

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan sektor industri pada masa sekarang ini semakin pesat seiring dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi. Termasuk dalam industri kimia, Indonesia memberikan perhatian besar pada pertumbuhan industri kimia yang cukup besar.

Indonesia sebagai negara yang memiliki sumber daya yang melimpah harus mampu bersaing dengan negara-negara industri lain secara kualitas maupun kuantitas. Pembangunan industri kimia yang menghasilkan produk antara sangat menguntungkan karena dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap luar negeri yang pada akhirnya dapat mengurangi pengeluaran devisa negara untuk mengimpor bahan tersebut. Salah satu produk antara tersebut adalah Aluminium Fluorida (AlF_3).

Aluminium Fluorida merupakan bahan tambahan yang digunakan pada proses produksi aluminium digunakan untuk menurunkan titik lebur Alumina yang semula memiliki titik lebur yang tinggi, yakni mencapai $2053-2072^{\circ}C$ akan berkurang cukup signifikan dengan ditambahkannya aluminium florida yakni menjadi $800^{\circ}C$. Penggunaan aluminium florida pada proses peleburan alumina dapat menekan energi yang dibutuhkan sehingga biaya produksi aluminium dapat berkurang. (Budvari, 2001)

Saat ini kebutuhan aluminium untuk industri domestik yang mencapai 600-800 ribu ton per tahun, jumlah yang bisa dipenuhi dari PT Indonesia Asahan Aluminium (Inalum) hanya sekitar 104 ribu ton per tahun. Diperkirakan di tahun 2025, permintaannya akan mencapai 2 juta ton per tahun terlebih PT Inalum tengah mempersiapkan peningkatan kapasitas produksi mencapai 400 ribu ton per tahun. Dengan kebutuhan Aluminium yang begitu besar menunjukkan kebutuhan AlF_3 di Indonesia juga bertambah dan diprediksi akan terus mengalami peningkatan, mengingat di Indonesia PT. Petrokimia Gresik adalah produsen tunggal AlF_3 .

Penentuan Kapasitas Pabrik

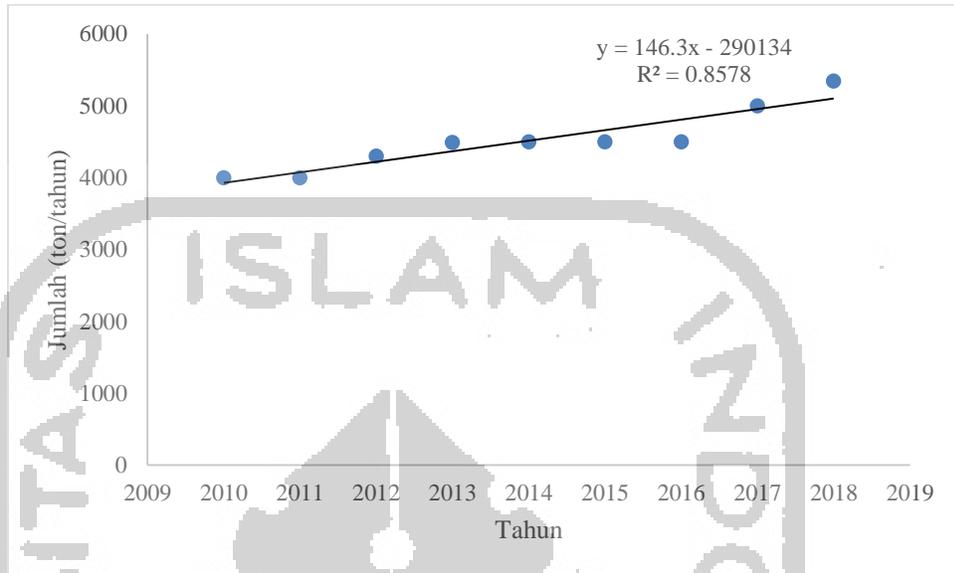
Untuk memenuhi kebutuhan aluminium fluoride di Indonesia, kebutuhan aluminium fluoride dapat terpenuhi permintaannya dari PT Petrokimia. Banyaknya kebutuhan acrylonitrile di Indonesia mempengaruhi penentuan kapasitas. Kapasitas memiliki peran penting dalam perancangan pabrik, diantaranya penentuan kapasitas dapat mempengaruhi dalam perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pendiriannya. Saat ini produksi terbesar aluminium di Indonesia adalah PT Inalum di Sumatera Utara dengan kapasitas produksi mencapai 260.000 ton/tahun. Dengan konsumsi aluminium fluoride mencapai 30 kg untuk menghasilkan satu ton aluminium.

