



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### II.1 Uraian Proses

#### I. Proses Utama Unit Purifikasi

Hasil samping dari pabrik PA (Phosphoric Acid) yang berupa phospho gypsum diolah di Pabrik Gypsum Unit Purifikasi untuk menghilangkan kadar  $P_2O_5$  dan F.H<sub>2</sub>O (kadar air bebas) hingga dibawah 20% secara teori desain pabrik, meskipun dalam prakteknya hasil produksi rata-rata mengandung 23% kadar air bebas. Penghilangan kadar air bebas bertujuan untuk meminimalisir pemakaian energi panas yang digunakan saat proses Dryer (M-4260) dan Calciner (M-4161) pada Pabrik Gypsum di Unit Cement Retarder, sehingga tidak boros dalam pemakaian bahan bakar batubara. Sedangkan  $P_2O_5$  merupakan impurities yang harus dihilangkan karena akan mempengaruhi setting time dan kekuatan semen, semakin sedikit kandungan impurities  $P_2O_5$  maka setting time semen akan semakin lambat dan kekuatan semen semakin tinggi.

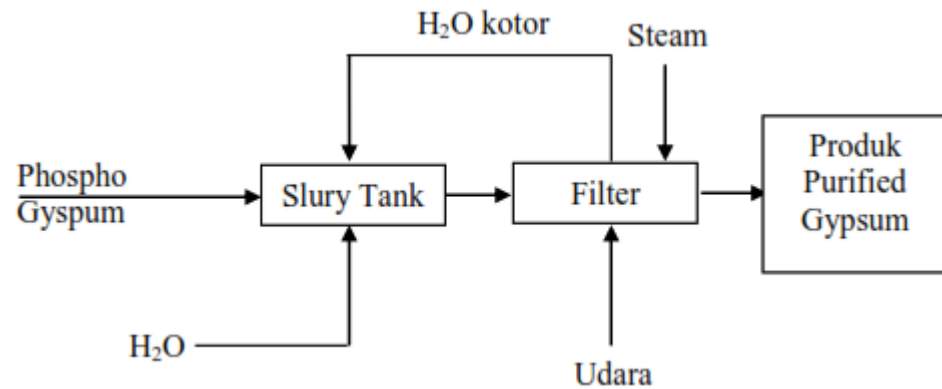
Dengan hilangnya kadar  $P_2O_5$  yang larut oleh air saat pencucian di tangki TK-4101, hasil pencucian yang berupa slurry selanjutnya masuk ke proses Fill-4102 untuk disaring sehingga memisahkan antara cake dengan acidic water (air pencucian) dan dipanaskan dengan steam untuk mengurangi kadar F.H<sub>2</sub>O. Hasil produk dari Unit Purifikasi disebut sebagai purified gypsum untuk selanjutnya diolah di Cement Retarder diproses menjadi clinker dengan proses granulasi.

#### A. Uraian Proses Purifikasi

##### Umum

Pabrik ini menggunakan phospo gypsum dari pabrik PA (Phosphoric Acid) sebagai bahan baku pembuatan purified gypsum.

Pabrik didesign untuk menghasilkan 41 ton/hari dengan kualitas yang dipengaruhi oleh masuknya feed phospho gypsum.



Gambar II.1. Blok Diagram Pabrik Gypsum Unit Purifikasi PT Petrokimia Gresik

#### 1. Seksi Pengadukan

Seksi ini merupakan seksi yang cukup penting karena penambahan  $H_2O$  pada phospho gypsum bertujuan untuk melarutkan kadar  $P_2O_5$  dalam kandungan phospho gypsum hingga kadar maksimal 1 %. Di Unit Purifikasi kadar  $P_2O_5$  dapat mencapai 0,3 % persen berat per ton. Selanjutnya slurry dipompa dengan P-4102 menuju ke Fill-4102 untuk difiltrasi.

#### 2. Seksi Filtrasi

Slurry yang mengandung banyak air karena penambahan  $H_2O$  pada slurry tank akan dihilangkan kadar airnya dengan steam dan udara yang disebarkan dari bawah screen untuk melil yang dialirkan dari Unit Utilitas III.



### **Seksi Pengadukan**

Diseksi ini beberapa impurities akan dihilangkan dari phospo gypsum menjadi purified gypsum yang nantinya purified gypsum ini sebagai raw material untuk membuat granule gypsum.

Phospo gypsum dari PA plant storage lewat M 4102 dimasukkan ke Slurry Tank TK 4101 dan diencerkan dengan neutralized water dari Unit Utilitas untuk membuat slurry 35%. Flow gypsum dengan weigher M 4112 yang dihubungkan dengan FTC 4101 yang mengatur jumlah flow neutralized water untuk membuat konsentrasi slurry 35%. Level TK 4101 diukur dengan LRA 4101 yang dilengkapi dengan High dan Low alarm. Slurry dalam TK 4101 diaduk dengan agitator M 4111 untuk melarutkan impurities.

### **Seksi Filtrasi**

Selanjutnya dengan P 4101 AB slurry tersebut dipompa ke Filter 4102 untuk dipisahkan antara cake gypsum dan filtratnya. Flow slurry diukur dengan FE 4102 yang mengontrol speed motor P 4101 AB. Di Fill 4102, cake gypsum disemprotkan dengan steam untuk menurunkan moisture yang masih dikandungnya. Dengan conveyor M 4103, M4105, M 7122-1/2 cake tsb (purified gypsum) diangkut ke Cement Retarder section. Bila seksi Cement Retarder belum siap, maka purified gypsum tersebut dengan M 4103, M 4109 diangkut ke purified gypsum storage.

Filtrate dari Fill 4102 dihisap dengan Vacum Pump C 4101, antara cairan dan gas dipisahkan di Vacum Receiver D 4102 dan turun ke Filtrate Pit. Gas dari Vacum Receiver dipisahkan dari cairannya lagi di Mist Separator F 4103. Filtrate dari Filtrate Pit yang mengandung impurities dan phospo gypsum dikirim ke Effluent Treatment dengan P 4102 untuk dinetralkan. Level Filtrate Pit



dicontrol dengan LIC 4102 yang mengatur flow disch P 4102. Filter 4102 dilengkapi dengan:

- 1) Washing water untuk membersihkan drive belt. Washing water ini merupakan campuran antara proses condensate dari ZA plant dari raw clarified water yang ditampung di D 4105 dan dipompa dengan P 4103 ke Fill 4102. Flownya dikontrol dengan FICV 4104 yang terletak di discharge pompa.
- 2) Lubricating water untuk pelumasan antara vacum box dan sliding belt. Sebagai air pelumas digunakan Raw Clarified water dengan pompa P 4104 AB dikirim ke Filter. Flownya dibaca pada FI 4107.
- 3) Air Slide Blower (C 4102), untuk mengurangi geseran antara frame filter dengan rubber belt.
- 4) Temp cake dicatat dengan TRA 4101 yang memberi signal high dan low temp. Sebagian dari neutralized water untuk repulping harus diganti untuk mencegah akumulasi karena impurities, sehingga kualitas cake tetap baik. Bila impurities dalam phospo gypsum masih dalam nilai desain, tetapi kualitas dari purified gypsum jelek, maka harus dicek aliran neutralized water dari Effluent Treatment.

