



Pra Perancangan Pabrik

“Pra Rancangan Pabrik Fosgen dari Karbonmonoksida dan Klorin dengan Proses Redoks”

BAB I PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Industri kimia di Indonesia saat ini berkembang pesat, dapat dilihat dari meningkatnya jenis bahan kimia yang di produksi. Hal tersebut disebabkan oleh ketergantungan manusia pada zat-zat kimia yang terkandung dalam berbagai bahan kimia. Dalam rangka meningkatkan perekonomian nasional dan kemampuan bersaing di pangsa pasar luar negeri, diperlukan pembangunan industri kimia yang bersifat mandiri di Indonesia. Perkembangan industri kimia bergantung pada bahan baku dan bahan penunjang produksinya. Hal tersebut merupakan permasalahan yang berkembang pada industri kimia di negeri ini. Bahan baku dan bahan penunjang produksi industri kimia di Indonesia masih diperoleh dari negara lain.

Fosgen, dengan rumus molekul COCl_2 merupakan produk yang dihasilkan dari proses reaksi antara karbon monoksida dengan klorin, cukup potensial untuk dikembangkan di Indonesia mengingat semakin banyak industri yang menggunakannya dan karena kebutuhannya di Indonesia masih dipenuhi dari impor. Penggunaan fosgen terbesar sebagai bahan *intermediate* untuk pembentukan *isocyanate* pada pembuatan *polyurethane* dan *polycarbonate*. *Polyurethane* dan *polycarbonate* merupakan produk yang sangat dikembangkan pemanfaatannya, misalnya untuk *optical disc* (CD dan DVD), busa pada automotif, roda, perabotan, bahkan untuk lem dan kondom. Selain itu fosgen juga digunakan pada industri farmasi dan pestisida juga sebagai *chlorinating agent* (Ullman, 2005).

Fosgen memiliki sifat yang beracun, penanganan gas fosgen baik dalam skala laboratorium maupun skala industri pertanian dan farmasi, memerlukan keahlian khusus. Bahaya yang dihasilkan dari reaksi pembuatan fosgen juga dapat dihasilkan dari penyimpanan fosgen dan fosgen *solution*. Transportasi dan penyimpanan fosgen memiliki resiko yang perlu untuk dipertimbangkan oleh karena itu semua bahan baku harus dibawa langsung ke lokasi pembuatan



Pra Perancangan Pabrik

“Pra Rancangan Pabrik Fosgen dari Karbonmonoksida dan Klorin dengan Proses Redoks”

fosgen yang membutuhkan biaya dan waktu yang tidak sedikit (Cotarca, 2003)

Berdasarkan data pada Tabel 1.1 fosgen merupakan salah satu bahan yang memiliki nilai impor tinggi, banyak dari negara asia sendiri memiliki nilai impor yang tinggi dan bergantung pada negara-negara yang berada di benua Eropa yang merupakan penghasil fosgen dapat menghasilkan produk maksimal dengan biaya produksi seminimum mungkin.

Tabel 1.1 Negara Pengimpor *Phosgene*

IMPOR (Ton/Tahun)							
Negara	Jepang	China	Republik Korea	Malasyia	Singapura	Indonesia	Total
2017	18254,5	1500,78	7430,17	50,85	306,12	30126,7	57669,1
2018	24128	2977,36	10320,6	71,2	274,97	30.315,77	68087,9
2019	16209,7	2372,66	19075,6	124,68	1029,51	30.382,31	69194,5
2020	24435,7	4293,64	18758,7	105,74	1342,05	37.193,84	86129,7
2021	24306,5	4970,73	24910,7	462,87	1471,21	39.153,57	95275,6
2022	22944	5746,23	29933,1	363,31	1130,69	42.358,19	102475

(www.data.un.org,2013)