Tabel 1.1. Kebutuhan Aluminium Fluorida Tahun 2010-2018 di Indonesia

Tahun	Ton/tahun
2010	4000
2011	4000
2012	4300
2013	4490
2014	4500
2015	4500
2016	4500
2017	5000
2018	5342

Sumber : Laporan Tahunan PT Inalum

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa kebutuhan aluminium fluorida mengalami tren yang meningkat setiap tahunnya. Hingga saat ini kebutuhan aluminium fluorida dapat terpenuhi permintaannya dari PT Petrokimia. Melihat data kebutuhan yang setiap tahun, kebutuhan akan kapasitas pabrik aluminium fluorida pun akan ikut meningkat. Data kebutuhan aluminium fluorida jika diproyeksikan dalam bentuk grafik, dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Kebutuhan Aluminium Fluorida di Indonesia tahun 2010-2018

Dari Gambar 1.1 kebutuhan impor diatas diperoleh persamaan $y = 146.3x - 290134$ Maka dengan memproyeksikan x sebagai 5 tahun yang akan mendatang maka kebutuhan aluminium fluorida Indonesia pada tahun 2024 dapat dihitung.

$$y = 146.3x - 290134$$

$$y = 146.3(2024) - 290134$$

$$y = 5977,2 \text{ ton/tahun}$$

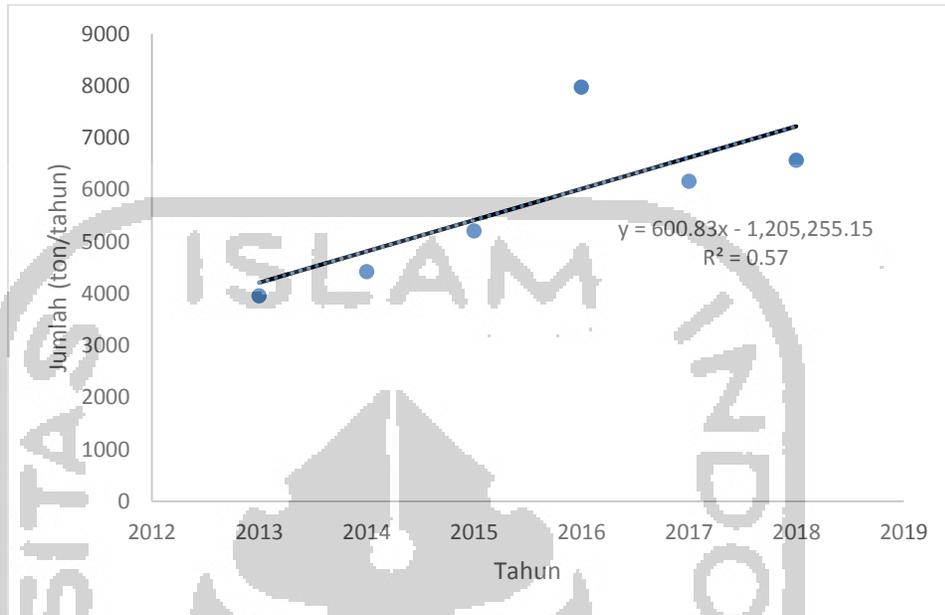
Maka kebutuhan aluminium fluorida di Indonesia pada tahun 2024 adalah 5977,2 ton/tahun.