Diseksi purifikasi ini menjaga balancing phospo gypsum, merupakan salah satu poin yang penting yaitu perlu mengetahui tentang konsumsi gypsum untuk ZA, untuk Cement Retarder sendiri maupun yang dibuang sebagai exess. Untuk pengaturan balancing, dumper- dumper M 7120-2-2 dan M 7120-3-2 sangat memegang peranan.



## II. Proses Utama Unit Cement Retarder

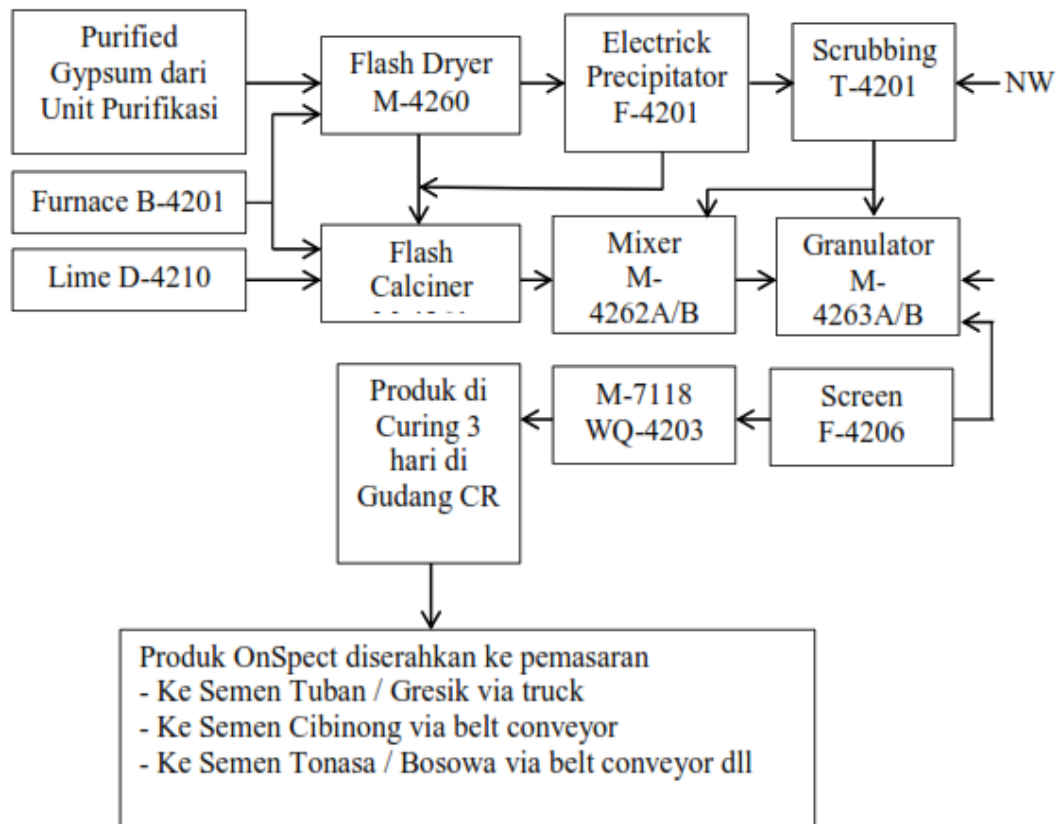
*Purified gypsum* dari *purified section* (Unit Purifikasi/ pemurnian) yang mengandung kadar air bebas atau F.H<sub>2</sub>O (free H<sub>2</sub>O) dibawah 20% (secara desain) namun kenyataannya masih mengandung F.H<sub>2</sub>O sekitar 23% yang dikeringkan menggunakan *Flash Dryer*, *Dried Gypsum* tersebut kemudian diproses menggunakan *Flash Calciner* untuk dikalsinasi dari dihydrate menjadi hemihydrate. Sebelum proses kalsinasi *dried gypsum* dicampur dengan lime, lime berfungsi untuk menetralkan dan menonaktifkan impurities dalam gypsum.

Pada umumnya impurities adalah Flour dan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> yang larut dalam air yang memiliki peran sebagai *Cement Retarder*, khususnya terhadap *setting time* (waktu pengeringan) dan kekuatan *concrete*. Setelah melewati proses kalsinasi, *calcined gypsum* diarahkan menuju *Pan Granulator* untuk diproses menjadi *granule/ clinker*, bila diperlukan di dalam *Granulator* ditambahkan sedikit air dan *steam*. Proses ini menghasilkan produk *granule* yang memiliki kadar F.H<sub>2</sub>O lebih rendah dibandingkan dengan *purified gypsum* yaitu sekitar 8%.

### A. Uraian Proses *Cement Retarder*

#### Umum

Unit *Cement Retarder* ini menggunakan *purified gypsum* yang diperoleh Unit Purifikasi sebagai bahan baku pembuatan *granule Cement Retarder*. Pabrik pada unit ini didesign untuk menghasilkan sekitar 1200 ton/hari dengan kualitas yang dipengaruhi oleh masuknya feed dari Unit Purifikasi.



Gambar II.2 Blok Diagram Unit Cement, PT. Petrokimia Gresik



Pembuatan Cement Retarder terdiri dari tiga langkah, antara lain:

1. Flash Drying dan Calcinasi (Kalsinasi)

Purified gypsum dari unit Purifikasi ditransfer melalui belt conveyor yang dilengkapi WQ-4201 untuk mengetahui flow purified gypsum, di flash dryer M-4260 dihilangkan kadar air bebasnya sehingga menjadi dried gypsum dengan menggunakan udara panas  $\pm 1050\text{ }^{\circ}\text{C}$  dari furnace B-4201 dan temperature dried gypsum  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Reaksinya:



Dried gypsum dikirim ke cyclone D-4204 ABCD untuk dipisahkan antara dried gypsum dengan gas panas, gas panas bercampur debu dihisap oleh blower C-4203 dan melalui F-4201 dust collector untuk memisahkan antara gas panas dengan debu dried gypsum yang halus, selanjutnya gas panas dikirim ke T-4201 untuk discrub dengan menggunakan spray NW.