Badan Pusat Statistik (2023) menyatakan bahwa konsumsi Fosgen (terus mengalami peningkatan yang signifikan setiap tahunnya. Total konsumsi Fosgen pada tahun 2017 yaitu sebesar 30.126,7 ton, sedangkan pada tahun 2022 total konsumsi fosgen yaitu sebesar 42.358 ton. Konsumsi fosgen pada tahun 2027 diperkirakan sebesar 102.475 ton. Perkembangan kebutuhan fosgen di Indonesia rata-rata meningkat setiap tahunnya sehingga diperkirakan pada tahun 2027 kebutuhan fosgen di Indonesia mencapai 148.919 ton. Angka ini semakin tinggi dibandingkan setiap tahunnya sedangkan tidak ada pabrik di Indonesia dan benua Asia yang menghasilkan fosgen. Kondisi tersebut belum memenuhi kebutuhan fosgen dalam negeri menyebabkan pemerintah Indonesia dan benua Asia harus melakukan impor. Impor fosgen pada tahun 2022 yaitu sebesar 102.475 ton dan diperkirakan pada tahun 2027 akan mencapai 148.919 ton. Hal ini berkaitan dengan



Pra Perancangan Pabrik

“Pra Rancangan Pabrik Fosgen dari Karbonmonoksida dan Klorin dengan Proses Redoks”

semakin meningkatnya pertumbuhan industri yang mengakibatkan kebutuhan fosgen dalam negeri juga meningkat.

Kementerian Perindustrian (2023) menyatakan bahwa pada tahun 2022 total produksi karbon monoksida yaitu sebesar 3.235.000 ton per tahun. Total produksi klorin pada tahun 2022 yaitu sebesar 1.690.000 ton per tahun. PT. Linde Indonesia pada tahun 2022 memproduksi Karbon Monoksida sebanyak 900.000 ton, sehingga diperkirakan pada tahun 2025, PT. Linde Indonesia akan memproduksi Karbon Monoksida sebanyak 910.000 ton. Harga Karbon Monoksida 98% di PT. Linde Indonesia pada tahun 2022 yaitu sekitar Rp. 680.000/kg, sehingga diperkirakan harga Karbon Monoksida 98% pada tahun 2025 yaitu sekitar Rp. 700,000/kg. PT. Asahimas Chemical pada tahun 2022 memproduksi klorin sebanyak 2.035.000 ton, sehingga diperkirakan pada tahun 2025, PT. Asahimas Chemical akan memproduksi klorin sebanyak 2.036.000 ton. Harga aluminium hidroksida PT. Asahimas Chemical pada tahun 2022 yaitu sekitar Rp. 165.000/Kg, sehingga diperkirakan harga klorin pada tahun 2025 yaitu sekitar Rp. 168.000/kg.

Berdasarkan pra perancangan pabrik Sya'Bana (2021) yaitu pabrik fosgen dari Karbon Monoksida dan Klorin dengan proses redoks dengan alat utama yaitu reaktor *fixed bed multitube* diperoleh hasil konversi fosgen yaitu 94% selain itu dalam mengelola impuritas dalam fosgen pabrik ini menggunakan flare yang bertujuan untuk membakar gas sisa proses produksi fosgen kemudian jika dibandingkan dengan pra rancangan pabrik fosgen dari karbon monoksida dan klorin penyusun menggunakan proses redoks dengan alat utama yaitu reaktor *fixed bed multitube* memiliki konversi fosgen yang lebih tinggi sebesar 98% dan tidak menggunakan flare untuk membakar gas sisa proses produksi yang menyebabkan polusi udara, melainkan diolah menjadi hasil produk samping yang dapat dipasarkan berupa fosgen solution dan metana.

Pendirian pabrik fosgen ini diharapkan mampu mendukung program *roadmap making Indonesia 4.0* untuk memperkuat pembangunan industri di berbagai bidang termasuk sektor industri kimia yang menjadi salah satu sektor prioritas dimana produk fosgen yang dihasilkan nanti akan digunakan sebagai bahan pembantuk



Pra Perancangan Pabrik

“Pra Rancangan Pabrik Fosgen dari Karbonmonoksida dan Klorin dengan Proses Redoks”

proses pengolahan dalam industri farmasi dan industri pestisida, digunakan untuk membentuk *chloro formic ester*, dan pembuatan *polyurethane* dan *polykarbonate*. Pendirian pabrik ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan memperoleh devisa negara yang lebih besar melalui kegiatan ekspor sehingga pembangunan pabrik fosgen di Indonesia di masa depan akan menjadi sebuah prospek yang positif. Adapun beberapa faktor pendukung pendirian pabrik fosgen ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai upaya untuk mengatasi kebutuhan fosgen dalam negeri mengingat konsumsi fosgen yang semakin meningkat setiap tahunnya.
2. Sebagai upaya untuk mengurangi ketergantungan impor fosgen, karena impor fosgen semakin meningkat setiap tahunnya.
3. Banyaknya sumber daya manusia di Indonesia, sehingga dengan adanya pendirian pabrik diharapkan dapat membuka lapangan pekerjaan dan mengurangi angka pengangguran.

