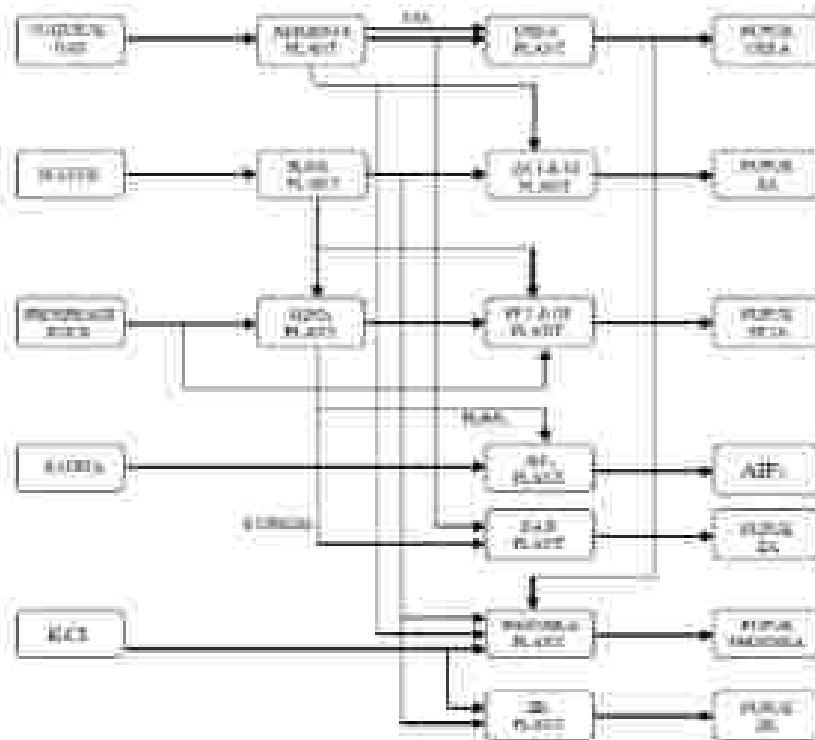


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Uraian Proses

PT Petrokimia Gresik merupakan pabrik pupuk terlengkap di Indonesia yang mampu menghasilkan produk pupuk dan produk non pupuk serta bahan kimia lainnya. Secara umum, PT Petrokimia Gresik dibagi menjadi 3 unit produksi, yaitu unit produksi I A dan I B, unit produksi II A dan II B serta unit produksi III A dan III B.



Gambar 2.1 Alur Proses Produksi PT Petrokimia Gresik

II.1.1. Kompartemen Pabrik I

Kompartemen pabrik I memiliki 2 departemen produksi, yaitu departemen produksi IA dan IB. Departemen produksi IA merupakan unit





kerja yang memproduksi pupuk berbahan baku ammonia dan urea serta ZA. Departemen produksi I B merupakan unit kerja yang memproduksi pupuk berbahan baku ammonia.

1. Pabrik Ammonia:

Tahun Berdiri : 2018
Kapasitas Produksi : 445.000 ton-tahun
Bahan Baku : Ammoniak dan Urea

2. Pabrik ZA I

Tahun berdiri : 1972
Kapasitas produksi : 200.000 ton-tahun
Bahan baku : Gas amoniak dan asam sulfat

3. Pabrik ZA III

Tahun berdiri : 1950
Kapasitas Produksi : 200.000 ton-tahun
Bahan baku : Gas amoniak dan asam sulfat

Selain menghasilkan pupuk, Unit Produksi I, juga menghasilkan produk samping non pupuk, antara lain:

1. CO₂ cair dengan kapasitas 10.000 ton-tahun
2. CO₂ padat (*Dry Ice*) dengan kapasitas 4.000 ton-tahun
3. Gas Nitrogen dengan kapasitas 500.000 ton-tahun
4. Nitrogen cair dengan kapasitas 250.000 ton-tahun
5. Gas Oksigen dengan kapasitas 600.000 ton-tahun
6. Oksigen cair dengan kapasitas 3.500 ton-tahun

II.1.1. Kompartemen II

Kompartemen II terdiri dari 3 departemen produksi, yakni departemen produksi IIA dan departemen IIB. Departemen IIA merupakan unit kerja yang memproduksi pupuk berbahan baku nitrogen phospat dan





kalimat. Sedangkan departemen produksi IIB merupakan unit kerja yang memproduksi pupuk berbahan baku NPK, NPK Phoska, dan pupuk ZK.

A. Pabrik Pupuk Fosfat

1. Pabrik Pupuk Fosfat I

Tahun berdiri	: 1979
Kapasitas produksi	: 500.000 ton/tahun
Bahan baku	: <i>Fosfat rock</i>

2. Pabrik Pupuk Fosfat II

Tahun berdiri	: 1983
Kapasitas produksi	: 300.000 ton/tahun
Bahan baku	: <i>Fosfat rock</i>

B. Pabrik Phoska

1. Pabrik Pupuk PHOSKA I

Kapasitas	: 450.000 ton/tahun
Tahun operasi	: 2000
Bahan baku	: Amoniak, Asam Fosfat, Asam Sulfat, Belerang dan filler

2. Pabrik Pupuk PHOSKA II

Kapasitas	: 600.000 ton/tahun
Tahun operasi	: 2005
Bahan baku	: Amoniak, Asam Fosfat, Asam Sulfat, Belerang dan filler

3. Pabrik Pupuk PHOSKA III

Kapasitas	: 600.000 ton/tahun
Tahun operasi	: 2009
Bahan baku	: Amoniak, Asam Fosfat, Asam Sulfat, Belerang dan filler





4. **Fabrik Pupuk PHOSKAL IV**

Kapasitas:	60.000 ton/tahun
Tahun operasi:	2011
Bahan Baku:	Amoniak, Asam Fosfat, Asam Sulfat, Belerang dan filler

C. **Fabrik Pupuk NPK**

1. **Fabrik Pupuk NPK I**

Tahun:	2005
Kapasitas:	70.000 ton/tahun
Bahan baku:	DAP, Urea, ZA, KCl dan filler

2. **Fabrik Pupuk NPK II**

Tahun:	2008
Kapasitas:	100.000 ton/tahun
Bahan baku:	DAP, Urea, ZA, KCl dan filler

3. **Fabrik Pupuk NPK III**

Tahun:	2009
Kapasitas:	100.000 ton/tahun
Bahan baku:	DAP, Urea, ZA, KCl dan filler

4. **Fabrik Pupuk NPK IV**

Tahun:	2009
Kapasitas:	100.000 ton/tahun
Bahan baku:	DAP, Urea, ZA, KCl dan filler

5. **Fabrik Pupuk NPK Blending**

Tahun:	2003
Kapasitas:	60.000 ton/tahun
Bahan baku:	DAP, Urea, ZA, KCl dan filler





