

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Program peningkatan produksi pangan dan perbaikan sistem produksi wajib menjadi prioritas utama strategi kebijakan pangan pemerintah Indonesia. Idealnya keinginan untuk swasembada pangan harus berawal dari ketersediaan benih unggul, pupuk sebagai nutrisi tumbuhan dan penanganan terhadap hama yang pada akhirnya akan meningkatkan produktivitas dan keuntungan bagi para petani. Hal tersebut memberi dampak positif berkembangnya industri-industri kimia, termasuk di bidang produksi pestisida. Salah satunya, fosfor triklorida yang merupakan *intermediate* produk untuk bahan baku pestisida. Fosfor triklorida merupakan senyawa berupa cairan tidak berwarna, volatil, beracun, serta larut dalam ether, benzene, carbon sulphide, chloroform dan carbon tetrachloride. Nama lain phosphorus trichloride adalah phosphorus (III) chloride. Fosfor triklorida memiliki rumus kimia PCl_3 yang merupakan prekursor senyawa fosfor lain seperti PCl_5 , $POCl_3$ dan $PSCl_3$. Fosfor triklorida digunakan sebagai perantara berbagai bahan kimia seperti:

- Pestisida (70%)
- Phosphorus oxychloride (12 %)
- Surfaktan dan *sequestrants*, termasuk phosphoric acid, digunakan terutama untuk bahan kimia pengolahan air (11%)
- Aditif plastik, termasuk flame retardants, plasticizers, antioksidants, dan stabilizers (5%)
- Minyak pelumas dan aditif cat (2%), dan lain sebagainya.

(Saciencelab, 2004)

Kebutuhan fosfor triklorida akan semakin bertambah dengan berkembangnya industri-industri tersebut, baik di Indonesia maupun luar negeri. Akan tetapi, belum

ada perusahaan yang menyediakan fosfor triklorida yang merupakan *intermediate* produk untuk bahan baku pestisida di Indonesia. Sehingga produk fosfor triklorida yang dihasilkan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri serta dapat diekspor ke luar negeri untuk memenuhi kebutuhan industri di negara lain, seperti Jepang, Singapura, Malaysia dan sebagainya.

1.1.1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan fosfor triklorida berupa phosphorus dengan jenis *white/yellow* phosphorus dan gas klorin. Produsen bahan fosfor dalam negeri belum diketahui sehingga bahan ini diimpor dari negara lain.

Kami memilih Kazakhstan sebagai negara pemasok fosfor karena Kazakhstan merupakan negara produsen yellow phosphorus terbesar kedua di dunia dan menduduki peringkat pertama sebagai pengeksport yellow phosphorus. Yellow phosphorus diperoleh dari Novodzhambul Phosphorus Plant (NDFZ) Zhambyl yang merupakan afiliasi dari Kazphosphate LLC dengan kapasitas produksi 120.000 ton/tahun. Sedangkan klorin dibeli dalam bentuk cair dan diperoleh dari PT. Asahimas Chemical, Cilegon dengan kapasitas produksi liquid chlorine 22.000 ton/tahun.

1.2. Kapasitas Perancangan

Tabel 1.1. Kapasitas Produksi Fosfor Triklorida di Amerika Serikat

No.	Nama Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)
1	Akzo Nobel Chemicals, Inc.	22.000
2	Albright and Wilson, Inc.	55.000
3	Great Lakes Chemical Corp.	30.000
4	Monsanto Luling Facility	220.000
5	Rhodia, Inc.	17.000
6	Zeneca, Inc.	15.000
Total		359.000

Sumber: *Phosphorus Trichloride Listing Background Document for the Inorganic Chemical Listing Determination*

a. Kebutuhan Fosfor Triklorida

Data Badan Pusat Statistik pada tahun 2019, menunjukkan bahwa nilai kebutuhan fosfor triklorida di Indonesia dari tahun 2014-2018 ditunjukkan pada Tabel 1.2. dan Tabel 1.3.

Tabel 1.2. Data Impor Fosfor Triklorida di Indonesia

Tahun	Kebutuhan (kg/tahun)
2014	0
2015	0
2016	0
2017	64.000
2018	80.000

(Bps, 2019)

Di Indonesia untuk kebutuhan ekspor dan produksi masih belum ada, hal ini dikarenakan di Indonesia pabrik fosfor triklorida belum ada. Data kebutuhan impor akan diproyeksikan ke tahun 2024 dengan menggunakan “Forecats.Linear” dalam Ms. Excel.