Berdasarkan faktor diatas serta kebutuhan fosgen juga meningkat, maka pabrik fosgen ini perlu didirikan.

I.1.1. Alasan Pendirian Pabrik

Berdasarkan tabel I.2 data pabrik produsen *phosgene* di dunia perkembangan industri kimia di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya, sehingga kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang dalam industri akan semakin meningkat, di Indonesia belum ditemukan pabrik *phosgene* sedangkan hanya di benua eropa dan benua amerika telah berdiri pabrik *phosgene*. Perencanaan pabrik *phosgene* diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun negara yang ada di benua Asia yang meningkat setiap tahunnya.



Pra Perancangan Pabrik

“Pra Rancangan Pabrik Fosgen dari Karbonmonoksida dan Klorin dengan Proses Redoks”

Tabel I. 2. Data Pabrik Produsen *phosgene* di Dunia

NO.	Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1.	BASF Wyandotte Corp	Geismar, La.	444.520,45
2.	Dow Chemical Co.	Freeport, Texas	30.000
3.	E.I. duPont de Nemours & Co. Inc	Deepwater, NJ	54.431,08
4.	Bayer CropScience	Institu, W.Va.	63.502,92
5.	J.H. Products	Lockport, N.Y.	2.721,55
6.	PPG Industries	Baeberton, Ohio	12.700,58
7.	PPG Industries	La Porte, Texas	47.627,19
8.	Sygenta Crop Protection	Cold Creek, Ala.30	13.607,77
9.	Bayer Polymers	Baytown, Tex.	521.631,14
10.	Bayer Polymers	New Martinsville, W.Va	122.469,92
11.	GE Plastics	Burkville, Ala.	113.398,07
12.	GE Plastics	Mount Vernon, Ind.	104.326,23
13.	Huntsman International	Geismar, La.	403.697,14
14.	Dow Chemical Co.	La Porte, Texas	199.580,61
Rata-Rata			152.443,90

(www.icis.com,2013)

I.1.2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan fosgen terdiri dari karbonmonoksida dan klorin. Berdasarkan pertimbangan, karbonmonoksida yang digunakan adalah hasil dari pabrik Indonesia agar tidak menambah jumlah biaya operasi. Berikut data industri penghasil fosgen:

Tabel I. 3. Data Industri Produsen Karbon Monoksida di Indonesia

Nama Industri	Letak	Kapasitas (ton/tahun)
PT. Linde Indonesia	Banten	900.000
PT. Air Products Indonesia	Gresik	166.000

Sedangkan industri penghasil klorin sebagai bahan baku kedua dalam pembuatan fosgen di Indonesia adalah sebagai berikut:



Pra Perancangan Pabrik

“Pra Rancangan Pabrik Fosgen dari Karbonmonoksida dan Klorin dengan Proses Redoks”

Tabel I. 4. Data Industri Produsen Klorin 99% di Indonesia

Nama Industri	Letak	Kapasitas (ton/tahun)
PT. Sulfindo Adi Usaha	Banten	900.000
PT. Asahimas Chemical	Banten	2.035.000

Berdasarkan pertimbangan, fosgen yang digunakan adalah hasil dari pabrik Indonesia. Karbon Monoksida diperoleh dari PT. Linde Indonesia di daerah Cilegon, Banten. Klorin diperoleh dari PT. Asahimas Chemical di daerah Cilegon, Banten. Data komposisi bahan baku sebagai berikut:

Tabel I. 5. Komposisi Karbon Monoksida PT. Linde Indonesia

Komponen	% berat
CO ₃	99,0%
CO ₂	0,1%
CH ₄	0,40%
H ₂ O	0,50%
Total	100,00

(PT. Linde Indonesia, 2023)