Tabel 1. 2 Data Impor dan Ekspor Aluminium Fluorida tahun 2014-2018

Tahun	Ekspor (ton/tahun)	Impor (ton/tahun)
2013	3960	1366
2014	4421	2912
2015	5204	557
2016	7975	514
2017	6162	693
2018	6567	138

Sumber : BPS, 2013-2018

Dari Tabel 1.3 kebutuhan aluminium fluorida di pasar dunia terus mengalami peningkatan. Dari tahun 2013 hingga 2018, kegiatan ekspor aluminium fluorida di Indonesia dengan tujuan pasar terbesar di Asia Selatan, terus mengalami peningkatan. Jika data ekspor diproyeksikan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 1.2



Gambar 1 2 Ekspor Aluminium Fluorida Indonesia di beberapa negara dunia

Dari grafik di atas diperoleh persamaan $y = 600,83x - 1,205,255.15$. Untuk tahun 2024, kegiatan ekspor aluminium fluorida Indonesia di dunia dapat diperkirakan sebesar

$$y = 600,83x - 1,205,255.15$$

$$y = 600,83 (2024) - 1,205,255.15$$

$$y = 10.824,77 \text{ ton/tahun}$$

Tabel 1. 3 Data Pabrik Penghasil Aluminium Fluorida di dunia

No	Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/tahun)	Lokasi
1	Aohan Yinyi Mininh co. Ltd.	30.000	China
2	Alufluor	23.000	Sweden
3	Noralf	41.000	Tunisia
4	Boliden Odda	40.000	Norway
5	Fluorsid	80.000	Italia
6	Gulf Fluor	60.000	UEA
7	MexiChem Fluor	60.000	Meksiko
8	Petrokimia Gresik	11.275	Indonesia
9	Rio Tinto Alcan	60.000	Canada

Sumber : www.aluminiumtoday.com dan Dreveton, Alain. (2012)

Menurut *Encyclopedia of Chemical Processing and Design* Mc. Ketta 1954, penentuan kapasitas pabrik harus berada diatas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang sudah berjalan. Dari Tabel 1.4 dapat diketahui bahwa kapasitas produksi minimum sebesar 11.275 ton per tahun dan maksimal 80.000 ton per tahun. Berkaitan dengan itu maka kapasitas pabrik yang akan didirikan dapat diperkirakan berdasarkan kebutuhan pemakaian, kapasitas produksi yang sudah berjalan, dan keingan jumlah yang diekspor. Maka dari beberapa pertimbangan tersebut diperoleh kapasitas pabrik yang akan dibuat adalah 15.000 ton per tahun. Kapasitas dapat

diharapkan memenuhi kebutuhan dalam negeri sebesar 6000 ton per tahun dan sisa 9000 ton akan diekspor keluar negeri.

1.2 Tinjauan Pustaka

Aluminium fluorida adalah suatu senyawa berbentuk padat, berwarna putih, memiliki struktur kristal *rhombohedral*, dan berukuran kecil. Aluminium fluorida digunakan sebagai bahan tambahan pada proses produksi aluminium untuk menurunkan titik lebur Alumina dari 2053-2072°C menjadi 800°C sehingga menghemat kebutuhan energi dan biaya produksi.

Proses pembuatan aluminium fluorida dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya :

- a. Aluminium fluorida dari fluorit, asam sulfat dan alumina

Proses pembuatan AlF_3 dari H_2SiF_6 , H_2SO_4 dan $\text{Al}(\text{OH})_3$ adalah dengan cara mereaksikan bahan H_2SiF_6 dan H_2SO_4 sehingga menghasilkan gas HF dan hasil samping berupa silikon tetrafluorida dan H_2SO_4 , dengan reaksi pada Persamaan 1.



Silikon tetrafluorida akan direaksikan dengan air sehingga menghasilkan H_2SiF_6 sebagai bahan baku dan silika. Reaksi seperti pada Persamaan 2.



Gas HF yang dihasilkan dari reaksi sebelumnya didinginkan dan dihilangkan kadar airnya, sehingga menjadi anhidrat HF. Kemudian $\text{Al}(\text{OH})_3$ direaksikan dengan anhidrat HF sehingga menghasilkan produk AlF_3 dan air seperti pada Persamaan 3.



Reaksi antara alumina dan hydrogen florida dalam fase gas terjadi pada temperature yang cukup tinggi 400-700°C pada tekanan atmosferik dan reaksi berlangsung secara eksotermis dengan konversi mencapai 90%. Ammonia kemudian ditambahkan ke dalam reaksi, yang dapat mengurangi korosifitas dari reaksi yang terjadi dan mampu meningkatkan volume yield aluminium fluoride yang dihasilkan. Namun penggunaan ammonia sebagai katalis menyebabkan proses pemisahan yang lebih rumit dan kemurnian aluminium florida berkurang. Bahan baku hydrogen florida dibentuk dari dekomposisi asam fluosilikat dengan mencampurkan asam fluosilikat kuat dengan sulfurik kuat dalam reaktor alir berpengaduk dan memisahkan gas silikon tetrafluorida menggunakan asam sulfat sebagai agen dehidrasi dan mengekstraksi anhidrat tersebut ke dalam kolom pemisahan atau penguapan. (Samrane dan Al-hjouj, 2011).

