

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Sebagai negara berkembang, Indonesia menjadi salah satu negara yang memiliki tingkat pertumbuhan industri yang sangat pesat. Hal tersebut dibuktikan dengan semakin banyak bermunculan produk yang dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri ataupun produk untuk luar negeri (ekspor). Sektor industri terkhususnya industri kimia adalah salah satu yang menjadikan negara Indonesia semakin berkembang. Karbon disulfida menjadi salah satu yang banyak dibutuhkan dalam industri.

Karbon disulfida adalah salah satu zat kimia yang tidak memiliki warna, namun ketika terkena cahaya matahari akan berwarna kekuning-kuningan. Karbon disulfida dibutuhkan di berbagai industri dengan jumlah yang sangat banyak, contoh industri yang sangat membutuhkan karbon disulfida yaitu industri rayon, industri karet, sebagai pelarut, sebagai bahan baku pembuatan fungisida, *flotation agent* untuk karet, serta bahan insektisida (Othmer, 1998).

Proyeksi kebutuhan karbon disulfida di Indonesia semakin meningkat seiring dengan peningkatan pertumbuhan industri yang menggunakan karbon disulfida sebagai bahan baku dalam proses produksinya. Oleh karena itu, pendirian pabrik karbon disulfida ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan karbon disulfida di Indonesia dan dapat memacu tumbuh dan berkembangnya industri lain yang menggunakan karbon disulfida baik secara langsung maupun tidak langsung. Diharapkan juga dapat mengurangi impor karbon disulfida dari negara-negara importir.

I.2. Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas pabrik yang akan didirikan memerlukan pertimbangan terkait dengan kebutuhan dan ketersediaan bahan baku proses. Pertimbangan dalam menentukan kapasitas pabrik karbon disulfida di Indonesia yaitu perkiraan kebutuhan karbon disulfida setiap tahunnya dan kapasitas rancang minimum.

I.2.1 Data Ekspor Impor

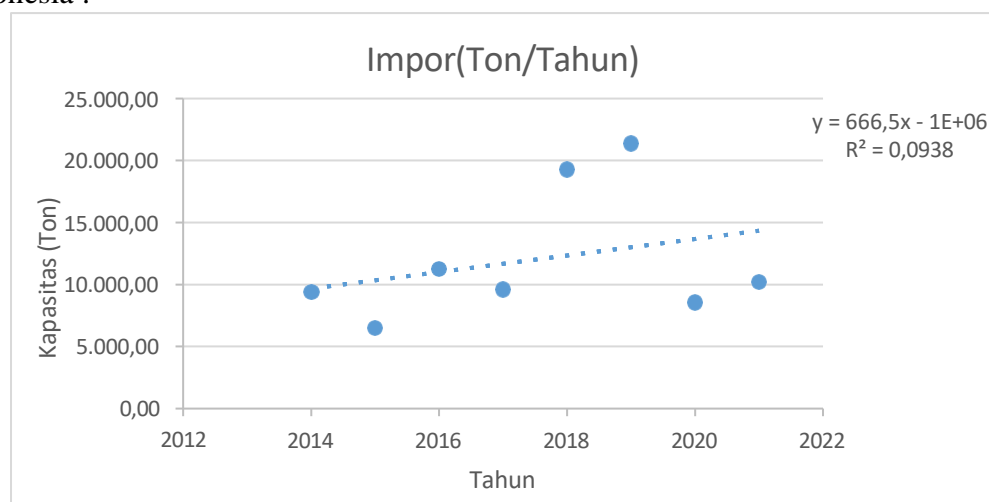
Berikut ini adalah data impor karbon disulfida di Indonesia dalam 8 tahun terakhir:

Tabel I. 1 Impor Karbon disulfida di Indonesia

No	Tahun	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	2014	9.393,562
2.	2015	6.496,778
3.	2016	11.229,865
4.	2017	9.587,183
5.	2018	19.256,596
6.	2019	21.361,599
7.	2020	8.536,746
8.	2021	10.210,915

Berdasarkan data impor karbon disulfida yang tertera pada Tabel I.1 dapat diketahui bahwa jumlah impor karbon disulfida mengalami fluktuatif yang dimana jumlah impornya mengalami cenderung mengalami peningkatan.