Tabel 1.3. Data Konsumsi Fosfor Triklorida di Indonesia

Tahun	Kebutuhan (kg/tahun)
2014	12.500.000
2015	15.500.000
2016	20.500.000
2017	22.500.000
2018	23.400.000

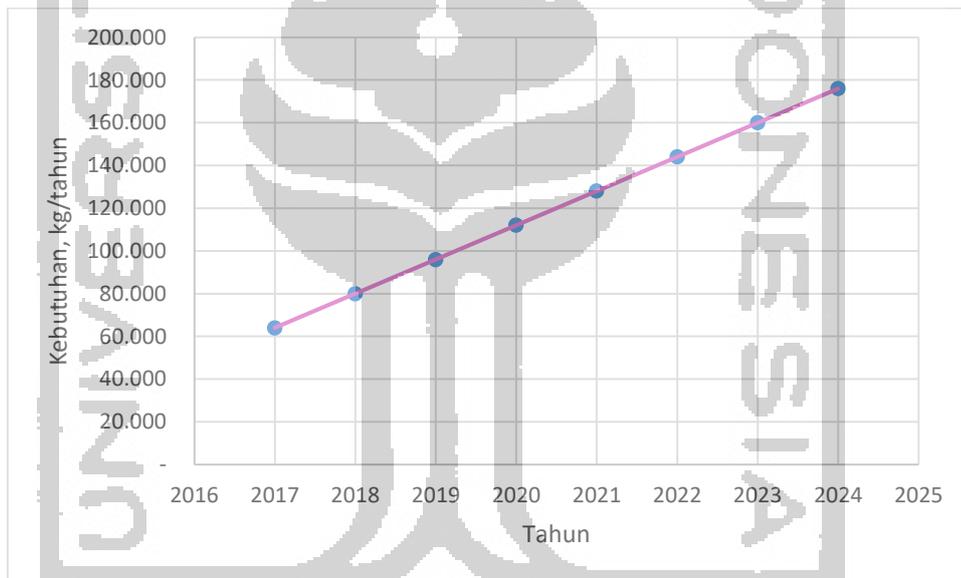
Data kebutuhan konsumsi akan diproyeksikan ke tahun 2024 dengan menggunakan “Regresi.Linier” dalam Ms. Excel. Dari proyeksi tersebut didapatkan kebutuhan konsumsi pada tahun 2024 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$y = 2.880.000 x (\text{tahun}) - 5.787.200.000$$

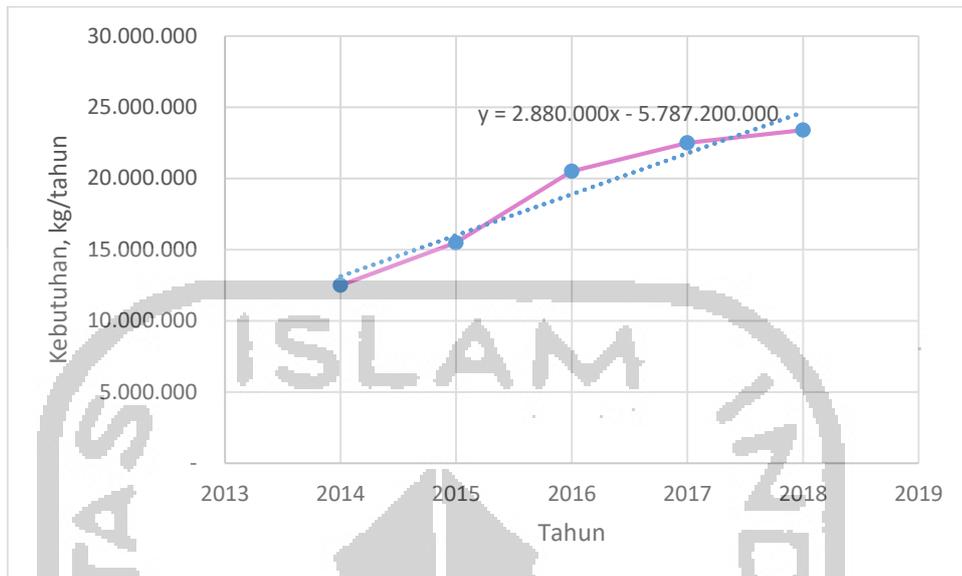
Sehingga didapatkan nilai konsumsi pada tahun 2024 adalah sebagai berikut :