Bahan baku produksi aluminium fluoride dengan proses ini berupa alumina yang harus diimpor dari China karena sampai saat ini belum ada pabrik yang memproduksi alumina di Indonesia, sedangkan bahan baku asam fluosilikat dan asam sulfat bisa didapatkan di dalam negeri. Selain itu proses yang digunakan dalam

pembuatan aluminium fluoride melalui proses yang panjang dan membutuhkan biaya yang lebih tinggi. (Anggraini dan Swasti, 2015).

Seperti dalam perhitungan ekonomi berdasarkan harga bahan baku dan produk yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel 1.5

Tabel 1. 4 Berat molekul dan nilai dari bahan baku dan produk

Material	Berat Molekul (kg/kmol)	Value (\$/kg)
Aluminium Oksida	101,96	0,9
Asam Sulfat	98,079	0,4
Asam Fluosilikat	144,09	0,7
Aluminium Fluorida	83,9767	1,6

Sumber : www.alibaba.com

Produk berupa air dapat diproses menuju pengolahan limbah untuk selanjutnya dapat dialirkan ke aliran-aliran sungai dengan tetap mempertimbangkan aspek kelestarian lingkungan. Berdasarkan dari Tabel 1.5 dapat diperoleh potensial ekonomi (EP) dari proses ini.

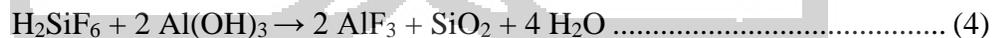
$$EP = (\text{value of product}) - (\text{raw material cost})$$

$$EP = (83,9767 \times 1,6) - (101,96 \times 0,9 + 98,079 \times 0,4 + 144,09 \times 0,7)$$

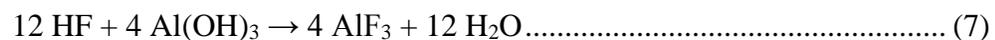
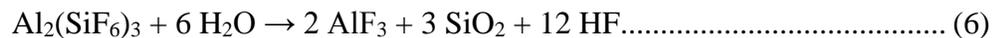
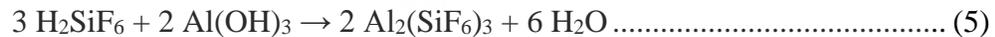
$$EP = -97,49588 \text{ \$/kmol}$$

- b. Aluminium fluorida dari asam fluosilikat dan aluminium hidroksida dengan proses basah

Proses pembentukan aluminium fluoride pada proses ini dengan cara asam fluosilikat direaksikan dengan aluminium hidroksida dan menghasilkan larutan aluminium fluorida. Reaksi terjadi secara eksotermis pada suhu 75°C-90°C pada kondisi operasi atmosferik dengan konversi mencapai 97%. Kemudian larutan aluminium fluoride akan dipisahkan dengan mengendapkan silika yang masih bercampur pada *mother liquor* aluminium fluorida tersebut pada *crystallizer* selama 4 jam. Silika yang telah dipisahkan dapat digunakan menjadi bahan baku pada pembuatan asam pospat. Melalui proses pemisahan berdasarkan sistem kerja *centrifuge* maka akan terbentuk aluminium fluoride trihydrate yang selanjutnya akan dipisahkan dan dipecah senyawa air dengan *centrifuge* dan calciner dengan temperature mencapai 900 °C. Total proses produksi aluminium fluorida dari asam fluosilikat dengan aluminium hidroksida dapat dijelaskan dengan reaksi keseluruhan berikut:



Reaksi tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut :



Dari perhitungan ekonomi berdasarkan harga jual bahan baku dan produk dapat dilihat pada Tabel 1.6 di bawah ini.