D. **Fabrik ZK**

1. **Fabrik Pupuk K_2SO_4**

Tahun	2003
Kapasitas	10.000 ton/tahun
Bahan baku	H_2SO_4 dan KCl

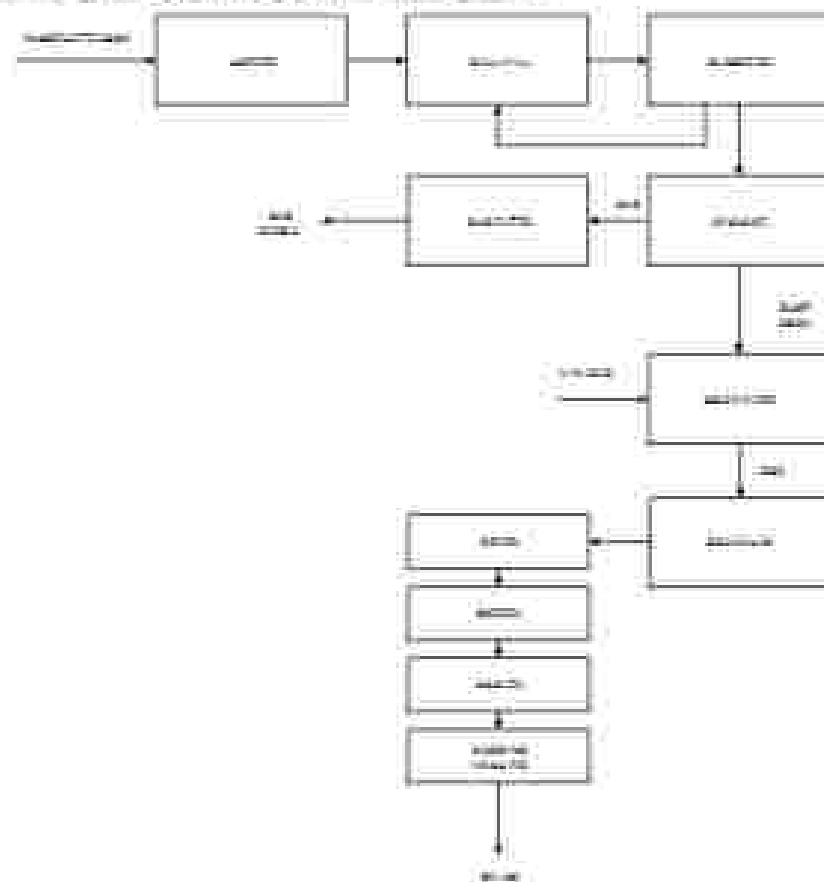
2. **Fabrik Pupuk K_2SO_4**

Tahun	2016
Kapasitas	10.000 ton/tahun
Bahan baku	H_2SO_4 , Natrium Karbonat dan KCl





II.1.1.1. Unit produksi Pupuk Fosfat (SP-36)



Gambar 2.2. Blok diagram unit pupuk fosfat

1. Grain Proses

Bahan baku berupa fosfat rock di loading oleh wheel loader menuju ball mill untuk mengalami proses penggilingan dengan media ball charge sebagai penghancurnya untuk menghasilkan mesh yang lebih kecil, dengan ukuran mesh +100 = 25% maka dan mesh -300 = 50% min. Hasil dari penggilingan berupa partikel yang lebih kecil atau dust rock akan di pisahkan lagi ukurannya di classifier. Untuk ukuran yang tidak sesuai akan kembali di recycle ke dalam ball mill. Sedangkan yang sesuai dengan





standart akan menuju ke cyclone. Di dalam cyclone akan dipisahkan antara dust rock dengan gas. Gas tersebut akan di saring lagi di dalam bag filter agar gas yang keluar ke atmosfer tidak ada debu yang tertahan. Dust rock dari hasil pemisahan di cyclone akan disimpan ke dalam silo dengan kadar P_2O_5 37% min. Di dalam silo terdapat air slide system yang berfungsi sebagai pemanas dan juga untuk mentransfer dust rock menuju unit reaksi. Proses selanjutnya adalah proses mixing antara dust rock dengan mix acid di dalam cope mixer untuk menghasilkan produk setengah jadi atau ROP (Run of Pile). ROP tersebut bisa diimpankan langsung ke unit granulasi atau diturunkan terlebih dahulu di curing storage untuk menghasilkan reaktor lanjutan. ROP yang masuk ke unit granulasi terjadi proses pembatuan dengan injeksi slurry dan steam. Hasil dari proses granulasi akan menuju ke proses pengeringan untuk menurunkan kadar H_2O yang sesuai standart. Produk kemudian diayak untuk memperoleh produk dengan mesh yang diinginkan. Mesh produk yang tidak sesuai standart akan di recycle kembali ke unit granulasi. Produk yang sudah sesuai standart akan di dinginkan terlebih dahulu kemudian di kirim ke unit penyimpanan SP-36.





II.1.1.2 Pabrik Pupuk ZK

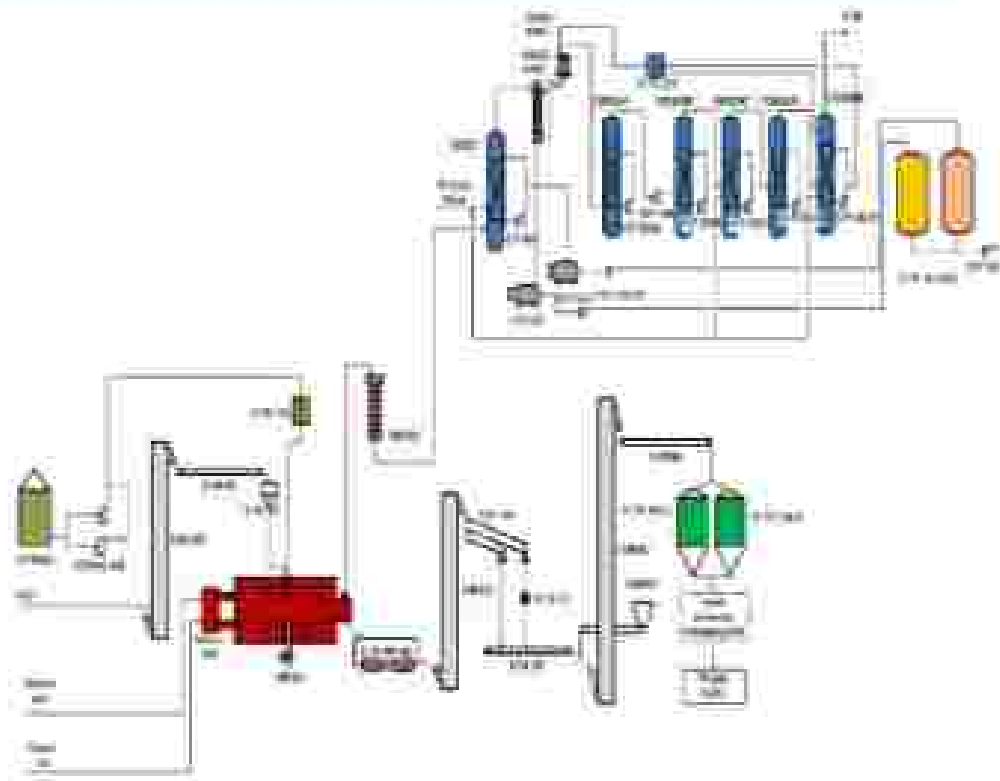
Unit pabrik ZK (Zwaisferium Kalium) menggunakan proses Mannheim yaitu mereaksikan Kalium Klorida (KCl) dengan asam sulfat 98% di reaktor furnace (Mannheim reactor) yang dirancang oleh konsorsium Eastern Tech dan Tinas (Indonesia) dengan kapasitas produksi sebesar 10.000 ton/tahun dengan hasil samping asam klorida (HCl) sebesar 12.000 ton/tahun.

Secara umum alur proses pembuatan pupuk ZK akan diuraikan melalui diagram pada gambar 2.1. Proses pembuatan pupuk ZK yang digunakan di unit ini adalah proses reaksi antara asam sulfat (H_2SO_4) dan kalium klorida (KCl). Kedua bahan ini direaksikan di dalam reaktor furnace (Mannheim Reaktor) untuk membentuk K_2SO_4 (ZK) dan gas asam klorida (HCl). Reaksinya adalah sebagai berikut.



Proses Mannheim adalah Reaksi antara KCl dan Asam Sulfat 98 % yang terjadi di Reaktor Furnace (Mannheim Furnace) , Reaktor beroperasi pada suhu diatas $500^{\circ}C$.





Gambar 2. 3 Flowchart Unit Paprik EK

Proses reaksi antara KCl dan Asam Sulfat adalah :



Reaksi Asam Sulfat dan KCl terjadi dalam dua tahap :

- 1). $\text{KCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{KHSO}_4 + \text{HCl}$
- 2). $\text{KCl} + \text{KHSO}_4 \longrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$

Reaksi yang pertama adalah reaksi eksotermis terjadi pada suhu rendah, dan yang kedua adalah reaksi endotermis terjadi pada suhu tinggi. Untuk meminimalkan kandungan Cl⁻ pada hasil produksi, ekue Asam Sulfat rendah ditambahkan, kelebihan Asam sulfat dinetralkan dengan Calcium Carbonat atau Natrium Carbonat tergantung pada persyaratan kemurnian produk.