2. Mixing

Dari D-4205 calcined gypsum dikirim ke mixer M-4262 AB untuk di injeksi scrubbing water dari T-4201 dan dicampur dengan paddle mixer, sehingga terjadi proses:



Untuk pencampuran yang sempurna antara calcined gypsum dan scrubbing water di mixer dilengkapi dengan:

Paddle dengan shaft mixer double

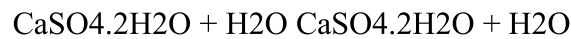
Sprayer 3 line

3. Granulasi

Dari Mixer AB calcined gypsum yang sudah tercampur dengan scrubbing water dikirim ke Granulator AB untuk proses pembutiran, di granulator masih ada penambahan scrubbing water



dan steam untuk mendapatkan butiran granul yang dikehendaki, terjadi proses:



Kondisi granule gypsum outlet granulator antara lain:

Size granule 10 – 38 mm

- o Temperature granule 80 °C
- o pH granule 8 – 11
- o kadar air bebas 12 % maksimal

Untuk mendapatkan size granular yang dikehendaki, granulator dilengkapi:

- o Bottom scrapper 2 set: kaki 4 dan kaki 2
- o Side scrapper
- o Edge scrapper
- o Spray scrubbing water 3 line
- o Spray / injeksi steam

Hubungan antara granulator dengan size granule tergantung:

- o Diameter granulator
- o Kedalaman pan granulator
- o Sudut inklinasi granulator
- o Speed granulator
- o Penambahan scrubbing water
- o Penambahan steam
- o Undersize granule dari screen
- o Penambahan lime di calciner

#### 4. Scrubbing

Scrubbing tower T-4201 berfungsi untuk meminimalkan polusi udara dari partikel gypsum dan gas F yang terikut gas panas dari outlet F-4201, untuk menangkap partikel – partikel dan





gas F dipergunakan NW dari Effluent Treatment dengan bantuan P-4202 AB dan untuk memperluas permukaan kontak antara gas dan air scrubbing mempergunakan PP ball 2 tingkat.

Partikel – partikel dan gas F yang masih lolos masih dispray lagi di demister, diharapkan gas yang lolos ke udara luar memenuhi baku mutu. Selanjutnya scrubbing water hasil dari tower T-4201 dimanfaatkan untuk pencampuran di Mixer dan Granulator, sehingga apabila berlebihan akan dikirim kembali ke effluent Treatment. Untuk menjaga agar pH scrubbing water terjaga paling rendah 7, maka perlu ditambah lime milk dari TK-4211 dengan bantuan P-4203 AB.

#### **Tahap Flash Drying dan Calcinasi**

Pada tahap flash drying dan calcinasi ini dilakukan guna menurunkan kadar H<sub>2</sub>O yang terkandung di dalam purified gypsum yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan Cement Retarder. Purified gypsum yang berasal dari unit PA (Posphoric Acid) dikirim ke unit Purifikasi untuk dihilangkan kandungan impurities dan kandungan air yang ada di dalamnya dengan menggunakan sistem pencucian dan filter.

Produk purified gypsum dikirim melalui belt conveyor M-7122 memasuki Hopper (D-4201), Hopper berfungsi sebagai balancing konsumsi gypsum. Hopper dilengkapi dengan LC-4203 sebagai pengatur level, apabila Hopper berada pada high level maka M-4103 berubah arah putaran dan gypsum dikirim ke purified gypsum storage. Apabila level Hopper sudah normal maka arah putaran M-4103 akan kembali normal.

Gypsum conveyor (M-4201) mengangkut purified gypsum dari Hopper melewati gypsum conveyor (M-4224) ke dalam gypsum



feeder M-4250. Pada M-4201 dilengkapi flow switch FS-4204 untuk mendeteksi flow gypsum. Pada M-4224 dilengkapi timbangan M-4254 untuk mengetahui rate operasi. M-4250 dilengkapi dengan level control LC-4204, bila high level akan mematikan M-4201. Perlengkapan lain di M-4250 adalah speed variator VS-4201 yang berfungsi untuk mengatur feeding gypsum ke dryer M-4260 dan mengatur level di Hopper gypsum feeder M-4250. Untuk mengeringkan dan calcinasi gypsum basah, digunakan udara panas hasil pembakaran di furnace B-4201. Temperatur inside furnace tidak boleh lebih dari 1300 °C, karena akan merusak castable dan fire brick. Temperatur inside furnace bisa dikontrol dengan TRA-4203 (Temperatur outlet furnace), yaitu normal 800 °C dan max 950°C.

Pada proses pengeringan akan dipisahkan dried gypsum antara yang memiliki berat molekul yang lebih berat dan berat molekul yang ringan, cara pemisahan dilakukan menggunakan cyclone (D-4202). Dried gypsum yang memiliki berat molekul yang rendah akan terangkat naik dan kemudian akan memasuki dust collector atau electric precipitator (F-4201) yang akan menangkap dried gypsum tersebut yang memiliki berat massa molekul lebih rendah menggunakan plat khusus, apabila plat tersebut telah tebal maka akan ada hammer yang otomatis memukul plat tersebut sehingga debu yang berada pada plat akan jatuh kebawah yang akhirnya akan masuk menuju M-4204 yang diatur oleh valve V-4276 dan kemudian turun menuju M-4204. Sedangkan yang tidak tertangkap oleh electric precipitator akan dilanjutkan menuju scrubber, dust collector memiliki ambang batas 200 ppm.

Sedangkan dried gypsum yang memiliki berat massa yang berat akan turun menuju dried gypsum conveyor (M-4204), debit turunnya



dried gypsum tersebut diatur oleh cyclone rotary valve (V-4270). Pada M-4204 akan ditambahkan CaO atau kapur aktif yang berfungsi untuk menghentikan reaksi pada impurities. Selanjutnya dried gypsum akan dikeringkan kembali menggunakan calciner (M-4161) dan selanjutnya akan memasuki cyclone (D-4203), calcined gypsum yang memiliki berat jenis lebih berat akan terjatuh dan menuju calcined gypsum bunker (D-4205), namun sebelumnya akan melewati cyclone rotary valve (V-4272) untuk mengatur debit calcined gypsum.

### **Tahap Mixing**

Tahap mixing dimulai dengan mengalirkan calcined gypsum yang berada di D-4205 melalui M-4207 A, M-4207 B, M-4208, M-4209, M-4206, yang keseluruhannya merupakan conveyor, calcined gypsum akan dialirkan menuju conveyor M-4210 B yang debitnya akan diatur menggunakan V-4273 AB.

Setelah dari conveyor M-4210 akan dilakukan mixing di M-4262, dengan cara menginjeksi scrubbing water dari T-4201 dan dicampur menggunakan paddle mixer. Reaksi yang berada di dalam tahap mixing adalah:



### **Tahap Granulasi**

Tujuan utama dilakukannya granulasi pada gypsum adalah untuk mempermudah proses handling serta kualitas produk akan lebih homogeny. Tahap granulasi dimulai dengan melakukan feeding calcined gypsum yang telah dilakukan mixing ke dalam granulator M-4263 AB) dengan debit tertentu, disaat yang sama ditambahkan air dengan suhu  $64^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C}$ , dengan suhu steam sekitar  $75^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C}$ , dan laju alir steam sebesar  $0 - 1$  ton/jam. Sudut kemiringan granulator



adalah  $49^\circ$  sampai  $50^\circ$ , dengan kecepatan 9,5 rpm dan arah putaran ke kanan.