Jika pabrik karbon disulfida dirancang akan dibangun pada tahun 2028. Maka dapat diperkirakan kebutuhan karbon disulfida menggunakan metode regresi linear pada tahun 2028. Berikut ini adalah grafik perkiraan impor karbon disulfida di Indonesia :



Gambar I. 1 Grafik Impor Kebutuhan Karbon Disulfida di Indonesia

Rumus pertumbuhan rata-rata :

$$F = F_0 (1+i)^n$$

Dimana :

- F : Perkiraan kebutuhan karbon disulfida pada tahun 2028
 Fo : Kebutuhan karbon disulfida pada tahun terakhir (2021)
 i : Perkembangan rata-rata
 n : Selisih waktu

Apabila akan dibangun pabrik karbon disulfida pada tahun 2028, maka digunakan rumus pertumbuhan rata-rata :

$$F = F_o (1+i)^n$$

$$F = 10.210,915 (1 + 0,1411)^{(2028-2021)}$$

$$F = 10.210,915 (1 + 0,1411)^7$$

$$F = 25.719 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan persamaan yang diperoleh, dapat diperkirakan bahwa pada tahun 2028 Indonesia akan mengimpor karbon disulfida sebesar 25.719 ton/tahun.

Melihat besarnya kebutuhan karbon disulfida di Indonesia maka pendirian pabrik ini diharapkan dapat menjadi sumber penyedia kebutuhan karbon disulfida di Indonesia serta sebagian kecilnya dapat di ekspor. Dengan meninjau data impor serta memperhatikan dimensi dan efisiensi dari alat-alat pabrik, maka akan dirancang sebuah pabrik karbon disulfida dengan kapasitas 60.000 ton/tahun.

I.2.2 Kapasitas Pabrik yang Sudah Berdiri

Berikut ini merupakan daftar pabrik karbon disulfida beserta yang telah berdiri :

Tabel I. 2 Pabrik Karbon Disulfida di dunia

No.	Pabrik	Lokasi	Kapasitas
1.	Shanghai Baijin Chemical Group Co., Ltd.	China	500.000 ton /tahun
2.	Indo Baijin Chemicals Pvt. Ltd.	India	60.000 ton/tahun
3.	Shandong Jindian Chemical Co., Ltd.	China	140.00 ton/tahun
4.	Anhui Xuancheng Jinhong Chemical Co.,	China	80.000 ton/tahun
5.	Manas Jinyuanli Chemical Co., Ltd	China	50.000 ton/tahun