Reaktor Furnace adalah Dish-shaped Chamber yang termitigasi dipanaskan dari luar dengan minyak atau gas alam. KCl dan Asam Sulfat dimasukkan kedalam reaktor dengan perbandingan tertentu. Campuran reaksi yang dipanaskan dari luar dan dididuk oleh strainer, temperatur dikendalikan dengan memasang 4 buah element Temperature transmitter di bagian atas, samping kiri-kanan dan di bagian dasar Reaktor.

a. Cooling & Neutralization Unit

K_2SO_4 hasil reaksi dari Reaktor didinginkan dengan cooling water di Ejector Cooler 13 J103 A/B setelah itu diayak dengan vibrating screen dan dikecilkan ukurannya dengan menggunakan crusher. Untuk menetralkan asam bebas ditambahkan kapur atau sodium karbonat, setelah itu dibawa ke Silo untuk dikantongi.

b. Bagging

Dari Silo 13 TK104 A/B, produk K_2SO_4 dikantongi dengan kantong terbuat dari Lining Poly Etilena (PE). Mesin pengantongan di unit produksi pabrik ZK didesain semi otomatis artinya Operator hanya meletakkan kantong dibawah tarbangan dan menangani kantong selama dijahit. Nama akan dicetak di kantong Poly Propilena (PP).

c. Scrubber dan Absorber Unit

Gas Asam chlorida yang terjadi selama reaksi didinginkan oleh Graphite Cooler (13 E102) hingga 600C - 700C. Proses pendinginan dimonitor melalui temperatur masuk dan keluar Graphite Cooler 13 E102, demikian juga temperature masuk dan keluar cooling water.

Gas dingin dimasukkan ke Scrubber Asam Chlorida (13 D201) untuk menyerap kandungan gas Asam Chlorida. HCl yang masih lolos diserap kembali oleh 5 (lima) buah Absorber (13 D204A-E) yang diruntut secara seri, sehingga konsentrasi HCl mencapai 31%-33%, setelah itu dimasukkan ke intermediate tank (13TK-202 dan 13TK-203) dan di





pompa ke tangki HCl (13TKG03A/B/C/D/E) untuk pengiriman ke pelanggan. Ada 2 (dua) macam HCl hasil penyaringan yaitu HCl grade A dan HCl grade B. HCl grade A berwarna bening dengan produksi HCl 2/3 dari total. HCl grade B berwarna kekuning-kuningan dengan produksi HCl 1/3 dari total.

II.1.1.3 Proses Produksi NPK

L NPK Phoska IV



Gambar 1.4 Flow Diagram Proses
Produksi NPK Phoska IV

Bahan Baku

- NH_3 : Sebagai sumber N
Kadar N : 82%
Kemurnian : 99,5%





- H_3PO_4 : Sebagai sumber P_2O_5
Kadar P_2O_5 : 50%
Kemurnian : 69%
- H_2SO_4 : Bereaksi dengan NH_3 membentuk ZA.
Kemurnian : 98.5%
- ZA : Sebagai sumber N
Kadar N : 46%
- Urea : Sebagai sumber N
Kadar N = 46%
- KCl : Sebagai sumber K_2O
Kadar K_2O : 60%

Proses Produksi

1. Persiapan Bahan Baku

Berpindahan bahan baku dari gudang penyimpanan ke pabrik menggunakan belt conveyor. Bahan baku lalu ditumpukan ke Hopper. Bahan baku akan dilewatkan filter magnetic untuk menghilangkan logam yang terikat dalam bahan baku, yang selanjutnya akan dipindahkan ke pabrik.

2. Persiapan Slurry

Bahan cair yang digunakan untuk menetralkan adalah asam fosfat, asam sulfat, dan amoniak serta steam dan liquor hasil pencucian di scrubber. Steam digunakan untuk menaikan suhu reaksi. Asam fosfat yang ditumpukan ke dalam Pre-Neutralizer ini berasal dari unit scrubbing. Amoniak yang digunakan adalah amoniak cair agar volume pipa yang digunakan lebih kecil. Amoniak dan asam sulfat ditumpukan ke dalam tangki melalui dinding bagian bawah tangki, sedangkan asam fosfat ditumpukan melalui bagian atas tangki.





3. Proses Granulasi

Granulator dilengkapi dengan *flaring rubber gaskets* untuk menghindari penumpukan produk. Granulator juga dilengkapi dengan *lung kicker* untuk memisahkan gumpalan yang tertisa didesain drint yang dapat mengganggu aliran padatan dan menjaga agar gumpalan tersebut tidak terbawa ke dalam *dryer*. *Lung kicker* akan mengeluarkan gumpalan ke dalam *grindy* yang akan membuat gumpalan tersebut terpecah-pecah akibat aksi perputaran.

Padatan keluar dari granulator dengan kandungan kadar air normal 2-3% dan diumpahkan secara gravitasi ke dalam *dryer* untuk memperoleh kadar air yang diinginkan maksimal yaitu 1,5%. Gas yang terbentuk dalam granulator ditrap melalui granulator *pre-scubber* untuk menangkap kembali sisa amoniak dan debu yang lolos. Outlet pada bagian depan granulator terbuka, hal ini dilakukan agar memudahkan pengontrolan alat granulator. Hal tersebut dilakukan sebab pengontrolan di granulator untuk mendapatkan hasil yang diinginkan sangat sulit dilakukan. Dengan adanya *space* terbuka tersebut dapat memudahkan operator mengontrol alat granulator tersebut.

4. Pengeringan dan Pengayakan Produk (Drying & Screening)

Proses *dryer* merupakan proses pengeringan padatan keluaran granulator dengan suhu 300-400°C hingga kadar airnya mencapai 1,5% menggunakan udara pengering dari arah *co-current*. Udara yang digunakan untuk proses pengeringan ini terdiri dari udara pembakaran dan dilution air. Dilution air ditambahkan guna menurunkan suhu udara pembakaran hingga 120-170 °C. Produk kering diumpahkan ke *exit dryer conveyor*, dan diumpahkan ke *exit dryer elevator* yang akan dibawa ke penyangk melalui *screen feeder*. Di antara *exit dryer conveyor* dan *screen feeder* terdapat *recycle by pass diverter* yang berguna untuk mengirim kembali bahan ke





padang penyaringan bahan baku untuk proses selanjutnya. Screen akan memisahkan antara produk undersize dan oversize. Untuk produk dengan ukuran onsite akan diumpukan langsung ke small recycle regulator bin. Untuk produk oversize akan dijatuhkan kedalam pulvisinter yang lalu terdapat diverter untuk mengganti jalur penyaring dan crusher secara bergantian. Produk undersize dari screen jatuh secara gravitasi ke dalam recycle belt conveyor untuk diproses ulang.

5. Pendinginan (Cooling)

Setelah melalui screen feeder, produk akan masuk ke cooler drum yang akan menurunkan temperature. Proses pendinginan menggunakan udara suhu kamar. Beberapa NPK memiliki CRH (Critical Relative Hummidity) sekitar 55% pada 30°C dan dapat menahan kadar air. Jika kondisi udara lingkungan memiliki kadar air yang relative tinggi, pematasan udara akan meningkatkan temperature udara dan akibatnya kelembaban relative udara akan berkurang. Produk yang keluar dari cooler ini bertuhu 50-53°C.

6. Proses Pelapisan (Coating)

Proses pelapisan ini menggunakan rotary drum. Coating terbagi menjadi 2 yaitu Coating agent liquid dan coating powder. Pada produk ini coating yang digunakan adalah coating agent. Coating agent terbuat dari dolomit dan coating oil. Pelapisan ini dilakukan agar terjadi proses caking yang dapat menyebabkan pupuk memadat menjadi satu seperti batu. Untuk menambah sifat anticaking, salah satu coating agent ditambahkan senyawa turminasi sehingga dapat memberikan daya tahan ekstra terhadap penyerapan air.