Tabel I. 6. Komposisi Klorin 98% PT. Asahimas Chemical

Komponen	% berat
Cl ₂	99,0%
N ₂	1,0%
Total	100,00

(PT. Asahimas Chemical, 2023)

I.1.3. Aspek Ekonomi

Kebutuhan Fosgen di Indonesia dan negara yang berada di benua Asia semakin meningkat seiring dengan berkembangnya industri-industri tersebut. Kebutuhan fosgen di Indonesia akan semakin meningkat. Mendirikan pabrik fosgen ini diharapkan dapat memberikan prospek yang baik untuk meningkatkan kebutuhan fosgen pada industri kimia dalam Indonesia.



Pra Perancangan Pabrik

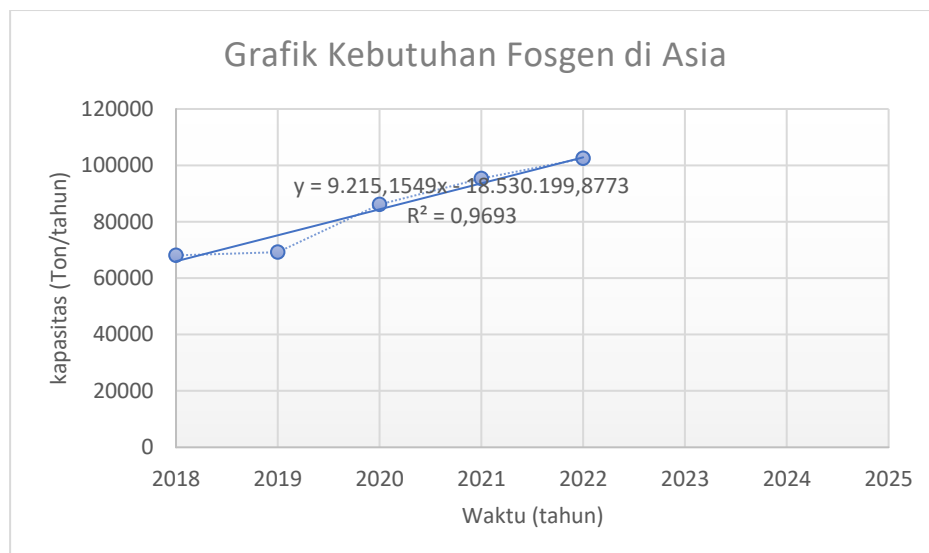
“Pra Rancangan Pabrik Fosgen dari Karbonmonoksida dan Klorin dengan Proses Redoks”

Tabel I.7. Data Konsumsi Fosgen di Indonesia

Tahun	Konsumsi (ton)
2018	30.315,77
2019	30.382,31
2020	37.193,84
2021	39.153,57
2022	42.358,19

(Badan Pusat Statistik, 2023)

Berdasarkan tabel diatas, dapat dibuat grafik hubungan antara konsumsi dengan tahun produksi dengan menggunakan metode Regresi Linier untuk mencari kebutuhan Fosgen pada tahun 2027.



Gambar I. 1. Grafik Konsumsi Fosgen di Asia

Berdasarkan grafik diatas, dengan metode trendline regresi linier (Microsoft Excel), maka didapatkan persamaan untuk mencari konsumsi fosgen pada tahun tertentu dengan persamaan

$$Y = 9.215,1549x - 18.530.199,8773$$

Keterangan:

Y = Konsumsi fosgenium pada tahun ke-n (ton)

X = Tahun ke-n



Pra Perancangan Pabrik

“Pra Rancangan Pabrik Fosgen dari Karbonmonoksida dan Khlorin dengan Proses Redoks”

Apabila masa konstruksi pabrik diasumsikan selama 2 tahun, maka pabrik ini akan mulai beroperasi pada tahun 2027, sehingga didapatkan konsumsi fosgen pada tahun 2027:

$$Y = 9.215,1549 (2027) - 18.530.199,8773 \\ = 148.919 \text{ ton}$$

Setelah mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, maka dapat diambil kapasitas produksi sebesar 30% dari kebutuhan Fosgen di Indonesia dan negara di benua Asia, sehingga:

$$\text{Kapasitas Pabrik} = 30\% \times 148.919 \text{ ton/tahun} \\ = 44.675,7 \text{ ton/tahun}$$