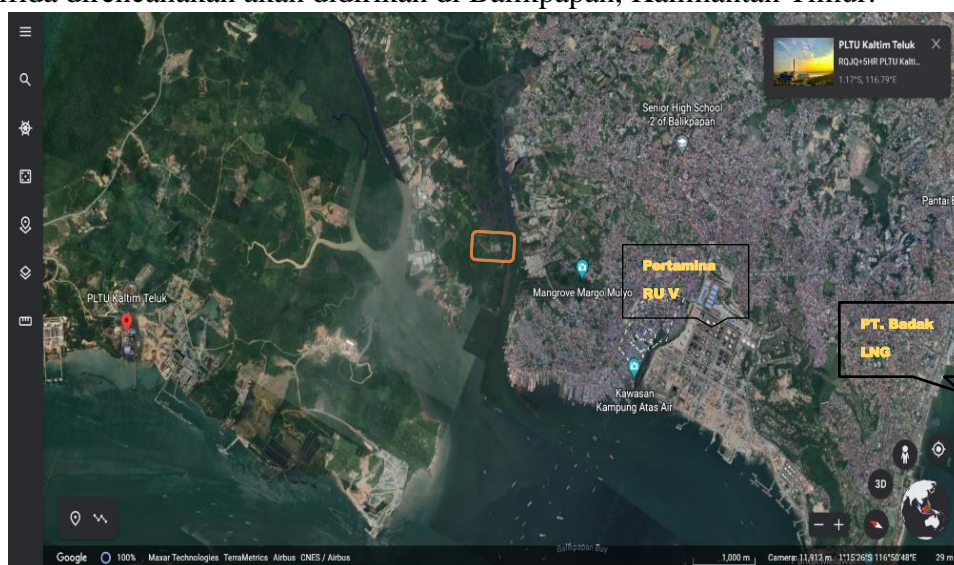
Berdasarkan tabel I.2 dapat diketahui bahwa belum ada pabrik karbon disulfida yang berdiri di Indonesia, sehingga Indonesia harus selalu mengimpor karbon disulfida dari luar negeri. Oleh sebab itu dengan dibangunnya pabrik karbon disulfida yang berkapasitas 60.000 ton/tahun diharapkan dapat memenuhi kebutuhan karbon disulfida pada tahun 2028 di Indonesia dan sisa hasil produksinya dapat diekspor ke negara-negara ASEAN. Berikut ini jumlah kebutuhan karbon disulfida di beberapa negara ASEAN:

Tabel I. 3 Negara-negara ASEAN yang mengimpor karbon disulfida

No.	Tahun	Jumlah Impor Karbon Disulfida di Negara-Negara Asean (ton/tahun)				
		Filipina	Malaysia	Singapura	Thailand	Vietnam
1.	2018	-	224.722	1,247	1,149	-
2.	2017	108	459.054	981	776	10,248
3.	2016	73	100.210	1,007	301,758	5,748

I.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan suatu lokasi harus dilakukan dengan tepat dan baik dengan mempertimbangkan faktor perencanaan dimasa mendatang dan kemudahan pengoperasian yang menyangkut faktor produksi dan distribusi. Pabrik karbon disulfida direncanakan akan didirikan di Balikpapan, Kalimantan Timur.



Gambar I. 2 Rencana lokasi pembangunan pabrik karbon disulfida

Ada beberapa faktor pertimbangan untuk memudahkan pengoperasian, pemeriksaan dan pemeliharaan pada pabrik. Beberapa faktor pertimbangan sebagai berikut:

1. Sumber bahan baku

Faktor yang paling penting dalam pertimbangan pembangunan sebuah pabrik adalah sumber bahan bakunya, dimana hal tersebut dapat mengurangi biaya masuknya barang dari pelabuhan. Lokasi pabrik ini berdekatan dengan PT. Badak LNG dengan kapasitas 22,5 juta ton/tahun dan PT. Candi Ngrimbi yang memproduksi bahan baku sulfur dengan kapasitas 5000 ton/tahun.

2. Utilitas

Unit penyediaan air mudah diperoleh dan murah dikarenakan lokasi pabrik yang berada di kawasan sungai wain dengan debit 113.60 m³/detik maka kebutuhan air untuk proses produksi dapat terpenuhi. Lokasi dari pabrik ini berdekatan dengan PLTU Teluk Kalimantan Timur dan PT. Pertamina RU V Balikpapan, sehingga penyediaan bahan bakar serta listrik dapat di peroleh dengan mudah.

3. Keadaan iklim

Balikpapan memiliki kondisi iklim yang cukup stabil, dimana daerah ini memiliki suhu yang bervariasi dari 24°C hingga 31°C dan jarang di bawah 23°C atau di atas 32°C. Letak lokasi yang dipilih juga jarang terjadi bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor maupun banjir besar sehingga operasi pabrik dapat berjalan lancar.