Penggunaan steam, temperature dan air dilakukan sesuai dengan keadaan bahan yang diumpankan ke granulator. Setelah menjadi butiran, clinker atau granul gypsum dibawa menuju screen dengan melewati beberapa conveyor antara lain M-4228, M-4211, M-4212, M-4213. Kemudian granule akan mengalami screening menggunakan screen (F-4206), apabila granule sesuai dengan kriteria (ukuran dan berat) maka akan langsung turun dan dialirkan menuju storage melalui conveyor M-4213 dan M-7118-1.

Granule gypsum yang tidak sesuai kriteria akan diolah kembali, granule yang memiliki ukuran lebih besar akan di hancurkan menggunakan crusher Q-4209 AB dan selanjutnya akan di ayak kembali menggunakan screen, begitu seterusnya. Sedangkan granule yang memiliki ukuran lebih kecil dari standar akan dikembalikan ke dalam granulator untuk diproses lagi hingga ukuran sesuai standar.

### **Tahap Scrubbing**

Tahap scrubbing memiliki fungsi untuk meminimalisir terjadinya polusi udara dari partikel gypsum dan gas F yang terikut gas panas ke udara. Penangkapan partikel – partikel dan gas F menggunakan Neutralized Water (NW) dari Effluent treatment dengan bantuan P-4204 AB dan untuk memperluas permukaan kontak antara gas dan air scrubbing menggunakan PP ball yang berada dibawah sprayer, PP ball ada 2 tingkat sehingga proses scrubbing akan lebih maksimal.

### **III. Proses Utama Unit AIF<sub>3</sub>**

Metode pembuatan AIF<sub>3</sub> dari H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> dan Al(OH)<sub>3</sub> dihasilkan dan dikembangkan oleh Chemis Linz A.G. Berikut proses pembentukan AIF<sub>3</sub>:



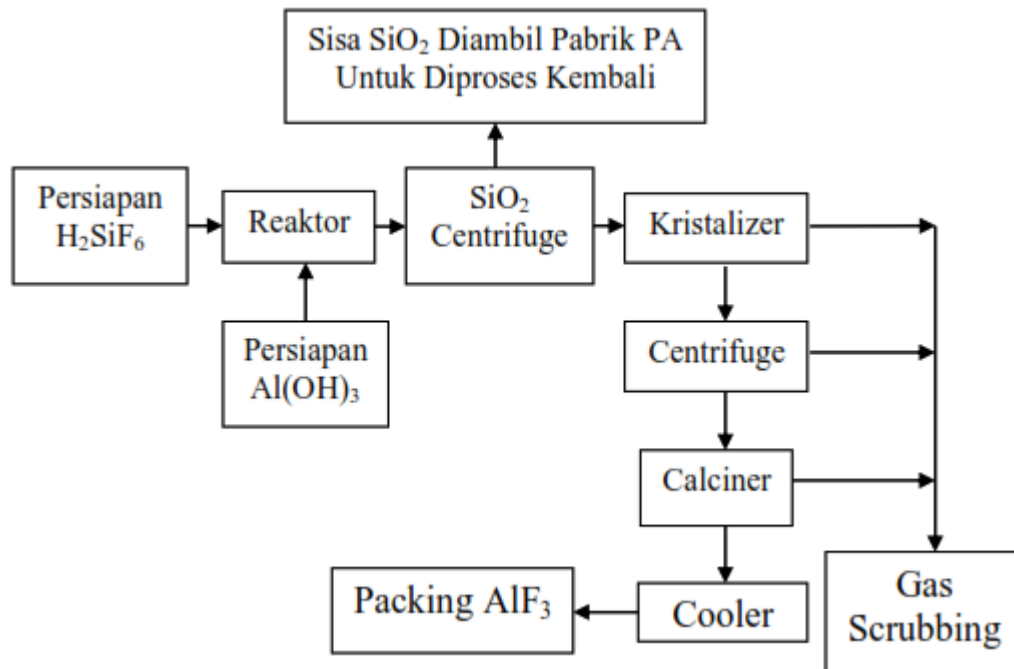
1.  $\text{H}_2\text{SiF}_6 + 2 \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow 2 \text{AlF}_3 + \text{SiO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O} - Q$   
( $Q=11,85 \text{ Kcal/kgmol}$ )
2.  $\text{AlF}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{AlF}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$
3.  $\text{AlF}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{AlF}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$

Dengan mengenal pengetahuan tentang pembuatan  $\text{AlF}_3$  Tohoku-Hiryu KK membangun pabrik  $\text{AlF}_3$  di Jepang. Dasar pengetahuan tentang pembuatan  $\text{AlF}_3$  adalah dari Chemie-Linz dan dengan pengalaman yang ada, Tohoku Hiryu mengembangkannya. Sebelum jadi produk  $\text{AlF}_3$  terlebih dahulu dihilangkan kadar silika lalu dikristalkan untuk selanjutnya dihilangkan kadar airnya hingga menjadi  $\text{AlF}_3$  anhidrat dan didinginkan agar dalam proses pengemasan tidak terlalu panas.

#### A. Uraian Proses

##### Umum

Pabrik  $\text{AlF}_3$  ini dirancang dengan kapasitas produksi sebesar 41 ton per hari. Untuk bahan baku pembuatan  $\text{AlF}_3$  ada 2 yaitu  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  dan  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .



Gambar II.3. Blok Diagram Pabrik AIF<sub>3</sub> PT Petrokimia Gresik

1. Seksi Persiapan Bahan Baku

Pada seksi ini bahan baku pembuatan AIF<sub>3</sub> disiapkan untuk proses reaksi di dalam reaktor batch yang berlangsung selama 15 – 20 menit dalam sekali reaksi bersifat eksotermis. Untuk suhu saat reaksi mencapai 99°C dan pH di dalam reaktor sebesar 1,3.

2. Seksi Pemisahan Silika

Pada tahap ini dilakukan pemisahan silika dari larutan AIF<sub>3</sub> yang sangat jenuh dengan menggunakan centrifuge. Pada centrifuge akan melalui beberapa proses yaitu akselerasi, filling, washing, drying, slowing down, pelling, dan washing ke 2. Setiap 15 kali reaksi, filter cloth harus dibersihkan dan untuk setiap 200 kali reaksi, filter cloth harus diganti karena sudah jenuh.

3. Seksi Kristalisasi



Seksi kristalisasi berfungsi untuk mengkristalkan  $AlF_3$  yang sebelumnya berbentuk larutan dengan rumus kimia  $AlF_3 \cdot 3H_2O$ . Proses ini berlangsung selama 4 jam dan suhu di dalam kristalizer  $95^\circ C$  dengan ditambahkan steam.