Pabrik fosgen yang didirikan bertujuan untuk memenuhi kebutuhan kebutuhan didalam negeri serta agar pabrik ini memiliki daya saing dengan pabrik yang telah didirikan di Indonesia, maka kapasitas produksi yang direncanakan sebesar 45.000 ton/tahun. Pertimbangan penentuan kapasitas produksi adalah:

1. Kapasitas tersebut dapat memenuhi kebutuhan fosgen di negara Indonesia tanpa impor dari luar negeri dan dapat mengekspor ke luar negeri
2. Kegunaan dari fosgen sebagai bahan intermediate untuk pembentukan *isocyanat* pada pembuatan *polyurethane* dan *polykarbonate* yang merupakan produk yang sangat dikembangkan pemanfaatannya, antara lain untuk *optical disc* (*cd* dan *dvd*), busa pada automotif, roda, perabotan, lem dan kondom

Ketersediaan bahan baku yang digunakan dalam pabrik ini adalah Karbonmonoksida dan Khlorin, bahan-bahan tersebut dapat diperoleh dari pabrik-pabrik di bawah ini:

- a. Karbon Monoksida dapat diperoleh dari PT. Linde Indonesia, Banten
- b. Khlorin dapat diperoleh dari PT. Asahimas Chemical, Banten



Pra Perancangan Pabrik

“Pra Rancangan Pabrik Fosgen dari Karbonmonoksida dan Klorin dengan Proses Redoks”

I.1.4. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

I.1.4.1. Bahan Baku

A. Klorin

Klorin merupakan senyawa yang berfasa gas jika berada pada kondisi atmosferis, berwarna kuning kehijauan dan sangat beracun. Sekitar 1630, klorin pertama kali disintesis dalam reaksi kimia, namun diakui sebagai zat penting. Carl Wilhelm Scheele menulis deskripsi gas klorin pada tahun 1774, seandainya klorin menjadi oksida dari elemen baru. Pada tahun 1809, ahli kimia menyarankan bahwa gas mungkin menjadi elemen murni, dan ini dikonfirmasi oleh Sir Humphry Davy pada tahun 1810, yang diberi nama dari bahasa Yunani Kuno: (khlôros) "hijau pucat".

Sifat Fisika:

- a. Rumus molekul : Cl_2
- b. Berat molekul : 71 gr/mol
- c. Titik didih : $-34,5\text{ }^\circ\text{C}$
- d. Titik beku : $-100,98\text{ }^\circ\text{C}$
- e. Densitas, g/cm^3 : 0,9425 gr/ml

Sifat Kimia:

1. Kemurnian Cl_2 : 99,0 %
2. Kandungan N_2 : 1 %

(PT. Asahimas Chemical, 2023)

B. Karbon Monoksida

Karbon monoksida (CO) merupakan senyawa yang berfasa gas jika berada pada kondisi atmosferis, tidak berwarna, tidak berasa dan sangat beracun. CO ditemukan oleh Lassone pada tahun 1776 dengan memanaskan campuran arang dan Zink Oxide.

Sifat Fisika:

- a. Rumus molekul : CO
- b. Berat molekul : 28 kg/kgmol
- c. Titik beku : $-207\text{ }^\circ\text{C}$



Pra Perancangan Pabrik

“Pra Rancangan Pabrik Fosgen dari Karbonmonoksida dan Klorin dengan Proses Redoks”

- d. Titik didih : -192°C
e. Densitas : 11613 kg/m^3
f. Suhu kritis : $-140,22^{\circ}\text{C}$

Sifat Kimia:

1. Kemurnia H_2SO_4 : 99,0 %
2. Kadar CH_4 : 0,1 %
3. Kadar CO_2 : 0,40 %
4. Kadar H_2 : 0,50 %

(PT. Linde Indonesia, 2023)