4. Transportasi

Jalur laut dan darat dapat digunakan untuk keperluan transportasi dalam pemasaran dan pengangkutan produk. Pelabuhan dapat digunakan sebagai tempat berlabuhnya kapal yang membawa produk dan bahan baku. Dengan sarana transportasi yang baik dapat melancarkan proses pemasaran dan produksi secara domestik dan internasional.

5. Pemasaran Produk

Balikpapan sangat cocok dijadikan sebagai pasar karbon disulfida karena tergolong kedalam daerah industri kimia yang terus berkembang. Dengan adanya

Pelabuhan semayang dapat mempermudah memasarkan produk ke luar pulau melalui jalur laut, seperti ke PT. Pabrik Tekstil Kasrie yang terletak di Yogyakarta, PT. Klip Plastik Indonesia yang terletak di Banten, dan pabrik industri lain yang menggunakan karbon disulfida sebagai bahan baku produksi.

6. Tenaga Kerja

Diperlukan tenaga kerja yang memiliki keterampilan dan terdidik maupun tenaga kasar pada pabrik ini. Tenaga kerja yang dimaksud bisa didapat dari sekitar lokasi pabrik dan luar daerah.

7. Faktor lain

Seperti kutipan Permenperin No.30 tahun 2020 tentang kriteria Teknis Kawasan Industri, pemerintah telah menetapkan Balikpapan sebagai kawasan industri dengan melihat luas wilayah dan aksesibilitas yang mempermudah suatu industri. Hal ini juga dipengaruhi oleh faktor ketersediaan energi listrik, iklim, air, bahan bakar telah dilakukan pertimbangan sebelum penetapan kawasan tersebut.

Selain dari itu kebijakan lain yang mendukung adalah dengan adanya SK Gubernur Nomor 530.05/K.448/2010 tentang Pembentukan Tim Persiapan Pengelola KIK (Kawasan Industri Karingau di Balikpapan) yang dimana kawasan ini didukung dengan adanya pembangunan yang terintegrasi, diantaranya jalan akses kilometer 13, adanya terminal peti kemas, pelabuhan internasional, jembatan pulau balang, jalan bebas hambatan, dan juga bandara Sepinggian Balikpapan.

I.4. Tinjauan Pustaka

Karbon disulfida merupakan bahan kimia yang banyak digunakan dalam proses industri. Karbon disulfida adalah senyawa yang tidak berwarna dan beraroma seperti kloroform. W. A Lampadius adalah orang pertama yang menemukan karbon disulfida pada tahun 1796, percobaannya dilakukan dengan cara meraksikan batu bara dan pirit pada suhu tinggi (Ullman, 1999).

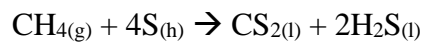
Perubahan reaksi kimia yang terjadi pada karbon disulfida saat peningkatan tekanan dan suhu yang telah dilakukan secara statis (Gustavsen, 1991). Karbon

disulfida menjadi bahan utama dalam industri pembuatan film plastik, rayon, dan tabung vakum elektronik. Sebagian besar karbon disulfida memiliki manfaat sebagai fumigas untuk gas kedap udara pada alat penyimpanan tempat sampah, biji-bijian dan lainnya. Adapun kegunaan Karbon Disulfida utama dalam dunia industri adalah produksi serat viscose (rayon) 65% dan film selofan (10-15%).

Adapun efek yang ditimbulkan oleh karbon disulfida pada udara. Saat karbon disulfida yang bercampur dengan air akan menguap dengan laju biodegradasinya dalam air diabaikan dengan laju uapnya (Abdollahi, 2014).