Tabel 1.4 Data Kebutuhan Fosfor Triklorida di Indonesia

Tahun	Kebutuhan (kg/tahun)
2019	27.520.000
2020	30.400.000
2021	33.280.000
2022	36.160.000
2023	39.040.000
2024	41.920.000



Gambar 1.1. Grafik Kebutuhan Import Fosfor Triklorida



Gambar 1.2. Grafik Konsumsi Fosfor Triklorida

$$\begin{aligned}
 \text{Supply} &= \text{Produksi} + \text{Import} \\
 &= 0 + 176.000 \text{ kg/tahun} \\
 &= 176.000 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Demand} &= \text{Konsumsi} + \text{Eksport} \\
 &= 42.100.000 \text{ kg/tahun} + 0 \\
 &= 41.920.000 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Peluang} &= \text{demand} - \text{supply} \\
 &= 41.920.000 \text{ kg/tahun} - 176.000 \text{ kg/tahun} \\
 &= 41.744.000 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas} &= 60 \% \times \text{peluang} \\
 &= 60 \% \times 41.744.000 \text{ kg/tahun} \\
 &= 25.046.400 \text{ kg/tahun} \\
 &= 25.046 \text{ ton/tahun} \approx 25.000 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Meskipun industri fosfor triklorida kurang berkembang di Indonesia, namun peluang fosfor triklorida di pasar internasional sangat besar. Dari sisi permintaan fosfor triklorida yang terus meningkat, ketersediaan bahan baku klorin di Indonesia, serta kapasitas pabrik yang fosfor triklorida yang telah berdiri maka kami memutuskan membuat pabrik fosfor triklorida dari fosfor dan klorin dengan kapasitas 25.000 ton/tahun.

Industri ini rencananya akan didirikan di Cilegon, Banten. Pemilihan lokasi pabrik PCl_3 ini ditentukan berdasarkan kemudahan memperoleh bahan baku yaitu berdekatan dengan supplier klorin di PT. Asahimas Chemical di Cilegon, Banten. Selain itu, Cilegon merupakan kawasan industri baik nasional maupun internasional, sehingga sarana fasilitas dan sarana untuk ekspor dan impor sangat memadai

Dengan prarancangan pabrik fosfor triklorida dari fosfor dan klorin dengan kapasitas 25.000 ton/tahun di Cilegon, Banten, sektor perindustrian yang terdapat di kota ini membuat laju pertumbuhan ekonomi meningkat mencapai 3,8 trilyun pada tahun 2006 dan melebihi angka rata-rata pendapatan masyarakat Indonesia pada tahun 2009. Hal ini mengindikasikan pertimbangan positif bahwa dengan adanya industri yang berada di kota ini akan semakin meningkatkan kondisi ekonomi masyarakat kota Cilegon.

1.3. Tinjauan Pustaka

Fosfor triklorida dapat dibuat melalui empat macam reaksi, yaitu reaksi disosiasi, reaksi antar molekul, reaksi dengan asam klorida dan reaksi elementer.

1.3.1. Reaksi Disosiasi

Pembuatan fosfor triklorida dengan reaksi disosiasi merupakan reaksi penguraian fosfor pentaklorida menjadi fosfor triklorida. Reaksinya adalah sebagai berikut:



Reaksi tersebut bersifat *reversible*, beroperasi pada suhu 300 °C dan tekanan atmosferis. Karena reaksi bersifat *reversible*, maka untuk memperoleh produk PCl_3 yang lebih banyak keseimbangan harus digeser ke arah produk. Salah satu cara untuk memperbanyak produk adalah dengan memisahkan produk Cl_2 dalam campuran reaksi dan memperbanyak reaktan PCl_5 . Kelebihan dari proses ini adalah tidak berisiko tinggi karena beroperasi pada tekanan atmosferis dan suhu maksimum 300 °C, menghasilkan hasil samping gas klorin yang dapat dijual sebagai produk samping. Sedangkan kekurangannya adalah reaksinya *reversible*, konversinya sedikit, berlangsung lambat, membutuhkan reaktan yang lebih banyak, serta membutuhkan pemisahan gas Cl_2 secara cepat. Dari hasil analisa ekonomi diperoleh profit kotor sebesar -23,4895 \$/kg.