7. Penyerapan Gas (Scrubbing) dan Dedusting

Sistem scrubbing terdiri dari 4 tahap:

- 1) Granulasi pre scrubber merupakan alat yang digunakan untuk penyerapan gas pada tahap pertama yang berfungsi untuk menyerap gas yang mengalir dari granulasi pre-scrubber dan pre-neutralizer.
- 2) Menggunakan dryer scrubber dimana dryer scrubber akan menangkap gas yang berasal dari dryer cyclone yang kemudian dihisap oleh fan yang dipasang setelah scrubber.
- 3) Gas scrubber merupakan alat yang digunakan untuk menangkap gas yang berasal dari 2 sistem scrubber dan yang berasal dari rotary drum cooler.
- 4) Tower scrubber pada tahap ini digunakan untuk memamahi tetapan amin gas buang.

Dedusting system digunakan untuk mengurangi debu yang lepas. Alat tersebut dilengkapi system injeksi udara panas titik setiap untuk mencegah kondensasi di dalam ducting yang menyebabkan lengket dan penumpukan debu peralatan system injeksi udara panas terdiri atas fan dan steam yang dimasukkan ke heater.

II.1.1.4 NPK Granulasi

Bahan Baku

- DAP (Diammonium Phosphate) (SNI 02-2153-1994)

Rumus molekul : $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

Kadar N : Min 18%

Kadar air : Min 1%

P₂O₅ : Min 45 %

Ukuran granul : 1 – 44 mm (80%)

Sifat fisik : Berbentuk butiran berwarna putih





- Titik leleh : 153 °C
- Densitas : 1,619 gr/ml pada 25 °C
- Warna : Hitam atau abu – abu
- Sifat : Tidak higroskopis
- Urea (diperoleh dari Pabrik Urea yang ada di Dept. Produksi I)
 - Rumus molekul : $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
 - Bentuk : Kristal Kadar
 - N : Min 46%
 - Bituret : Max 1%
 - Kadar air : Min 0,5%
 - Ukuran granul : 1 – 3, 55 mm (90%)
 - Berat molekul : 60,07 gr/mol
 - Sifat fisik : Berbentuk Kristal berwarna putih
 - Titik leleh : 132,7 °C
 - Titik didih : Terdekomposisi
 - Sifat : Higroskopis 5%
- KCl (diperoleh dari impor)
 - Berat molekul : 74,55 gr/mol
 - Sifat fisik : Kristal tak berwarna atau berwarna putih, dapat juga berbentuk serbuk
 - Kadar K_2O : Min 60%
 - Kadar air : Min 1%
 - Densitas : 1,987 gr/ml
 - Titik leleh : 773 °C (menyublim pada 1500 °C)
- Amonium Sulfat / ZA (diperoleh dari Pabrik Amonium Sulfat yang ada di Departemen Produksi I, III dan impor)
 - Rumus molekul : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$



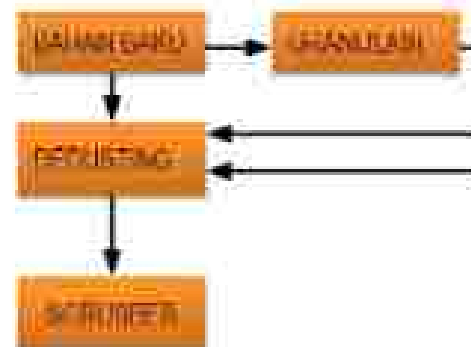


Kadar N	: Min 30,8%
Kadar S	: Min 13,8%
Ukuran granul	: +30 mesh
Berat molekul	: 132,6 gr/mol
Sifat fisik	: Berwarna coklat, kristal, berwarna abu-abu sampai putih Titik leleh >280 °C (tidakkomposit)
Sifat	: Tidak higroskopis

- Clay

Berfungsi sebagai perekat antar bahan atau binder dan juga sebagai filler. Clay berbentuk bubuk dengan warna putih kecoklatan. Filler lainnya berupa granul pupuk yang berukuran under size. Pada umumnya feed ini dimampatkan sebanyak 50% - 70%.

Proses Produksi



Gambar 1.5 Flow Chart Proses Produksi NPK Granulasi

1. Penyiapan Bahan Baku

Proses pertama dimulai dengan penyiapan bahan baku. Bahan baku yang dibutuhkan untuk pembuatan NPK granulasi meliputi ZA, Urea, DAP,





KCl, Clay Bahan baku yang digunakan di PT Petrokimia Gresik merupakan bahan baku yang diproduksi sendiri maupun import. ZA dapat diproduksi oleh PT Petrokimia, dan diproduksi oleh Pabrik 1. ZA yang diproduksi sendiri akan dijual oleh PT Petrokimia. PT Petrokimia juga mengimpor ZA dari China dan Korea. Urea juga merupakan produksi PT Petrokimia yang diproduksi di Pabrik 1. DAP merupakan bahan baku yang di impor dari China dan Korea. KCl merupakan salah satu bahan baku yang masih susah ditemukan di Indonesia, maka dari itu PT Petrokimia mengimpor KCl dari Laos dan Jordan. Untuk produksi clay sendiri bahan baku tepung dibeli dari daerah Tuban dan Cayu. Clay terdiri dari clay merah dan putih. Untuk pembuatan clay sendiri merupakan campuran dari tepung dan aluminium oxide. Clay digunakan sebagai binder (pengikat). Bahan baku diperoleh dari gudang penyimpanan, lalu DAP dan urea di-crusher. Untuk DAP, setelah di crusher akan diumpukan ke hopper untuk raw material. Urea dibawa ke raw material oleh bucket elevator lalu diumpukan ke hopper. Untuk KCl, clay dan dolomit ke masing-masing hopper.

2. Proses Granulasi

Raw material dibawa menuju ke granulator untuk proses granulasi oleh bucket elevator. Steam dan slurry ditambahkan pada proses granulasi untuk mengkonversikan NPK granul terbut. Slurry didapatkan dari debu yang berasal dari scrubber yang kemudian dikembalikan lagi ke dalam granulator. Penambahan steam diperlukan untuk memperoleh granul yang lebih besar.

3. Proses Pengeringan (Drying)

Proses pengeringan dilakukan agar mengurangi kadar air yang terdapat pada pupuk. Pengeringan menggunakan Natural Gas, dan Solar. Kadar air yang keluar dari granul maksimal 1% dan temperature gas panas





outlet dryer dijaga sekitar 57-65°C. Gas panas dari dalam dryer dibawa ke scrubber unit setelah sebelumnya dipisahkan dari debu yang terbawa oleh dryer yang dihisap oleh blower. Debu dari dryer akan dikembalikan ke drag conveyor untuk digunakan kembali sebagai bahan baku.

4. Proses Pendinginan

Setelah melalui proses pengeringan, pupuk masih sedikit basah, maka dari itu dilakukan pendinginan menggunakan udara suhu ruangan yaitu 30 derajat. Udara yang dialirkan adalah udara kering yang memiliki RH (relative humidity) yang rendah. Debu yang terbawa di dalam udara pendingin dari dedusting system dipisahkan dan dikembalikan lagi untuk raw material melalui drag conveyor.

5. Proses Pengayakan (Screening)

Pada proses pengayakan atau screening adalah proses dimana memisahkan produk yang oversize maupun undersize. Produk yang dikategorikan oversize adalah yang lebih dari 4 mm. Untuk produk yang terdeteksi oversize dihaluskan di oversize crusher dan hasilnya masuk lagi sebagai bahan baku. Sedangkan untuk yang undersize yaitu dibawah 1 mm akan masuk ke vibrating screen untuk dipisahkan menjadi produk undersize dan oversize, untuk produk oversize akan dilanjutkan ke proses coating sedangkan untuk produk undersize akan melakukan proses granulasi ulang.