4. Seksi Pemisahan  $AlF_3 \cdot 3H_2O$

Pada tahap ini produk yang berbentuk kristal bercampur dengan acidic water akan dipisahkan dengan centrifuge. Acidic water hasil pemisahan akan dialirkan menuju tangki penampung untuk selanjutnya akan diproses di ET (Effluent Treatment). Apabila acidic water tidak terpisah akan

5. Seksi Kalsinasi

Pada proses ini pengurangan kadar air dalam  $AlF_3$  dibagi menjadi 2 proses. Untuk proses pertama pengeringan dengan suhu mencapai  $100^\circ C$  yang disebut dengan proses drying dan untuk proses kedua pengeringan dengan suhu  $700^\circ - 800^\circ C$  yang disebut dengan proses kalsinasi. Untuk alat yang digunakan dalam proses ini bernama Calciner yang memiliki 6 ruang. Ruang 1 sampai 5 bersuhu  $700^\circ - 800^\circ C$  dan ruang 6 memiliki suhu yang tidak terlalu tinggi yaitu  $\pm 200^\circ C$  dikarenakan pada ruang 6 merupakan suhu dari  $AlF_3$  yang sudah jadi.

6. Seksi Pendinginan Produk

Pada tahap ini produk  $AlF_3$  akan didinginkan untuk dikemas. Suhu pada cooler yaitu  $\pm 40^\circ C$ .

7. Seksi Pengemasan

Pada seksi pengemasan, produk  $AlF_3$  yang sudah memenuhi spesifikasi produk akan dikemas dengan kantong plastik yang dilapisi dengan karung goni agar tidak sobek saat terkena gesekan



dari kristal  $AlF_3$ . Produk  $AlF_3$  dikemas dengan berat mencapai 1 ton.

#### 8. Seksi Gas Scrubbing

Untuk mencegah pencemaran udara pada proses produksi  $AlF_3$  digunakan Scrubber Tower. Di dalam Scrubber Tower gas HF yang dihasilkan dari proses kalsinasi maupun debu  $AlF_3$  akan ditangkap dengan menggunakan neutralized water (NW) sehingga gas yang terbuang keluar dari Scrubber Tower tidak berbahaya untuk lingkungan sekitar.

#### Penyediaan $Al(OH)_3$

Bahan baku  $Al(OH)_3$  diangkat dengan forklift lalu diangkat dengan hoist, dari hoist diletakkan pada atas Bag Opener (M-3150) yang sudah terpasang besi untuk menyobek tempat  $Al(OH)_3$ . Setelah itu menuju bucket conveyor (M-3102) untuk mengangkat  $Al(OH)_3$  lalu disimpan pada silo (M-3151) yang dilengkapi dengan alarm low and high level. Untuk menghindari agar debu tidak berhamburan dari silo dan bucket elevator, alat-alat tersebut dipasang exhaust fan (C-3121) dan disaring oleh filter (F-3104). Dari silo  $Al(OH)_3$  masuk pada screw conveyor (M-3103). Kemudian di pompa dengan pompa (C-3101) menuju cyclone hopper (D-3103) dan hopper (D-3104) melewati pneumatic conveyor. Antara cyclone hopper dan hopper dipasang rotary valve (V-3141). Hopper (D-3104) dilengkapi dengan alarm high level apabila dalam keadaan high level secara otomatis akan mematikan pompa dan pneumatic conveyor. Agar debu tidak berhamburan keluar dari hopper dipasang filter (F-3101) Dari hopper (D-3104) menuju screw conveyor (M-3104) lalu masuk ke dalam weigher (M-3131) atau timbangan yang berfungsi untuk menimbang berat  $Al(OH)_3$  yang akan dimasukkan pada reaktor dan





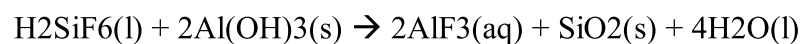
selanjutnya menggunakan screw conveyor (M-3105AB) yang dilengkapi rotary valve (XV-3105 dan XV-3106) untuk mencegah berat berlebih yang akan masuk ke dalam reaktor (R-3111AB).

### **Penyediaan H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>**

H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> dikirim dari pabrik PA dan disimpan dalam daily tank (TK-3105AB). Dari daily tank (TK-3105AB) dipompa dengan pompa P-3105AB menuju preheated tank (TK-3106) lalu dipompa dengan pompa P-3106AB menuju ke heat exchanger (E-3101) untuk dipanaskan terlebih dahulu sebelum direaksikan dengan Al(OH)<sub>3</sub>. Suhu pada heat exchanger (E-3101) dijaga antara 78°C – 81°C. Apabila suhu sudah mencapai antara 75oC – 78oC akan dialirkan menuju measuring vessel (D-3107) dan akan dikirimkan ke reaktor (R-3111AB). Akan tetapi apabila suhu belum mencapai 75oC akan dikembalikan lagi ke preheated tank (TK-3106) untuk dialirkan kembali ke heat exchanger (E-3101) agar suhu sebelum reaksi tercapai. Untuk volume H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> yang akan masuk ke reaktor (R-3111AB) diatur oleh solenoid valve (XV-3103).

### **Reaksi Pemisahan Silika**

Sebelum reaksi pemisahan silika, terlebih dahulu dilakukan reaksi pembentukan produk. Pada saat reaksi suhu mencapai 99oC, reaksi berlangsung selama 15 – 20 menit. Reaktor (R-3111AB) dilengkapi dengan agitator agar tidak terjadi endapan dari sisa hasil reaksi. Reaksi pembentukan produk bersifat eksotermis. Berikut reaksi yang terjadi di dalam reaktor (R3111AB):



Untuk jumlah Al(OH)<sub>3</sub> dan silika yang diperlukan untuk reaksi dihitung sesuai dengan konsentrasi H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> yang masuk pada reaktor (R-3111AB). Agar kualitas produk bagus, silika yang terdapat dalam



hasil reaksi harus segera dipisahkan dan kadar air pada silika juga harus diturunkan. Setelah reaksi, dialirkan menuju centrifuge (M-3132AB) melewati valve (XV-3107 dan XV-3108). Di dalam centrifuge (M-3132AB) hasil reaksi akan dipisahkan dari SiO<sub>2</sub>. Di dalam centrifuge (M-3132AB), slurry atau hasil reaksi akan melewati beberapa proses yaitu akselerasi, filling, washing, drying, slowing down, pelling, dan washing ke 2.