I.1.4.2. Produk Utama

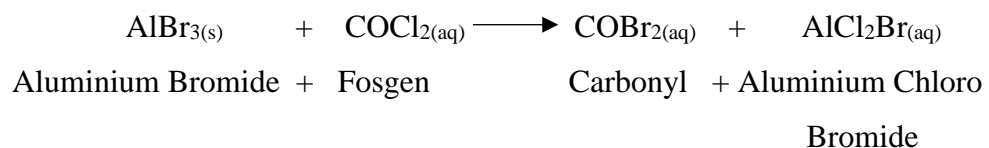
A. Fosgen (COCl_2)

Sifat Fisika:

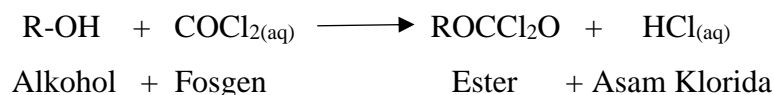
- a. Titik didih : 8,2
b. Densitas : $0,26 \text{ kg/m}^3$
c. Berat molekul : 99 kg/kgmol
d. Fasa (pada P dan T lingkungan) : Gas
e. Suhu kritis : $181,89^{\circ}\text{C}$

Sifat Kimia:

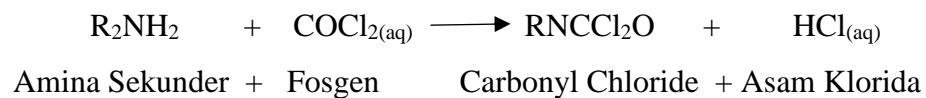
1. Bereaksi dengan aluminium bromide membentuk carbonyl dan aluminium chloro bromide



2. Bereaksi dengan alkohol membentuk ester



3. Bereaksi dengan amina sekunder membentuk carbonyl chloride



(Anthony, 1996)



Pra Perancangan Pabrik

“Pra Rancangan Pabrik Fosgen dari Karbonmonoksida dan Klorin dengan Proses Redoks”

B. Fosgen Solution

Sifat Fisika:

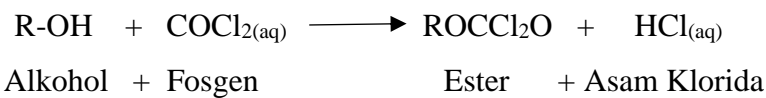
- a. Fasa (pada P dan T lingkungan) : Cair
- b. Berat molekul : 99 kg/kmol
- c. Kemurnian : 20%

(Sigma Aldrich, 2022)

I.1.5. Kegunaan Produk

Fosgen merupakan salah satu dari bahan kimia yang banyak digunakan pada bidang industri kimia. Adapun kegunaannya adalah sebagai berikut:

1. Dalam industri farmasi dan industri pestisida, digunakan untuk membentuk chloro formic ester



2. Sebagai Pembuatan plastik *polycarbonate* yaitu dengan mereaksikan fosgendengan Bhispenol A (BPA) secara langsung atau tidak langsung melalui diphenyl carbonate:

- a. *Optical disc* : Untuk *CD* dan *DVD*
- b. Otomotif : *Polycarbonate* digunakan untuk busa pada interior mobil dan bumper
- c. Elektronik : sebagai *electrical conector*, *outlet box* dan kabel jaringan telepon
- d. Perabotan : plastik *polycarbonate* digunakan untuk membuat meja, kursi dan bisa juga untuk membuat botol susu

3. Sebagai bahan *polyurethane* yaitu dalam pembentukan isocyanat

- a. Pernis : Sebagai pelapis terakhir menutupi dan melindungi kayu
- b. Lem : Untuk membuat lem perekat kayu, seperti *Gorilla Blue*
- c. Roda : Pembuatan roda pada *in line skates* dan *roler blade*.
- d. Otomotif : Busa pada interior mobil, seperti pada kepala, atap. Pada eksterior mobil seperti bumper mobil



Pra Perancangan Pabrik

“Pra Rancangan Pabrik Fosgen dari Karbonmonoksida dan Klorin dengan Proses Redoks”

e. Kondom : Kondom yang dihasilkan antara lain Torajan Supra dan Durex

(Kirk Othmer, 1978)

4. Dalam kimia anorganik fosgen digunakan untuk memproduksi *aluminium chloride*.

5. Dalam industri gelas, fosgen digunakan sebagai *bleaching sand* dan *chlorinating agent*.

(Ullman, 1985)