6. Proses Pelapisan (Coating)

Coating terbagi menjadi 2 yaitu Coating agent liquid dan coating powder. Pada NPK Granular digunakan coating yang digunakan adalah coating agent. Coating agent terbuat dari dolomit dan coating oil. Pelapisan ini dilakukan agar terjadi proses cakung yang dapat menyebabkan pupuk memadat menjadi satu seperti batu.

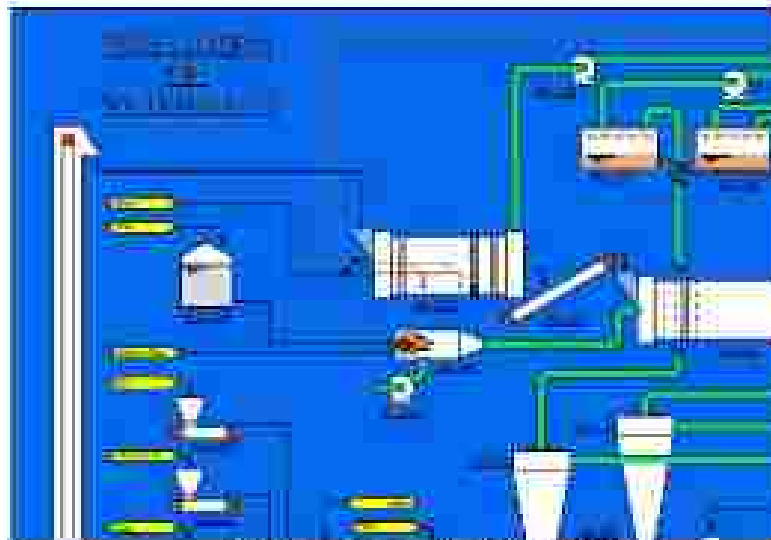


7. Pengantongan (Bagging System)

Hasil akhir dari seluruh proses tersebut merupakan pupuk yang harus dikantongi yaitu proses pengantongan. Produk NPK dikantongi dengan menggunakan bagging machine dan dijahit menggunakan sewing machine. Produk yang telah dikantongi lalu diterima oleh bagging product conveyor kemudian dibawa forklift menuju gudang penyimpanan sementara. Sistem pengantongan sesuai dengan proses produksinya kurang dan lebihnya harus diabaikan. 1 pelet unit berisi 1,5 ton pupuk sebanyak 30 batch.

8. Declaring dan Scrubbing

Udara dari granulator, dryer dan cooler di-spray dengan air slurry di scrubber tower menggunakan scrubber pump. Air dari scrubber tower masuk ke bak scrubber pit dan diaduk menggunakan scrubber pit agitator, sebagian air slurry di bak dipompa menggunakan granulator pump untuk proses granulasi di granulator. Air slurry dari bak setelah melewati screen dipompa oleh scrubber pump, sebagian bisa dikirim ke granulator untuk proses granulasi.



Gambar 2.6 Proses Flow Diagram NPK 1



II.1.1. Kompartemen Pabrik III

Kompartemen Pabrik III terdiri dari 2 departemen produksi, yakni departemen produksi IIIA dan departemen IIIB. Departemen Produksi III A merupakan unit penghasil produk utama berupa Asam yang digunakan sebagai bahan baku produksi di Pabrik I dan II, sering disebut dengan istilah pabrik Asam Fosfat. Pabrik tersebut terdiri dari pabrik Asam Fosfat, pabrik Asam Sulfat dan pabrik ZA II.

1. Pabrik Asam Fosfat (H_3PO_4)

Tahun berdiri	: 1955
Kapasitas produksi	: 400.000 ton/tahun
Bahan baku	: <i>Phosphate Rock</i>

2. Pabrik Asam Sulfat II

Tahun berdiri	: 1955
Kapasitas produksi	: 1.170.000 ton/tahun
Bahan baku	: <i>Belerang, H₂O</i>

3. Pabrik ZA II

Tahun berdiri	: 1955
Kapasitas produksi	: 440.000 ton/tahun
Bahan baku	: <i>Amoniak, Asam fosfat, dan CO₂</i>

Departemen IIIB Merupakan perluasan dari Departemen Produksi IIIA yang memproduksi asam fosfat, asam sulfat dan purified gypsum.

1. Pabrik Asam Fosfat (PA Plant)

Kapasitas Produksi	: 630 Ton/hari (100% P_2O_5)
Konfigurasi Proses	: HDH (Hemi-dihydrate)

2. Pabrik Asam Sulfat (SA Plant)

Kapasitas Produksi	: 1850 Ton/hari (100% H_2SO_4)
Konfigurasi Proses	: Double Contact Double Absorber





2. Pabrik Purified Gypsum (GP Plant)

Kapasitas Produksi : 2000 T/hari

Konfigurasi Proses : Purifikasi

II.1.3.1. Proses Produksi Unit Asam Fosfat (H_3PO_4)

Pabrik PA berkapasitas 610 ton P_2O_5 /hari. Teknologi proses yang digunakan adalah *Norton C Process*. Proses ini diklasifikasikan dalam kategori pembuatan PA dengan proses *hemihidrat-dihidrat*. Pabrik ini terdiri dari beberapa seksi, antara lain:

- a) *Rock grinding unit*
- b) *Reaction dan hemihidrat formation*
- c) *Conversion (hidrasi) dan dihidrat formation*
- d) *Filtrate recovery*
- e) *Concentration unit*

i. Bahan baku

Bahan baku yang digunakan adalah *phosphate rock*. Asam sulfat, air proses, dan steam. Bahan kimia yang dipakai dalam proses adalah *defouling agent* dan silika yang merupakan produk samping pabrik aluminium hidroksida.

a. Phosphate Rock

• Ukuran Partikel Dari *Ground Rock*

Lolos 3 mm : 99%

Lolos 1 mm : 95%

Lolos 32 tyler mesh : 30%

Lolos 100 tyler mesh : 33%

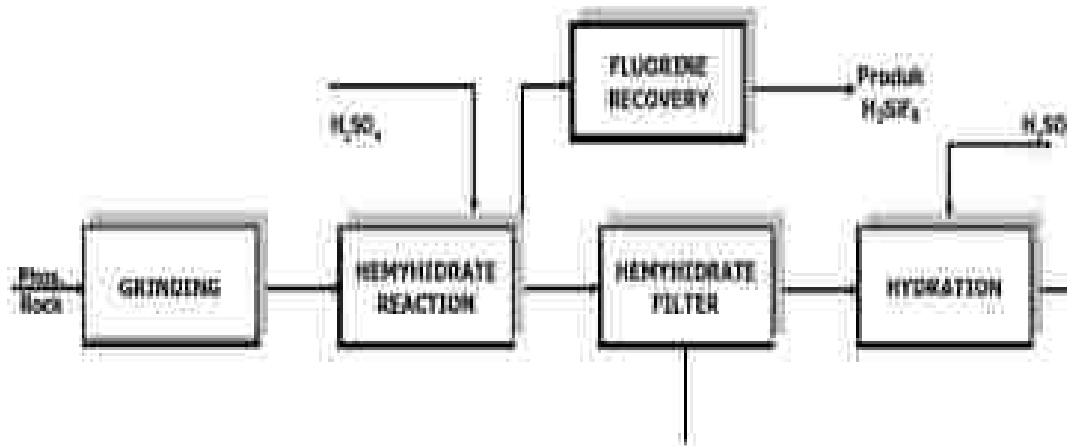
- Kadar air maksimum 4% dan wet basis, normal 3%. Biasanya digunakan *phosphate Rock* dengan kadar air rendah karena jika kadar air tinggi maka akan sulit mengatur *water balance* juga kadar



P_2O_5 dalam hasil pertama filtrasi asam P_2O_5 recovery yang tinggi dari rock karena menurunya *cake washing water*.

b. Asam Sulfat

Konsentrasi dari asam sulfat yang diperlukan adalah 98,5% H_2SO_4 . Bila konsentrasi asam sulfat terlalu rendah maka akan mempengaruhi water balance juga kadar P_2O_5 dalam produk asam fosfat atau juga SiO_2 recovery dari phosphate rock.