1.3.2. Reaksi Antar Molekul

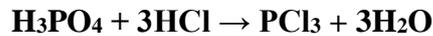
Pembuatan fosfor triklorida dengan reaksi antar molekul adalah reaksi dengan pemanasan antara fosfor pentaklorida dengan logam (zinc, cadmium, platina, atau emas). Reaksinya adalah:



Kelebihan dari reaksi ini adalah reaksi berlangsung cepat karena pada PCl_5 terdapat 2 buah atom klorin yang sangat reaktif dan bahan baku metal dapat digunakan yaitu zinc yang cukup murah dan mudah didapatkan. Sedangkan kekurangannya adalah reaksi tersebut bersifat *reversible*, konversi yang dihasilkan sedikit karena ada sebagian produk yang terdissosiasi, membutuhkan reaktan yang lebih banyak untuk menggeser reaksi ke arah produk, dan menghasilkan ZnCl_2 yang bersifat korosif dan berbahaya bagi lingkungan. Dari hasil analisa ekonomi diperoleh profit kotor sebesar -21,999 \$/kg.

1.3.3. Reaksi dengan Asam Klorida

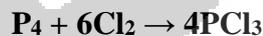
Reaksi pembuatan PCl_3 adalah reaksi asam fosfat dengan gas asam klorida, reaksinya adalah:



Reaksi tersebut bersifat *irreversible* dan menghasilkan panas (eksotermis). Kelebihan reaksi ini adalah sifat reaksi yang searah, Senyawa ini bereaksi hebat dengan air dan menghasilkan gas hidrogen klorida serta asam fosfit. Reaksi fosforus triklorida dengan air ini dimanfaatkan dalam produksi asam fosfit di dunia industri. Dari hasil analisa ekonomi diperoleh profit kotor sebesar 1,6939 \$/kg.

1.3.4. Reaksi Elementer

Reaksi elementer pembuatan PCl_3 adalah reaksi fosfor dengan gas klorin, reaksinya adalah:



Reaksi tersebut bersifat *irreversible* dan menghasilkan panas (eksotermis). Kelebihan reaksi ini adalah sifat reaksi yang searah, konversi yang dihasilkan mencapai 95%, pengambilan produk lebih mudah, selain itu kondisi proses berlangsung pada suhu dan tekanan yang tidak terlalu tinggi yaitu pada suhu 90 °C dan tekanan atmosferis sehingga dalam pengoperasian menjadi lebih mudah dan lebih aman. Dari pembahasan beberapa proses pembuatan PCl_3 di atas, maka dapat disimpulkan untuk perancangan pabrik PCl_3 dipilih metode proses pembuatan menggunakan reaksi elementer dengan meninjau beberapa aspek, yaitu aspek teknologi proses, peralatan, dan ekonomi. Dari hasil analisa ekonomi diperoleh profit kotor sebesar 1,8167 \$/kg

- Teknologi proses

Reaksi tidak berlangsung bolak-balik, sehingga konversi yang dihasilkan lebih tinggi dan pengambilan produk yang dihasilkan akan menjadi lebih mudah karena PCl_3 yang dihasilkan tidak terurai kembali. Hal ini berbeda

dibandingkan dengan kedua reaksi yang lainnya yang merupakan reaksi bolak balik. Selain itu, metode ini sangat aplikatif dan sudah banyak dipakai di industri. Proses ini juga menghasilkan konversi yang lebih tinggi.

- Peralatan

Karena kondisi proses berlangsung pada suhu dan tekanan yang tidak terlalu tinggi, maka operasinya lebih mudah. Selain itu proses ini tidak menghasilkan produk yang bersifat korosif, sehingga peralatan yang digunakan tidak cepat rusak. Namun, produk ini bersifat sangat beracun dan berbahaya sehingga dalam perancangan peralatan sangat perlu diperhatikan aspek *safety*-nya.