Akselerasi dimana proses menaikkan kecepatan centrifuge dari 250 – 750 rpm. Selanjutnya proses filling yaitu memasukkan larutan dari reaktor menuju centrifuge. Kemudian ada proses washing untuk mencuci sisa reaksi dan membersihkan SiO<sub>2</sub> dari AlF<sub>3</sub>. Pencucian ini menggunakan air panas dari Hot water vessel D-3108. Setelah itu, diikuti dengan proses drying, dimana kadar air bebas pada SiO<sub>2</sub> akan dihilangkan lalu proses slowing down, peeling, dan washing ke 2. Proses slowing down yaitu untuk menurunkan kecepatan centrifuge, untuk proses peeling tujuannya untuk mengambil cake/padatan SiO<sub>2</sub> menggunakan peeling knife. Untuk proses peeling, disediakan ruang kosong selebar 1 cm agar pisau pada peeling tidak bergesekan dengan filter cloth sehingga filter cloth tidak sobek. Proses akhir dari centrifuge yaitu proses washing ke 2 merupakan proses dimana berfungsi untuk membersihkan pori-pori pada bed layer. Setelah 15 kali reaksi batch, filter cloth harus dicuci sedangkan setelah 200 kali reaksi batch, filter cloth harus diganti karena sudah jenuh. Apabila tidak diganti maka pembentukan kristal AlF<sub>3</sub> akan. Setelah terpisah, SiO<sub>2</sub> akan dikembalikan ke pabrik PA untuk diproses kembali.

### **Kristalisasi**

Pada proses kristalisasi, filtrat dari centrifuge (M-3132AB) akan dikristalkan. Sebelum masuk ke kristalizer (R-3112ABCD) akan



ditampung pada  $AlF_3$  distributor (D-3102) untuk dialirkan ke kristalizer melewati rotary valve (XV-3113, XV-3114, XV-3115, dan XV-3116). Fungsi dari  $AlF_3$  distributor yaitu untuk mengatur tujuan aliran slurry agar tidak terjadi luber pada kristalizer. Pada proses ini, suhu pada kristalizer (R-3112ABCD) dijaga konstan yaitu  $95^\circ - 98^\circ C$  dan diberi steam dari bagian bawah kristalizer agar proses pemanasan dapat berlangsung stabil. Untuk pH di dalam kristalizer 1,3. Proses ini berlangsung selama  $\pm 4$  jam. Kristalizer (R-3112ABCD) dilengkapi dengan agitator atau pengaduk agar produk tidak mengeras di dalam kristalizer. Setelah proses selesai akan ditampung pada tangka penampung (TK-3113) melewati rotary valve (XV-3117, XV-3118, XV-3119, dan XV-3120).

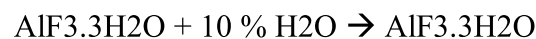
#### **Pemisahan $AlF_3 \cdot 3H_2O$**

Pada proses pemisahan  $AlF_3 \cdot 3H_2O$  menggunakan centrifuge (M-3133). Proses ini bertujuan untuk memisahkan  $AlF_3 \cdot 3H_2O$  dengan acidic water yang masih terdapat pada produk. Untuk suhu pada centrifuge (M-3113) antara  $93^\circ - 100^\circ C$ . Sedangkan kecepatan putarannya hingga 450 rpm. Untuk kristal yang terpisah dari acidic water masuk ke dalam hopper (D-3115) lalu akan dialirkan menuju calciner (M-3134-1,2) melewati table feeder (M-3107-1,2) dan conveyor (M-3160). Acidic water dari hasil pemisahan ini akan ditampung pada bak penampung (D-3125) untuk diproses oleh unit ET atau Effluent Treatment agar dapat dimanfaatkan kembali dalam bentuk NW atau neutralized water. Neutralized water ini akan masuk ke cooling tower (T-3102AB) dan digunakan pada proses gas scrubbing.



### Kalsinasi

Pada proses ini, pengurangan kadar air dalam AlF<sub>3</sub> dibagi menjadi 2 yaitu proses pertama disebut dengan proses drying dan untuk proses kedua disebut dengan proses kalsinasi. Proses ini dilakukan di alat yang dinamakan calciner (M-3134-1,2). Setelah dari centrifuge (M-3133), produk AlF<sub>3</sub> juga akan dikurangi lagi kadar airnya untuk mendapatkan spesifikasi produk yang diinginkan. Proses kalsinasi dapat mengurangi kadar air yang terdapat pada AlF<sub>3</sub> hingga 0,25 %. Untuk proses drying suhu dijaga 100°C yang berfungsi untuk mengurangi kadar air bebas yang masih tersisa di produk. Untuk proses yang terjadi di proses drying sebagai berikut :



Selanjutnya proses kalsinasi yaitu proses dimana mengurangi kadar air hingga produk menjadi anhidrat. Proses ini juga menghilangkan LOI (Loss Of Ignition) atau kandungan air kristal dalam produk AlF<sub>3</sub> dan dijalankan pada suhu antara 700° – 800°C. Berikut reaksi yang terjadi pada proses kalsinasi:



Calciner (M-3134-1,2) sendiri dibagi menjadi 6 ruang pemanasan. Ruang pertama hingga kelima merupakan ruang pemanasan dimana suhunya sangat tinggi, sedangkan ruang ke enam merupakan suhu produk yang sudah jadi. Sehingga suhu turun dikarenakan produk yang sudah jadi akan dikemas lalu dijual kepada pembeli. Bahan bakar yang digunakan pada calciner (M-3134-1,2) adalah natural gas karena hasil dari pembakaran gas lebih konstan dibandingkan dengan batu bara. Selain natural gas yang masuk ke calciner (M-3134-1,2), juga ada udara dari atmosfer yang dipompa melalui combustion air fan (C-3102) yang berfungsi untuk melindungi



batu tahan api agar tidak meleleh setelah terkena panas yang dihasilkan dari Calciner. Agar panas calciner (M-3134-1,2) tidak terbang secara percuma, udara panas yang dihasilkan pada proses burner dihisap dengan C-3103 untuk dialirkan ke seluruh sistem calciner.

### **Pendinginan Produk**

Setelah dipanaskan di calciner (M-3134-1,2), produk  $AlF_3$  yang sudah jadi didinginkan di cooler (M-3135) untuk selanjutnya dikemas melewati conveyor (M-3100). Suhu di cooler dijaga sebesar  $\pm 40^\circ C$  agar dalam proses pengemasan tidak terlalu panas untuk di taruh di dalam kantong plastik penyimpanan. Untuk menjaga cooler (M-3135) tetap dingin, cooler dialiri air yang diambil dari cooling tower (T-3102AB).

### **Pengemasan Produk**

Dari cooler (M-3135) produk melewati conveyor (M-3100) lalu dikemas dengan kantong plastik yang dilapisi karung goni. Untuk besarnya pengemasan  $AlF_3$  beratnya mencapai 1 ton.

### **Gas Scrubbing**

Proses gas scrubbing memiliki fungsi untuk mencegah polusi yang dihasilkan dari proses pembuatan  $AlF_3$ . Polusi yang dihasilkan berupa gas HF dan debu dari proses kalsinasi. Untuk itu dipasanglah alat yang dinamakan dengan scrubbing tower (T-3101). Alat ini berfungsi untuk menangkap debu maupun gas HF dengan cara menyemprotkan air dari cooling tower (3102AB). Di dalam scrubbing tower (T-3101) akan disemprotkan ke arah bawah sedangkan gas dan debu dari bawah akan dihisap ke atas dengan exhaust fan (C-3104). Lalu akan terjadi kontak dan partikel gas serta debu akan terkena air sehingga larut dan akan jatuh ke bawah scrubbing tower dan akan



---

dipompa menuju D-3125 untuk diproses di ET (Effluent Treatment).  
Sehingga gas yang keluar ke atmosfer tidak berbahaya dan tidak  
mencemari lingkungan sekitar.