Tabel 1. 5 Berat molekul dan nilai dari bahan baku dan produk

Material	Berat Molekul (kg/kmol)	Value (\$/kg)
Asam Fluosilikat	144,09	0,7
Aluminium Hidroksida	78	0,6
Aluminium Fluorida	83,9767	1,6
Silika Dioksida	60,083	0,6

Sumber : www.alibaba.com

Produk berupa air dapat diproses menuju pengolahan limbah untuk selanjutnya dapat dialirkan ke aliran-aliran sungai dengan tetap mempertimbangkan aspek kelestarian lingkungan. Berdasarkan dari Tabel 1.6 dapat diperoleh potensial ekonomi (EP) dari proses ini.

$$EP = (\text{value of product}) - (\text{raw material cost})$$

$$EP = (83,9767 \times 1,6 + 60,083 \times 0,6) - (144,09 \times 0,7 + 78 \times 0,6)$$

$$EP = 22,7495 \text{ \$/kmol}$$

c. Aluminium Fluorida dari amonium fluoroaluminate, alumina dan asam florida

Proses ini merupakan produksi aluminium fluorida melalui reaksi intermediate dari ammonium cryolite dan asam florida dalam fase gas. Reaksi yang terjadi pada *fluidized bed reactor* ini berlangsung pada temperatur 600°C pada kondisi atmosferik yang dapat dilihat pada reaksi intermediate di bawah ini :



Aluminium fluorida yang dihasilkan dikeluarkan dari reaktor, gas yang dihasilkan dalam reaksi terkondensasi, amonia digerakkan dari kondensat, dan amonium fluorida dalam kondensat diendapkan dalam bentuk amonium kriolit. Penambahan ammonia selain sebagai anti korosi juga menjadi katalis yang berfungsi untuk meningkatkan perbandingan yield yang dihasilkan pada reaksi akhir berikut :



Rasio gas yang dimasukkan ke dalam reaksi dan gas yang terbentuk adalah 2:1 per reaksi molar. Jika reaksi dilakukan pada 1 mol ammonia untuk 1 mol asam florida, maka perbandingan volume gas sebelum dan setelah reaksi adalah 12:9 dan diperoleh konversi 90%.

Tabel 1 6 Berat molekul dan nilai dari bahan baku dan produk

Material	Berat Molekul (kg/kmol)	Value (\$/kg)
Aluminium Oksida	101,96	0,9
Asam Florida	20,01	1,0
Amonia	17,031	1,0
Aluminium Fluorida	83,9767	1,6

Sumber : www.alibaba.com

Produk berupa air dapat diproses menuju pengolahan limbah untuk selanjutnya dapat dialirkan ke aliran-aliran sungai dengan tetap mempertimbangkan aspek kelestarian lingkungan. Berdasarkan dari Tabel 1.6 dapat diperoleh potensial ekonomi (EP) dari proses ini

$$EP = (\text{value of product}) - (\text{raw material cost})$$

$$EP = (83,9767 \times 1,6) - (101,96 \times 0,7 + 20,01 \times 1,0 + 17,031 \times 1,0)$$

$$EP = 5.55772 \text{ \$/kmol}$$

Tabel 1.7 Perbandingan proses produksi Aluminium Fluorida

Pembanding	Proses fluorit, asam sulfat dan alumina	Proses asam fluosilikat dan aluminium hidroksida	Proses ammonium fluoroaluminat, alumina dan asam florida
Kebutuhan Bahan Baku	Asam sulfat : mudah diperoleh di pasar domestik Alumina : impor	Asam Fluosilikat : mudah diperoleh di pasar domestik Aluminium hidroksida : impor	Amonia : mudah diperoleh di pasar domestik Alumina : impor Asam florida : impor
Jenis Reaktor	<i>Fluidized Bed Reaktor</i>	<i>Continue Stirred Tank Reactor</i>	<i>Fluidized Bed Reaktor</i>
Kondisi Operasi	Tekanan 1 atm Suhu : 400°C-700°C	Tekanan 1 atm Suhu : 75°C	Tekanan 1 atm Suhu : 400°C-700°C
Alur Proses Produksi	Memerlukan alat proses yang memiliki resiko tinggi	Memerlukan alat proses yang memiliki resiko rendah	Memerlukan alat proses yang memiliki resiko rendah

Berdasarkan pertimbangan dari aspek kerumitan proses, kemudahan bahan baku, dan kondisi operasi, maka untuk perancangan pabrik dipilih dengan bahan baku aluminium hidroksida dan asam fluosilikat.