I.4.1 Dasar Reaksi

Dasar reaksi pembentukkan karbon disulfida :

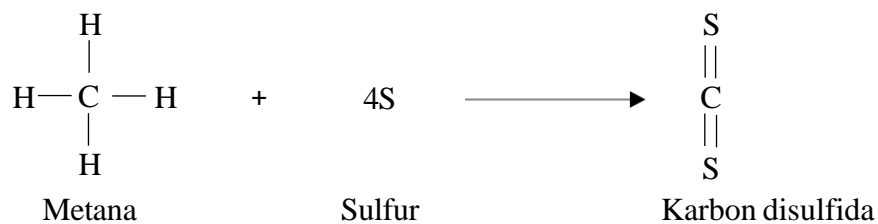


Proses pembentukkan karbon disulfida dari metana dan belarang dalam skala industri berlangsung pada suhu 600°C dan tekanan 1 atm. Persamaan kecepatan reaksi merupakan kecepatan orde 2 (Smith & Forney, 1951).

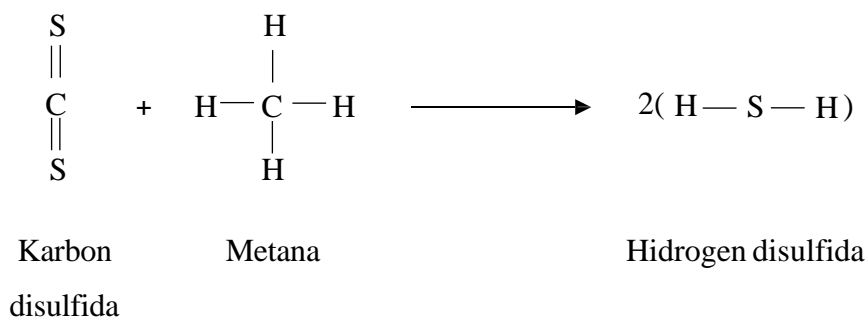
I.4.2 Mekanisme Reaksi

Reaksi pembuatan karbon disulfida terjadi berdasarkan mekanisme berikut :

Reaksi Utama:



Reaksi Samping :



Metana yang berbentuk gas merupakan molekul tetrahedral bereaksi dengan tetrasulfur yang langsung berikatan melepaskan ion H⁺ yang sebelumnya berikatan dengan atom karbon pada metana, kemudian menghasilkan karbon disulfida dan gas hidrogen sulfida. Dua gugus sulfhidril pada karbon disulfida bereaksi membentuk ikatan rangkap dua antara atom sulfur dan karbon.

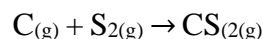
Reaksi terjadi dalam kondisi isothermal. Untuk mendorong konversi diatas 90% dibutuhkan 5-10% belerang berlebih pada campuran reaksi.

I.4.3 Pemilihan Proses

Proses pembuatan karbon disulfida terbagi menjadi 5 proses, yaitu :

1. *Charcoal – Sulfur Process*

Reaksi antara sulfur yang berfase gas dan charcoal membentuk karbon disulfida. Reaksi ini terjadi pada temperatur 750 – 900 °C . Hasil reaksi ini memiliki tingkat kemurnian yang tinggi yaitu 90%. Berikut ini adalah reaksi yang terjadi :



Reaksi berlangsung secara endotermis dan secara teoritis membutuhkan panas sebesar 1950 kJ/kg (466kcal/kg), menghasilkan 70% rendeman CS₂. Proses ini menggunakan arang kayu yang keras dengan kadar abu yang rendah. Pada proses industri, arang yang akan digunakan akan dikalsinasi terlebih dahulu untuk mengeluarkan air dan sisa senyawa hidrogen yang terkandung di dalamnya. Selain arang kayu, sumber karbon lain yang dapat digunakan pada proses ini adalah batu bara, arang lignit, dan kokas. Selain memperhatikan spesifikasi dari arang kayu, spesifikasi lain yang harus diperhatikan adalah spesifikasi dari belerang yang digunakan karena proses ini memerlukan belerang yang menghasilkan kadar abu yang rendah agar dapat meminimalisir proses pengotoran alat(Othmer, 1998).