## II.2 Uraian Tugas Khusus

### I. Judul

Menghitung neraca massa dan neraca panas pada reaktor R-3111 AB.

### II. Tujuan

Tujuan dari tugas khusus ini untuk menghitung neraca massa dan neraca panas dari kondisi rancangan awal dan kondisi aktual agar dapat diketahui efisiensi produksi dari pembuatan Aluminium Fluorida.

### III. Latar Belakang

PT. Petrokimia Gresik merupakan BUMN yang memproduksi pupuk dan bahan kimia untuk dijadikan bahan baku di industri lain. Pabrik yang dimiliki PT. Petrokimia berjumlah 3 pabrik yaitu pabrik 1, pabrik 2, dan pabrik 3. Untuk hasil produksi dari pabrik 1 yaitu pupuk urea, pupuk ZA 1 dan ZA 3, ada hasil samping yaitu berupa amonia, CO<sub>2</sub> cair dan padat, gas N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> cair, gas O<sub>2</sub>, dan O<sub>2</sub> cair. Sedangkan pabrik 2 hasil produksinya yaitu pupuk fosfat 1 dan pupuk fosfat 2 serta pupuk Phonska lalu produk dari pabrik 3 yaitu asam fosfat, asam sulfat, pupuk ZA 2, *cement retarder* (CR), dan aluminium fluorida.

Salah satu produk dari pabrik 3 yaitu aluminium fluorida (AlF<sub>3</sub>) yang berfungsi untuk menurunkan titik lebur aluminium sehingga pada industri aluminium tidak membutuhkan tenaga yang besar untuk meleburkan aluminium. Bahan yang digunakan pada pembuatan aluminium fluorida yaitu aluminium hidroksida (Al(OH)<sub>3</sub>) dan asam fluosilikat (H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>).

Proses reaksi pembuatan aluminium fluorida dilakukan di reactor batch dimana reaksi terjadi tidak secara kontinyu. Reaktor yang digunakan untuk reaksi pembentukan aluminium fluorida dilengkapi dengan pengaduk.



#### IV. Rumusan Masalah

Reaktor merupakan alat yang penting pada proses pembuatan aluminium fluorida. Apabila desain rancangan kapasitas reaktor tidak sesuai dengan kapasitas pada kondisi aktual maka proses produksi aluminium fluorida tidak akan berjalan secara maksimal. Untuk itu perlu dilakukan perhitungan efisiensi produksi dengan cara menghitung neraca massa dan neraca panas pada reaktor. Sehingga dapat dibandingkan antara kapasitas rancangan dan kapasitas aktual yang berada di lapangan.

#### V. Tinjauan Pustaka

##### a. Reaktor

Reaktor merupakan suatu tempat untuk terjadinya reaksi. Dengan terjadinya reaksi tersebut maka suatu bahan berubah ke bentuk bahan lainnya, perubahannya ada yang terjadi secara spontan atau berubah dengan bantuan energi. Dalam mendesain reaktor sering didiskusikan mengenai variabel dependen dan independen. Independen variabel merupakan suatu pilihan misalkan tipe reaktor, katalis yang digunakan, suhu masuk reaktor, tekanan, dan komposisi dari umpan masuk reaktor. Variabel-variabel tersebut mungkin dibatasi oleh suatu kondisi-kondisi, sebagai contoh variabel dependen yang dibatasi misalnya *pressure drop*. Hal ini disebabkan karena harga dari kompresor (Perry, Green, dan Maloney, 1999).

##### b. Tipe-Tipe Reaktor

Reaktor dapat diklasifikasikan berdasarkan mode operasinya, *end-use*, *application*, dan fasenya (Nanda, 2008).

##### 1. Reaktor *Batch*

Reaktor jenis ini merupakan reaktor dimana semua reaktan dimasukkan secara bersama-sama saat awal proses dan produk





dikeluarkan saat reaksi telah selesai. Pada proses ini, semua reagen ditambahkan saat awal proses dan selama reaksi berlangsung tidak ada input yang masuk maupun output yang keluar. Proses *batch* ini cocok untuk produksi yang kecil.

## 2. Reaktor Kontinyu

Reaktor jenis ini adalah suatu reaktor dimana reaktan diumpankan masuk ke dalam reaktor dan produk maupun produk samping dikeluarkan saat reaksi masih berlangsung. Contoh reaktor kontinyu adalah pada proses pembuatan ammonia. Reaktor ini cocok untuk skala produksi yang besar.

### c. Klasifikasi berdasarkan Fase

Walaupun klasifikasi reaktor yang umum berdasarkan mode operasinya, reaktor juga didesain untuk mengakomodasi fase dari reaktan dan menyediakan kondisi yang optimal untuk reaksi. Reaktan dapat berupa fluida atau padatan. Reaktor *single phase* secara umum merupakan reaktor fase gas atau fase cair. Reaktor dua fase misalnya reaktor gas-cair, cair-cair, padat-gas, atau cair-padat. Reaktor multifase biasanya memiliki lebih dari dua fase. Salah satu contoh yang umum reaktor multifase ialah reaktor gas-cair-padat (Perry, Green, dan Maloney, 1999).

### d. Reaksi Pembentukan $\text{AlF}_3$

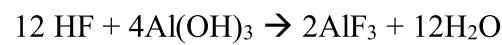
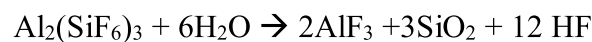
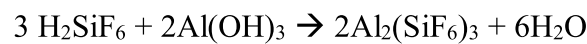
Pembentukan aluminium fluorida ialah dengan mereaksikan bahan baku asam fluosilikat ( $\text{H}_2\text{SiF}_6$ ) dengan aluminium hidroksida ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) yang menghasilkan slurry  $\text{AlF}_3$  dan silika ( $\text{SiO}_2$ ). Reaksi yang terjadi adalah :



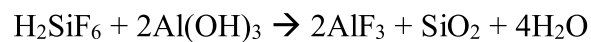
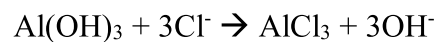
Reaksi yang terjadi di dalam reaktor bersifat eksotermis. Reaksi pembentukan  $\text{AlF}_3$  dan  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  serta  $\text{Al}(\text{OH})_3$  merupakan reaksi



padat cair yang dioperasikan pada temperatur 90 – 100 °C dengan temperatur reaksi optimum 98 °C, tekanan atmosfer dan tanpa katalis. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Skyler (1996); Dmitrevskij and Semenova (1970), reaksi pembentukan  $AlF_3$  terjadi dalam beberapa tahapan proses:



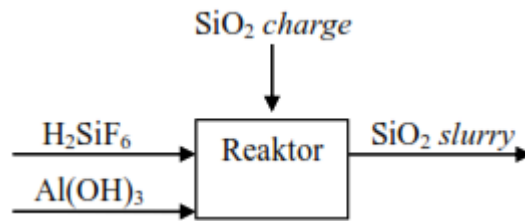
Sedangkan menurut Laporan Training  $AlF_3$  dan CR di Jepang, Korea, dan Austria, tahapan reaksi di pabrik  $AlF_3$  di PT. Petrokimia Gresik sebagai berikut :



Reaksi pembentukan  $AlF_3$  ini terdapat faktor-faktor yang menentukan reaksi berjalan dengan optimal atau tidak. Faktor-faktor tersebut antara lain (*Laporan Hasil Training Aluminium Fluoride dan Cement Retarder di Jepang, Korea dan Austria tanggal 11 Mei s/d 26 Oktober 1983*) :

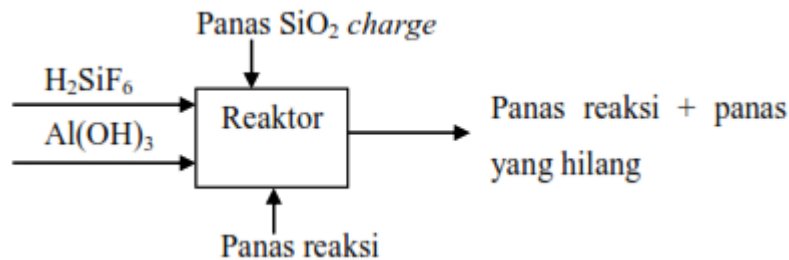
1. Mol rasio
2. Temperatur reaksi
3. Konsentrasi  $H_2SiF_6$
4. Waktu reaksi
5. pH reaksi
6. Kecepatan pengadukan

**e. Neraca Massa**



$$[\text{Laju } \text{H}_2\text{SiF}_6 \text{ masuk reaktor}] + [\text{Laju } \text{Al}(\text{OH})_3 \text{ masuk reaktor}] + [\text{Laju } \text{SiO}_2 \text{ charge masuk reaktor}] - [\text{Laju } \text{SiO}_2 \text{ slurry keluar reaktor}] = [\text{Laju akumulasi dalam reaktor}]$$

**f. Neraca Panas**



$$[\text{Panas } \text{H}_2\text{SiF}_6 \text{ masuk reaktor}] + [\text{Panas } \text{Al}(\text{OH})_3 \text{ masuk reaktor}] + [\text{Panas } \text{SiO}_2 \text{ charge masuk reaktor}] + [\text{Panas dari reaksi}] = [\text{Panas akumulasi reaktor}] + [\text{Panas yang hilang dari reaktor}]$$



## VI. Hasil Perhitungan Dan Pembahasan

### a. Hasil Perhitungan

Berikut hasil perhitungan dengan membandingkan antara data rancangan awal dan data aktual :

Tabel 4. Data Perbandingan Neraca Massa antara Desain Dengan Aktual

Komponen	Aliran Masuk (kg/jam)		Aliran Keluar (kg/jam)	
	Desain	Aktual	Desain	Aktual
AL(OH) <sub>3</sub>	1.994,50	1.854,32	-	-
H <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	10.914,33	8.465,92	-	-
SiO <sub>2</sub> <i>charge</i>	233,61	204,29	-	-
SiO <sub>2</sub> <i>slurry</i>	-	-	895,82	842,495
H <sub>2</sub> O	-	-	9.848,53	7.520,98
Total	13.142,44	10.524,53	10.744,35	8.363,475

Pada desain neraca panas neraca panas masuk sebesar 782.535,43 kcal/jam dan neraca panas keluar menurut desain sebesar 761.063,57 kcal/jam. Sedangkan data perhitungan aktual neraca panas yang masuk hanya 657.905,57 kcal/jam dan neraca panas keluar hanya 575.257,33 kcal/jam. Data Neraca Panas yang didapat dari perhitungan desain adalah panas yang hilang dari reaksi sebesar 21471,83 kcal/jam dan yang didapat dari perhitungan aktual sebesar 82648,24 kcal/jam.

### b. Pembahasan

Dari tabel 4. dapat diketahui bahwa neraca massa pada kondisi awal rancangan dengan kondisi aktual atau yang di lapangan berbeda. Hal ini disebabkan karena massa yang masuk berbeda dimana pada desain sebesar 1708,33 kg/jam dan pada aktual sebesar 1654,17 kg/jam. Hal ini juga berdampak pada neraca massa aktual



yang keluar sehingga efisiensi produksi pembuatan  $AlF_3$  juga menurun.

Untuk panas yang dihasilkan pada reaksi dapat dilihat pada hasil total neraca panas yang masuk maupun neraca panas yang keluar antara desain dengan aktual. Pada desain neraca panas seharusnya neraca panas masuk sebesar 782.535,43 kcal/jam dan neraca panas keluar menurut desain sebesar 761.063,57 kcal/jam. Sedangkan data perhitungan aktual neraca panas yang masuk hanya 657.905,57 kcal/jam dan neraca panas keluar hanya 575.257,33 kcal/jam. Dengan menurunnya panas yang dihasilkan maka proses reaksi pembentukan produk  $AlF_3$  tidak dapat berjalan dengan optimal. Pada perhitungan desain, panas yang hilang dari reaksi sebesar 21471,83 kcal/jam dan yang didapat dari perhitungan aktual sebesar 82648,24 kcal/jam. Pada perhitungan Desain dan Aktual terjadi perbedaan panas yang hilang dari reaksi dikarenakan rate massa  $H_2SiF_6$  yang masuk pada reaktor berbeda jauh.

## VII. Penutup

### a. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan data aktual didapat bahwa neraca massa yang masuk sebesar 10.644,87 kg/jam. Sedangkan pada desain neraca awal dapat mencapai 13.178,59 kg/jam. Dengan menurunnya neraca massa antara desain dengan aktual maka efisiensi produksi  $AlF_3$  juga menurun. Pada perhitungan desain, panas yang hilang dari reaksi sebesar 21471,83 kcal/jam dan yang didapat dari perhitungan aktual sebesar 82648,24 kcal/jam.



**b. Saran**

1. Untuk mendapatkan tingkat efisiensi produksi yang tinggi seharusnya kualitas bahan baku dijaga agar neraca massa maupun neraca panas yang masuk tidak menurun.
2. Untuk meningkatkan efisiensi produksi, PT. Petrokimia Gresik perlu melakukan juga pembaruan alat atau renovasi alat. Dengan alat baru diharapkan tingkat konversi akan meningkat sehingga efisiensi produksi juga akan meningkat