Gambar 1.7. Blok diagram asam fosfat (H_3PO_4)

Urutan Proses :

Phosphate rock sebagai bahan baku utama pada pembuatan asam fosfat dihaluskan dalam grinder yang kemudian dihaluskan dengan screen and ball mill untuk ukuran reaksi. Proses reaksi antara phosphate rock dengan asam sulfat menjadi fosfat terjadi dalam reaktor dengan suhu 90-104°C.

Reaksi :





Selanjutnya dilakukan penyusapan $3\text{H}_2\text{SiF}_6$ dan HF dengan menggunakan larutan H_2SiF_6 encer sehingga menjadi $\text{H}_2\text{SiF}_6\text{PO}_4$ dengan konsentrasi 18-20%. Reaksihidrate slurry melalui proses filtrasi dimana filtrat dari filtrasi kedua digunakan sebagai return acid. Kemudian dilanjutkan dengan proses hidrasi benyhidrate cake dengan asam sulfat. Filtrat dari proses filtrasi dehydrate slurry digunakan untuk pencucian pada beny filter sedangkan cake diadatkan produk berupa phosphogypsum. Hasil filtrat yang awalnya memiliki kadar P_2O_5 45% dipekatan menjadi asam fosfat pekat 54%.

III.1.3.2. Proses Produksi Asam Sulfat (H_2SO_4)

Pabrik asam sulfat di PT Petrokimia Gresik beroperasi secara stream dengan kapasitas 1300 ton/hari melalui proses Hitachi Zosen/ T.J. Browder double contact dan double absorption (DC/DA).

1. Bahan baku

Asam sulfat dibuat dengan bahan utama yaitu belerang. Belerang biasanya didapat dalam bentuk serpih sehingga perlu dipisahkan untuk mendapatkan belerang dengan konsentrasi dan kemurnian yang tinggi.

2. Produk yang dihasilkan

Asam Sulfat, dengan spesifikasi :

Konsentrasi H_2SO_4	: 98.5% (min.)
Fe	: 50 ppm (max.)
Density	: 1.830 – 1.835 g/L
SO_2 (air stick)	: 0.2% (max.)
Fase	: Cair
Temperatur	: < 45°C





Gambar 2.1. Blok diagram asam sulfat (H_2SO_4)

3. Urutan Proses

Belerang dicampur dengan mekar dengan tekanan steam ditambahkan kapur bubuk untuk menetralkan freesid. Kemudian mereaksikan sulfur dengan oksigen udara. Sulfur cair yang masuk ke sulphur furnace di spray kea melalui sulphur burner dan direaksikan dengan udara kering dari drying tower menjadi gas SO_2 . Sulfur output furnace sekitar $1050^\circ C$.



Proses yang mengandung gas SO_2 dengan temperatur $450^\circ C$ masuk ke converter bed 1 yang mana sekitar 60% dari gas SO_2 dengan katalis V_2O_5 .



Udara dari atmosfer dihisap melalui air blower lalu menuju ke drying tower untuk dikondisikan dengan H_2SO_4 pekat 98,5%:



III.1.3.3. Proses Produksi Unit Aluminium Fluorida (AlF_3)

Pabrik AlF_3 mampu menghasilkan kristal aluminium fluoride anhidrit sebanyak 41 ton/day. Kemurnian produk minimum adalah 96%, produk berupa kristal warna putih dengan diameter antara 45-150 μm , dan tidak higroskopis.

1. Bahan baku

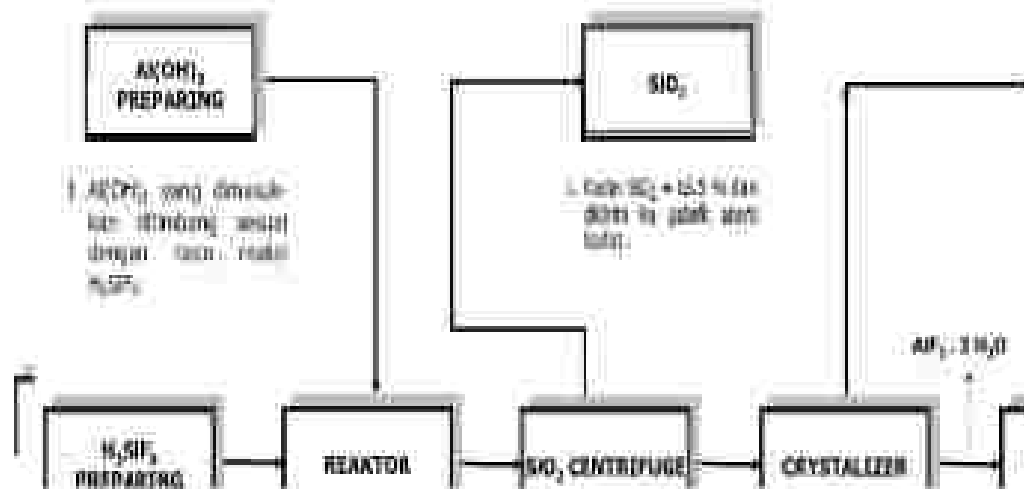
Aluminium Fluorida dibuat dengan bahan baku utama berupa aluminium hidroksida $Al(OH)_3$ padatan dan asam fluorosilikat H_2SiF_6 yang merupakan hasil samping dari pembustaran asam fosfat.

2. Produk





Produk yang dihasilkan berupa aluminium fluorida $Al(OH)_3$ dengan kemurnian produk minimum adalah 95%, berbentuk kristal warna putih dengan diameter antara 45-150 μm , dan tidak higroskopis.



Gambar 2.9 Blok Diagram Aluminium fluorida (AlF_3)

3. Uraian proses

H_2SiF_6 yang merupakan hasil samping dari pembuatan asam fosfor, kemudian dipanaskan sampai suhu 65-70°C kemudian direaksikan dengan aluminium hidroksida. Reaksi berlangsung secara eksotermis selama 11-13 menit.



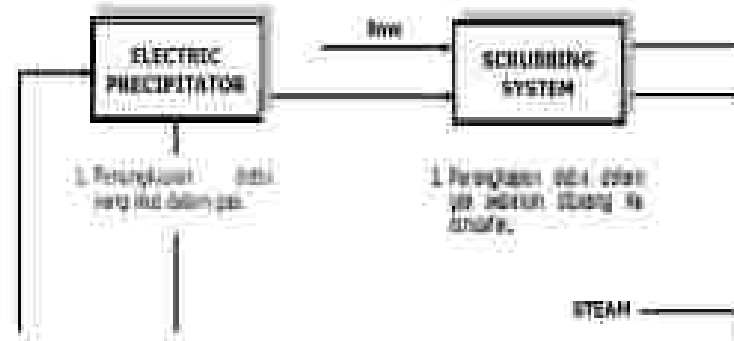
Peminahan SiO₂ menggunakan centrifuge untuk menghilangkan precipitated silica dan AlF_3 supersaturated. Sedangkan pengkristalan AlF_3 dilakukan dalam crystallizer dengan temperatur 95°C dan waktu kristalisasi 4-5jam. Presensitulasi dan dehidrasi water (air kristal) dalam aluminium fluorida dilakukan dengan pemanasan pada calciner.



Selanjutnya dilakukan pendinginan sampai 40°C dalam cooler dan akhirnya dilakukan pengantongan.

III.1.3.4. Proses Produksi Unit Cement Retarder

Pabrik cement retarder mempunyai kapasitas sebesar 1700 ton/hari dalam bentuk granul. Kegunaan cement retarder ini merupakan bahan mentah pabrik semen yang berfungsi sebagai penunda dalam setting time. Pemakaian cement retarder dalam pabrik 4-5% per produk semen.



