superheating sulfur biasanya digunakan, dan beberapa rangkaian untuk mengurangi suhu proses (Kirk-Othmer, Vol. 5, 1993).

Perbandingan proses pembuatan Karbon Disulfida disajikan pada Tabel 1.3 berikut.

Tabel 1.3 Perbandingan pada Proses Pembuatan Karbon Disulfida

Proses	Kelebihan	Kelemahan
<i>Charcoal-Sulfur Process</i>	Pembentukan produk samping yang tidak diinginkan berupa <i>Hydrogen Sulfide</i> (H_2S) sedikit bahkan tidak ada, dan pembentukan <i>Carbonyl Sulfide</i> (COS) yang menyebabkan korosi dapat dihindari.	Suhu operasi tinggi, antara $750 - 900^{\circ}C$
<i>Retort Process</i>	Tidak adanya produk samping karena produk samping di <i>recovery</i> untuk diubah menjadi sulfur	Suhu operasi tinggi, antara $850 - 900^{\circ}C$. Bahan baku <i>charcoal</i> banyak mengandung abu yang dapat menyebabkan korosi.
<i>Electric Furnace Process</i>	Dapat digunakan untuk kapasitas besar, karena dimensi <i>Furnace</i> besar	Energi listrik yang dikonsumsi besar, yaitu $1,1 - 1,3$ k/W.h per kg CS_2
<i>Hydrocarbon-Sulfur Process</i>	Suhu operasi rendah, antara $500 - 700^{\circ}C$. Konversi tinggi sebesar 90% dengan katalis <i>silica gel</i> .	Terbentuknya 1 mol H_2S sebagai hasil samping untuk setiap 2 atom <i>hydrogen</i> dalam hidrokarbon

Berdasarkan beberapa proses pembuatan karbon disulfida diatas, maka dipilih *Charcoal-Sulfur Process* karena memiliki beberapa kelebihan diantaranya :

1. Bahan baku *charcoal* (arang kayu) dan sulfur mudah di dapat dan tidak terlalu mahal
2. Reaksi berjalan pada tekanan rendah (atmosferik)
3. Pembentukan produk samping berupa *hydrogen sulphide* (H_2S) sedikit bahkan tidak ada sama sekali, serta pembentukan *carbonyl sulphide* yang menyebabkan korosi dapat dihindari.

1.2.4 *Furnace Type Box*

Prinsip Kerja Furnace :

Proses perpindahan panas yang terjadi pada furnace lebih banyak menggunakan radiasi, kemudian konveksi dan terjadi perpindahan panas konduksi pada tube menuju fluida yang mengalir di dalam tube. Fluida tersebut dialirkan melalui tube yang tersusun vertikal di dinding samping, atau atas dari ruang pembakaran. Fluida yang dipanaskan umumnya dialirkan terlebih dahulu melalui *convection section* yang terletak di ruang pembakaran dan cerobong, agar memanfaatkan panas yang terdapat di dalam gas hasil pembakaran. Selanjutnya dialirkan ke dalam *radiant section*.

Besarnya beban panas yang harus diberikan oleh *furnace* kepada fluida yang dipanaskan tergantung dari jumlah umpan/fluida yang mengalir dan perbedaan temperatur masuk dan keluar umpan yang ingin

dicapai. Semakin besar perbedaan temperatur dan semakin banyak jumlah umpan, maka beban *furnace* akan semakin tinggi.

Suatu *furnace* dapat bekerja secara optimal dan baik apabila :

1. Terjadinya reaksi pembakaran secara sempurna.
2. Panas dari hasil pembakaran dalam *furnace* merata.
3. Permukaan *tube* bagian luar dan dalam harus bersih dan tidak terdapat *coke* pada bagian dalam tube.
4. Minimalnya kebocoran atau kehilangan panas.
5. Pemanasan stabil dan baik dalam interval waktu yang ditentukan (*burner* harus dibersihkan secara rutin agar tidak terjadi penyumbatan).