- Ekonomi

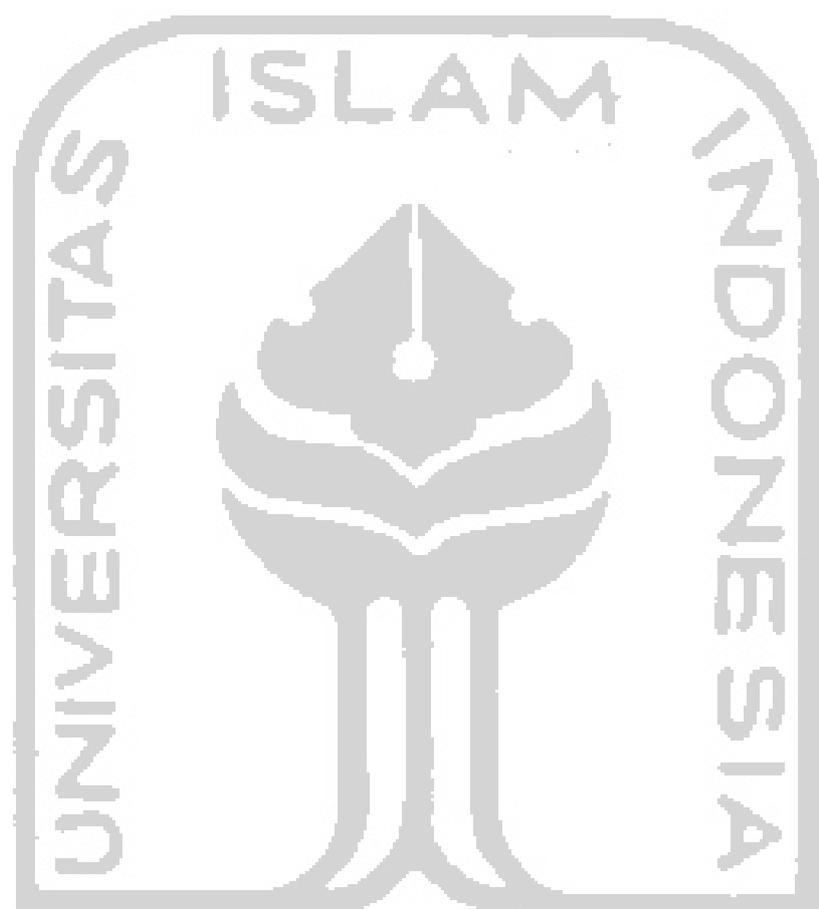
Konversi yang dihasilkan tinggi, yaitu sekitar 95%, sehingga lebih menghemat biaya pemurnian produk. Dari sisi peralatan, untuk kondisi operasi pada tekanan atmosferis dan suhu 90 °C maka peralatan yang digunakan tidak terlalu tebal sehingga lebih ekonomis dan lebih aman



Tabel 1.4. Pemilihan Proses

Parameter	Reaksi 1	Reaksi 2	Reaksi 3	Reaksi 4
Bahan baku	Fosfor pentaklorida (PCl_5)	Fosfor pentaklorida (PCl_5) dan Zink (Zn)	Asam fosfat (H_3PO_4) dan gas asam klorida (HCl)	Fosfor (F_4) dan gas klorin (Cl)
Hasil samping	Klorin (Cl_2)	Zink klorida (ZnCl_2)	Air	-
Kondisi operasi	T = 300 °C P = 1 atm	T = 500 °C P = 1 atm	T = 350 °C P = 2 atm	T = 90 °C P = 1,3 atm
Kelebihan/ kekurangan	<p>Kelebihan :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tidak beresiko tinggi karena bekerja pada kondisi operasi yang aman • Menghasilkan produk samping gas klorin 	<p>Kelebihan :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tidak beresiko tinggi karena bekerja pada kondisi operasi yang aman • Reaksinya berlangsung cepat karena PCl_5 memiliki atom yang reaktif • Bahan baku zinc murah dan mudah didapatkan 	<p>Kelebihan :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaksinya <i>irreversible</i> • Tidak beresiko tinggi karena bekerja pada kondisi operasi yang aman 	<p>Kelebihan :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaksinya <i>irreversible</i> (searah) • Tidak beresiko tinggi karena bekerja pada kondisi operasi yang aman • Menghasilkan konversi yang cukup tinggi

	<p>Kekurangan :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaksinya <i>reversible</i> • Konversinya sedikit sebagian produk terdissosiasi • Reaksinya berlangsung lambat • Membutuhkan reaktan cukup banyak 	<p>Kekurangan :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaksinya <i>reversible</i> • Konversinya sedikit karena sebagian produk terdissosiasi • Reaksinya berlangsung lambat • Membutuhkan reaktan cukup banyak • Menghasilkan produk samping $ZnCl_2$ yang bersifat korosif 	<p>Kekurangan :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaksinya <i>reversible</i> • Konversinya sedikit • Reaksinya berlangsung lambat 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak menghasilkan produk yang bersifat korosif <p>Kekurangan :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produk yang dihasilkan bersifat beracun
Potensial ekonomi	-23,5 \$/kg.	-22 \$/kg	1,7 \$/kg	1,8 \$/kg



جامعة الإسلام في إندونيسيا