Gambar 2.9. Blok diagram cement retarder

i. Urutan proses

Impuritas dihilangkan dari phosphor gypsum menjadi purified gypsum kemudian disecrakan dengan konsentrasi 35%. Purified gypsum dikeringkan terlebih dahulu untuk selanjutnya dikalsinasi. Sebelum masuk calciner ditambahkan kapur terlebih dahulu untuk menetralkan gypsum. Berikutnya yaitu proses granulasi dengan menambah steam dan air panas. Setelah berbentuk granul, dilakukan screening agar produk memiliki bentuk dan ukuran yang seragam. Sebelum Cemen Retarder dikirim ke user dilakukan curing selama 3 hari untuk menambah kekerasan/kekakuan dan untuk menurunkan kadar air.



III.1.3.5. Proses Produksi ZA II

Pabrik ZA II (Ammonia Sulfat II) didesain dengan kapasitas 1000 ton/hari. Proses yang digunakan adalah proses ICI/Chemico untuk tahap reaksinya dan SSIC untuk evaporator kristalisasi.

1. Bahan baku

Bahan baku pembuatan ZA II ini antara lain adalah amonia, karbonatoksida, phospe gypsum dan asam sulfat. Spesifikasinya sebagai berikut:

a. Ammonia (NH_3)

Bentuk : Cair / Gas

Suhu : -33°C (Cair), $35-45^\circ\text{C}$

Tekanan : Atmosferik (Cair), $1,2 - 1,3 \text{ kg/cm}^2$

Kandungan : 99%-99,5%

Sumber : Departemen I (gas dan cair), Departemen II (cair)

b. Karbonatoksida (CO_2)

Bentuk : Gas

Suhu : 35°C

Tekanan : $0,44 \text{ kg/cm}$

Kandungan : 99% min

Sumber : Departemen I

c. Asam Sulfat

Bentuk : Cair

Suhu : 34°C

Tekanan : atmosferik

Kandungan : 98,5%

d. Fosfo Gypsum

Bentuk : Padat

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: 97% min



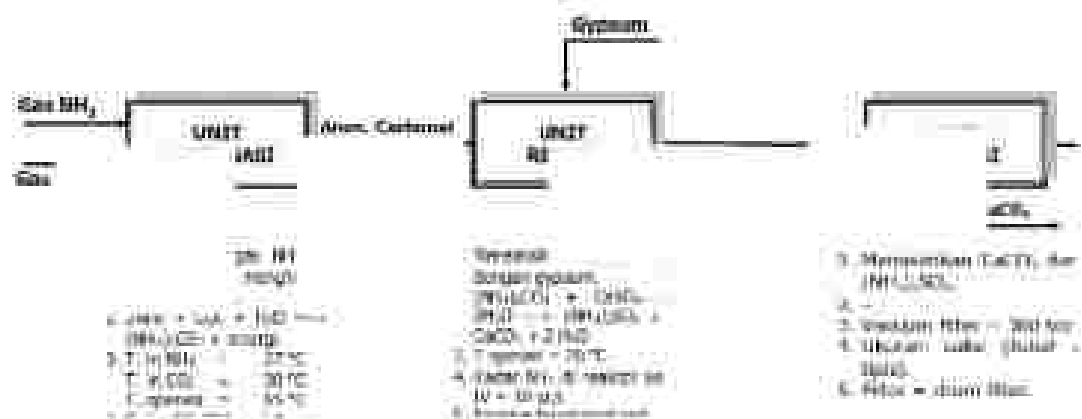


F total	= 0.69% min
P ₂ O ₅ Total	= 0.33% min
CsO	= 3.65% min

2. Produk

Spesifikasi produk yang dihasilkan dari unit ZA II yaitu Kristal ZA (ammonium sulfat) dengan spesifikasi sebagai berikut:

Bentuk	= Padatan (Kristal)
Mesh	= 30 Mesh min 53%
Asam Bebas	= 0.18% max
Nitrogen	= 20.88%
H ₂ O	= 1.0% max



Gambar 2.10. Blok diagram ZA II

3. Urutan proses

Suhu gas CO₂ yang terdapat didalam tube di turunkan sampai 27°C sedangkan amonia cair diubah menjadi gas dengan memasukkannya ke sisi shell kemudian masuk dalam Carbonation tower.



Carbonate Liquor dan phosphogypsum membentuk reaction magma dan gas scrubber menyerap gas NH₃ dan CO₂ yang lolos di seksi Carbonation.





Reaction, Filtration, dan Neutralization. Selanjutnya pada primary filter larutan ZA dipisahkan filtrat (strong liquor) sebagai produk filter dan cake yang dilarutkan dengan weak liquor untuk diumpungkan ke secondary filter. Pada tahapan netralisasi, kelebihan NH_3 dan aluminium karbonat dinetralkan dengan H_2SO_4 menjadi ZA tambahan, sedangkan CO_2 terlepas. Proses evaporasi dilakukan dalam tiga evaporator. Evaporator pertama untuk memekatkan larutan sampai jenuh, evaporator kedua berfungsi memekatkan larutan menjadi lewar jenuh hingga terbentuk kristal. Proses pada evaporator III mirip dengan evaporator II. Sebelum dilakukan pengeringan, slurry dipompa ke centrifuge untuk menaikkan konsentrasi 25% menjadi 40%. Kristal basah dikeringkan dengan hembusan udara panas furnace pada bagian Drying sedangkan bagian cooler kristal didinginkan dengan udara dari cooler air feed fan. Produk kristal selanjutnya dikirim ke pengantongan.





II.2 Urutan Tugas Khusus

II.2.1 Latar Belakang

PT. Petrokimia Gresik merupakan salah satu produsen pupuk di Indonesia yang merupakan anak perusahaan BUMN yaitu PT. Pupuk Indonesia. PT. Petrokimia Gresik memiliki 3 buah pabrik yaitu Produksi I, II, dan III. Pada produksi II terbagi menjadi dua, yaitu Departemen Produksi II-A dan Departemen Produksi II-B. Departemen Produksi II-B merupakan bagian dari kompartemen pabrik II. Produksi II-B terdiri dari unit produksi Phoenix IV, NPK Granulasi II, III, dan IV dan ZK. Pupuk ZK merupakan salah satu unit proses yang mengandung unsur utama kalium serta potash sesuai dengan standar mutu (SNI) yang telah ditetapkan. Kapasitas produksi ZK adalah 3.000 ton tahun dengan dua pabrik. ZK merupakan pupuk single dengan menggunakan proses mannhelm.

Secara garis besar proses pembuatan pupuk ZK terdiri dari dua tahap antara garam KCl dengan asam sulfat pekat secara lambat yang dimampatkan dan dicampurkan pada reaktor 13R 101 secara kontinyu pada rasio tertentu dengan suhu 500 °C dan sedikit vacuum. Hasil dari reaktor menghasilkan K_2SO_4 dengan kadar K_2O 50% sum. wt dan 33% min. wt Asam klorida.

Neraca massa digunakan untuk mengetahui jumlah massa masuk dan keluar pada suatu alat yang digunakan dalam proses produksi Pupuk ZK. Berdasarkan neraca massa dapat dihitung komposisi bahan baku yang sesuai dengan SNI yang telah ditetapkan. Selain Neraca Massa perlu dilakukan juga perhitungan Neraca Panas untuk mengetahui panas yang hilang pada alat yang digunakan.

II.2.2 Tujuan

1. Untuk mengetahui neraca massa komponen dan total pada alat reaktor, truck elevator, screener dan crusher
2. Untuk mengetahui kebutuhan soda api dalam penurunan free acid





II.2.3 Manfaat

Dapat mengetahui perhitungan neraca massa pada alat reaktor, bucket elevator, screener dan crusher. Untuk mengetahui neraca energi pada alat reaktor, Serta dapat menjadi evaluasi untuk Unit ZK kedepan.