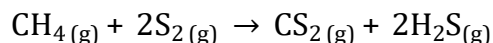
2. *Electreic furnace Process*

Proses ini akan mereaksikan arang dan belerang dalam tanur listrik. Reaksi ini akan berjalan secara terus – menerus. Salah satu jenis furnace yang digunakan adalah silinder, merupakan bejana berlapis dan tahan air. Bejana ini memiliki diameter kurang lebih 5 meter dengan tinggi 10 meter. Pada proses ini arang akan diumpankan dari atas mealui bagian katup pengunci gas. Arus listrik akan disuplay

pada elektroda yang terletak di dasar furnace dan akan menghasilkan panas saat melewati arang yang berada diantara elektroda yang berlawanan. Elektroda yang berada pada bagian bawah furnace diletakkan secara radial atau aksial. Sulfur cair memasuki furnace melalui berbagai titik di dinding dekat bagian bawah furnace di mana belerang dengan cepat diuapkan dan dipanaskan hingga 800-1000°C memberikan tingkat konversi 90%. Karbon disulfida terbentuk di bawah tungku menghasilkan 84% rendeman CS₂ dengan kemurnian 90%. Uap bergerak ke atas dan panas uap dipindahkan ke arang di bagian atas. Electric furnace pertama kali digunakan pada tahun 1900 tetapi tidak diterima lagi secara luas pada tahun 1940 (Othmer, 1998) [Click or tap here to enter text.](#)

3. *Hydrocarbon – Sulfur Process*

Proses ini dilakukan dengan cara mereaksikan hidrokarbon komersial (metana, etana, dan olefin) dengan belerang. Umumnya hidrokarbon yang digunakan adalah metana. Berikut ini proses reaksinya :



Reaksi berlangsung pada suhu 400-700°C, dengan kesetimbangan melebihi 99,9%. Reaksi ini merupakan jenis reaksi endotermis yang membutuhkan energi sebesar 2,95 MJ/kg (705 kkal/kg). Untuk mendorong konversi metana serta meminimalkan produk hasil produk samping, maka akan dipertahankan 5-10% belerang berlebih di dalam campuran reaksi. Reaksi ini membutuhkan katalis untuk mempercepat jalannya reaksi. Katalis yang digunakan dapat berupa gel silika, bahan berbasis alumina, magnesium, arang, senyawa logam, dan garam logam, oksida, atau sulfida.

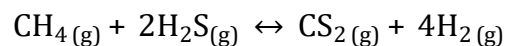
4. *Retort Process*

Retort (tabung) yang digunakan untuk pembuatan karbon disulfida biasanya berupa tangki silinder dengan diameter sekitar 1 meter dan tinggi 3 meter yang terbuat dari baja paduan krom atau *cast iron*. Satu sampai empat tabung dipasang pada *single furnace* dengan bahan bakar *coal*, gas atau minyak. *Charcoal* yang telah diprekalsinasi diumpankan secara bertahap ke bagian atas *retort* melalui kran khusus. Sulfur ditambahkan secara kontinyu melalu bagian bawah *retort*. Sulfur diuapkan serta dipanaskan terlebih dahulu dengan suhu 700°C pada *pipe coil heat*

exchanger yang berada di dalam *furnace*. Karbon disulfida terbentuk saat uap sulfur naik melalui charcoal panas pada suhu 850 – 900°C dan menghasilkan konversi yaitu 90%. Karbon disulfida, sisa sulfur dan uap keluar melalui bagian atas *retort*. Abu yang tidak reaktif bercampur dengan debu *charcoal* akan turun ke bagian bawah *retort* dimana residu ini dibuang. Penggunaan bahan baku dan energi per kilogram karbon disulfida sekitar 0,92 – 0,95 kg sulfur, 0,22 – 0,25 kg *charcoal* dan 8,4 – 10 MJ (2000 – 2400 kcal) bahan bakar. (Othmer, 1998).

5. Potential Process

Uap belerang bereaksi dengan gas hidrokarbon lain seperti asetilena dan etilena untuk membentuk karbon disulfida. Hidrokarbon tinggi dapat menghasilkan *mercaptan*, *sulfide*, dan sejumlah *intermediet* yang meningkat jika ditambahkan dengan sulfur. Hasil reaksi antara metana dan *iron pryte* adalah CS₂, H₂S, dan besi atau besi sulfid. *Pyrite* dapat dikurangi dengan CO untuk menghasilkan CS₂. Reaksi H₂S dan metana dihitung pada kesetimbangan 67% dengan suhu 1100°C dan 86.5% pada 1288°C :



H₂S dan karbon direaksikan pada 900°C untuk menghasilkan 70% rendemen CS₂ dan konversi 90%. H₂S bereaksi dengan CO pada suhu antara 600 dan 1125°C dengan adanya katalis, atau dengan CO pada 350 dan 450°C untuk membentuk CS₂. SO₂ dan metana bereaksi membentuk CS₂ dengan hasil 84% pada 850°C dengan adanya katalis. (Othmer, 1998).

Berdasarkan penjelasan mengenai proses pembuatan karbon disulfida, maka dibuatlah tabel perbandingan dari uraian proses tersebut.

Tabel I. 4 Perbandingan Proses Pembuatan Karbon Disulfida

Proses	<i>Charcoal – Sulfur Process</i>	<i>Hydrocarbon – Sulfur Process</i>	<i>Electreic furnace Process</i>	<i>Retort Process</i>	<i>Potential Process</i>
Tekanan	1 atm	2 – 5 atm	1 atm	1 atm	1 atm
Temperatur	750 – 900°C	400 – 700°C	800 – 1000°C	850 – 900°C	1100 – 1288°C
Katalis	Non katalis	Silica gel	Non katalis	Non katalis	CO
Fasa reaksi	Padat – gas	Padat – gas	Cair-padat	Cair-gas	Gas – gas
Yield	70%	80 – 90%	84%	70%	70-84%
Konversi	90%	90%	90%	90%	90%
Kemurnian	90%	92%	90%	90%	84%
Bahan Baku	Charcoal dan sulfur	Metana dan sulfur	Charcoal dan sulfur	Charcoal dan sulfur	Metana dan hydrogen sulfida

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel I.3 dapat diperoleh bahwa proses produksi yang akan digunakan adalah pada pabrik ini adalah proses *Hydrocarbon – Sulfur Process* dengan beberapa pertimbangan berikut :

1. Temperatur operasi yang digunakan lebih rendah yaitu 400-700°C dibandingkan dengan proses lainnya.
2. Bahan baku yang digunakan pada proses produksi dapat dengan mudah diperoleh sehingga proses produksi bisa berlangsung dengan lebih efisien.
3. Hasil akhir konversi produk yang diperoleh terbilang tinggi yaitu 90 %.
4. Nilai yield yang mencapai 80-90%.
5. Memiliki tingkat kemurnian yang tinggi yaitu 99,9%.

(Othmer, 1998)

I.4.4 Tinjauan Kinetika

Laju kecepatan reaksi dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$r_c = k_c P_{CH_4} \cdot P_{S_2}$$

Keterangan:

$-r_{CS_2}$ = Kecepatan reaksi (mol CS_2 /g katalis jam)

k = Konstanta kecepatan reaksi (mol/gkatalis.jam.kPa⁻²)

P_{CH_4} = Tekanan CH_4 (kPa)

P_{S_2} = Tekanan S_2 (kPa) Diperoleh harga konstanta kecepatan reaksi sebagai

Berikut: $k = 7,7 \times 10^2 \exp(-28000/R.T)$, mol/gkatalis.jam.kPa⁻² dengan,
 T = Temperatur (K)

R = Bilangan Reynold = 8314 cm³ kPa /mol K

(Smith & Forney, 1951)