II.2.4 Tinjauan Pustaka

A. Neraca Massa

Neraca Massa adalah cabang keilmuan yang mempelajari kesetimbangan massa dalam sebuah sistem. Dalam neraca massa, sistem adalah sesuatu yang diamati atau dikaji. Neraca massa adalah konsekuensi logis dari Hukum Kekekalan Massa yang menyebutkan bahwa di alam ini jumlah total massa adalah kekal, tidak dapat dimusnahkan maupun diciptakan (Charles, 1979).

Massa yang masuk kedalam suatu sistem harus keluar meninggalkan sistem tersebut atau terakumulasi di dalam sistem. Konsekuensi logis hukum kekekalan massa ini memberikan persamaan dasar neraca massa :

$$[\text{massa masuk}] + [\text{produksi}] = [\text{massa keluar}] + [\text{akumulasi massa}]$$

Dengan: [massa masuk] : massa masuk dalam sistem

[massa keluar] : massa keluar dari sistem

[akumulasi massa] : akumulasi massa dalam sistem

Untuk proses kimia steady state, akumulasi massa dengan nol sehingga persamaan menjadi

$$[\text{massa masuk}] + [\text{produksi}] - [\text{massa keluar}] = 0$$

Dalam perhitungan neraca bahan seperti dengan prosesnya dibedakan menjadi dua, yaitu:

a. Proses Batch

Yaitu proses dimana bahan baku masuk pada awal proses dan dikeluarkan pada akhir proses, jadi selama proses berlangsung tidak ada umpan atau





produk yang masuk dan keluar proses sehingga persamaan yang berlaku :

$$[\text{massa masuk}] + [\text{produksi}] = [\text{massa keluar}] + [\text{konsumsi}]$$

b. Proses Kontinyu

Yaitu suatu proses yang berlangsung secara terus-menerus, hasil proses tidak tergantung dari lamanya proses. Pada proses kontinyu, suhu, komposisi dalam bermacam-macam bahan masuk (input) maupun output konstan tiap satuan waktu. Karena akumulasinya selalu konstan, maka dalam perhitungan dianggap sama dengan nol sehingga persamaan berlaku :
$$[\text{massa masuk}] - [\text{produksi}] - [\text{massa keluar}] - [\text{konsumsi}] = 0$$

Dimana : [konsumsi] = massa-laju yang berubah menjadi senyawa lain karena reaksi kimia.

Jika komponen tidak reaktif atau pada neraca total, maka produksi dan konsumsi = 0, sehingga didapatkan :

$$[\text{massa masuk}] = [\text{massa keluar}]$$

c. Neraca Massa Over All (Neraca Massa Total)

Merupakan neraca massa dimana semua komponen bahan masuk dan keluar dihitung dari proses awal sampai akhir dan merupakan satu kesatuan unit.

d. Neraca Massa Komponen

Merupakan neraca massa yang perhitungannya berdasarkan atas satu komponen bahan masuk saja.

B. Neraca Panas

Neraca panas suatu system proses dalam industri merupakan perhitungan kuantitatif dari semua bahan-bahan yang masuk, yang keluar, yang terakumulasi (tersimpan) dan terbuang dalam sistem itu. Perhitungan neraca digunakan untuk mencari variable proses yang belum diketahui. Oleh karena itu, perlu dirumuskan





persamaan yang menghubungkan data variabel proses yang telah diketahui dengan variabel proses yang ingin ditari.

II.2.5 Pembahasan

Proses pembuatan pupuk single ZK secara garis besar terdiri dari beberapa tahapan proses yaitu pengumpulan bahan baku solid, pencampuran bahan baku di reaktor, pendinginan suhu di *elektor cooler*, transportasi, netralisasi, pengayakan (*screwing*), penghancuran (*crusher*), dan bagging serta *byproduct* dengan pemmahan (*scrubbing*). Adapun alat utama yang digunakan dalam proses pembuatan pupuk ZK adalah reaktor, *cooler*, dan *screener*.

Bahan baku berupa garam KCl dengan saram sifat pekat secara lambat yang diumpahkan dan dicampurkan pada reaktor 13E 101 secara kontinyu pada ratio tertentu dengan suhu 500 °C dan sedikit vacuum. Dalam menentukan jumlah bahan baku masuk, diperlukan neraca massa dengan reaksi pada perhitungan agar didapatkan jumlah feed masuk dan jumlah produk keluar.

Berdasarkan perhitungan diperoleh jumlah bahan baku yang masuk serta jumlah produk yang keluar di Pabrik ZK Departemen Produksi II B PT. Petrokimia Gresik dapat dilihat pada tabel di bawah ini.





Masuk			Keluar		
M	kg/jam	kgmol/jam	M	kg/jam	kgmol/jam
KCl	312.0338	10.89101	K ₂ SO ₄	937.2549	5.379109
H ₂ SO ₄	547.9153	3.586417	HCl	392.3518	10.75821
			Cl ⁻	2.903961	0.133305
			FA	10.33333	0.207314
Subtotal	1359.95		Subtotal	1359.842	
Total	1359.949549		Total	1359.841967	

Dari tabel diatas didapatkan kebutuhan masing-masing bahan baku dalam reaksi titrasi:



Dengan garam KCl total didapatkan sebesar 312,0338 kg/jam, mempunyai komposisi KCl 97,94% sebesar 304,494 kg/jam dan H₂O 2,16% sebesar 17,5399 kg/jam. Sedangkan Sulfuric Acid total didapatkan sebesar 547,9153 kg/jam, mempunyai komposisi SA 98,46% sebesar 539,642 kg/jam dan H₂O 1,51% sebesar 8,2733 kg/jam. Maka didapatkan total input feed masuk sebesar 1359,9495 kg/jam dan total output produk sebesar 1359,8419 kg/jam.





Masuk		Keluar			
<1>	kg/jam	<3>	kg/jam	<4>	kg/jam
KCl	804.3958	HCl	382.3518	K ₂ SO ₄	912.4186
H ₂ SO ₄	544.5918	H ₂ O	12.9115	Cl ⁻	9.901961
H ₂ O	25.81346			FA	34.31373
				H ₂ O	12.90196
Subtotal	1374.801	Subtotal	405.2633		969.5363
Total	1374.801	Total	1374.799525		

Dari perhitungan reaktor didapatkan nilai input aliran <1> dan output aliran <3> dan <4>. Pada aliran <1> KCl yang masuk adalah KCl feed dan KCl off-spec (tiss) yang didapatkan sebesar 804,3958 kg/jam. Lain Sulfuric Acid yang masuk adalah SA-feed dan SA off-spec dengan jumlah sebesar 544,5918 kg/jam. Serta konten H₂O sebesar 25,81346 kg/jam maka didapatkan total input sebesar 1374,801 kg/jam. Sedangkan pada output aliran <4> adalah produk K₂SO₄ alirny sebesar 912,4186 kg/jam serta total output sebesar 1374,7995 kg/jam.

Setelah keluar dari reaktor, produk semi ZK dituangkan dengan ejector cooler sampai suhu 100 °C lalu diangkut menuju bucket elevator dengan conveyor sepanjang 30 meter sampai 60-70 °C.





Masuk			Keluar		
(1)	Kg/jam	Kgmol/jam	(2)	Kg/jam	Kgmol/jam
FA	34.31373	0.349814	K ₂ SO ₄	937.2549	5.379103
K ₂ SO ₄	912.4164	5.216662	FA	20.33333	0.207314
(3)	Kg/jam	Kgmol/jam	CO ₂	6.273214	0.142541
K ₂ CO ₃	19.69913	0.142541	H ₂ O	2.568013	0.142541
Subtotal	966.4315		Subtotal	966.4295	
Total	966.4314603		Total	966.4294649	

Terjadi proses netralisasi dengan reaksi yaitu:



Dengan pengurangan free acid dari 3,3% menjadi 2% dibutuhkan soda api sebesar 19,6991 kg/jam. Dari reaksi ini K₂SO₄ bertambah 1,027% atau sebesar 34,8363 kg/jam. Setelah itu K₂SO₄ yang masih oversize lewat saringan akan dibasorekan dengan mill dan didapatkan product yang uniform ukurannya.