I.4.5 Tinjauan Termodinamika

Cara untuk mengetahui arah dari suatu reaksi (*reversible/irreversible*) dan sifat reaksinya (endotermis/eksotermis) adalah dengan menggunakan tinjauan termodinamika. Panas reaksi dapat ditentukan berlangsung akan berlangsung secara eksotermis ataupun endotermis dapat ditentukan dengan cara menghitung panas pembentukan standar (ΔH°) pada saat $P = 1$ atm dan $T = 298,15$ K. Reaksi utama:



pembentukan standar (ΔH°_f) saat suhu 298,15 K dapat di lihat pada tabel berikut:

Tabel I. 5 Harga (ΔH°_f) dan (ΔG°_f) pada setiap komponen

Komponen	Harga ΔH°_f (kJ/mol)	Harga ΔG°_f (kJ/mol)
CH_4	-74,85	-80,84
S_2	0	0
CS_2	117,07	60,90
H_2S	-20,60	-33,40

(Yaws, 1999)

Jadi,

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_r (298,15 \text{ K}) &= \Delta H^\circ_{f \text{ produk}} - \Delta H^\circ_{f \text{ reaktan}} \\ &= (117,7 + (2 \times (-20,60))) - ((-74,85) + (2 \times 0)) \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$= 150,72 \text{ kJ/mol}$$

Dari hasil perhitungan menunjukkan harga ΔH_r° (298,15 K) bernilai positif, maka reaksinya bersifat endotermis sehingga dalam proses reaksi membutuhkan energi panas agar reaksi bisa berjalan.

Dalam perancangan pabrik karbon disulfida reaksi yang terbentuk ialah reaksi *irreversible* (searah) dengan hal ini harga konstanta kesetimbangan reaksi (K) dari energi bebas reaktan dan produk sebagai berikut:

Persamaan:

$$\Delta G^\circ = \sum (n\Delta G_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum (n\Delta G_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K \quad (\text{Smith et al., 2001})$$

Maka:

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

Dengan:

ΔG° : Energi bebas Gibbs standard (kJ/mol)

T : Temperatur (K)

R : Ketetapan gas ($8,314 \times 10^{-3}$ kJ/mol K)

K : Kontanta Kesetimbangan pada 298 K

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ &= \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \Delta G_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= (60,90 + (2 \times (-33,40))) - ((-80,84) + (2 \times 0)) \text{ kJ/mol} \\ &= 74,94 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

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

$$\ln K = \frac{74,94 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)}{-8,314 \times 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \times 298 \text{ K}}$$

$$\ln K = -30,2473$$

$$K = 7,3070 \times 10^{-14}$$

Karena nilai K yang diperoleh sangat kecil pada suhu normal 298 K, maka kami menghitung kembali nilai K pada suhu operasi 969,67 K dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\ln \left(\frac{K}{K_{298 K}} \right) = - \frac{\Delta H_{298 K}}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right)$$

(Smith et al., 2001)

Dengan:

K_{298} : Konstanta kesetimbangan pada temperatur 298 K

T : Temperatur tertentu (K)

ΔH_{298} : Panas reaksi pada 298 K

Pada suhu $T = 696,52^{\circ}\text{C} = 969,67 \text{ K}$ sehingga besarnya konstanta kesetimbangan dapat dihitung sebagai berikut.

$$\ln \left(\frac{K}{K_{298 K}} \right) = - \frac{\Delta H_{298 K}}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right)$$

$$\ln \left(\frac{K}{7,3070 \times 10^{-14}} \right) = - \frac{150,72 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{8,314 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mol.k}}} \times \left(\frac{1}{969,6} - \frac{1}{298,15} \right) K$$

$$K = 1,37274 \times 10^5$$

Harga konstanta kesetimbangan relatif besar $K = 1,37274 \times 10^5$, sehingga reaksi yang berlangsung adalah *irreversible*.

Berdasarkan hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa reaksi bersifat irreversible karena harga konstanta keseimbangan relatif besar.