



PRA RANCANGAN PABRIK

“ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT DAN ASAM SULFAT
DENGAN PROSES *CENTRAL PRAYON* DENGAN KAPASITAS
55.000 TON/TAHUN”

BAB II

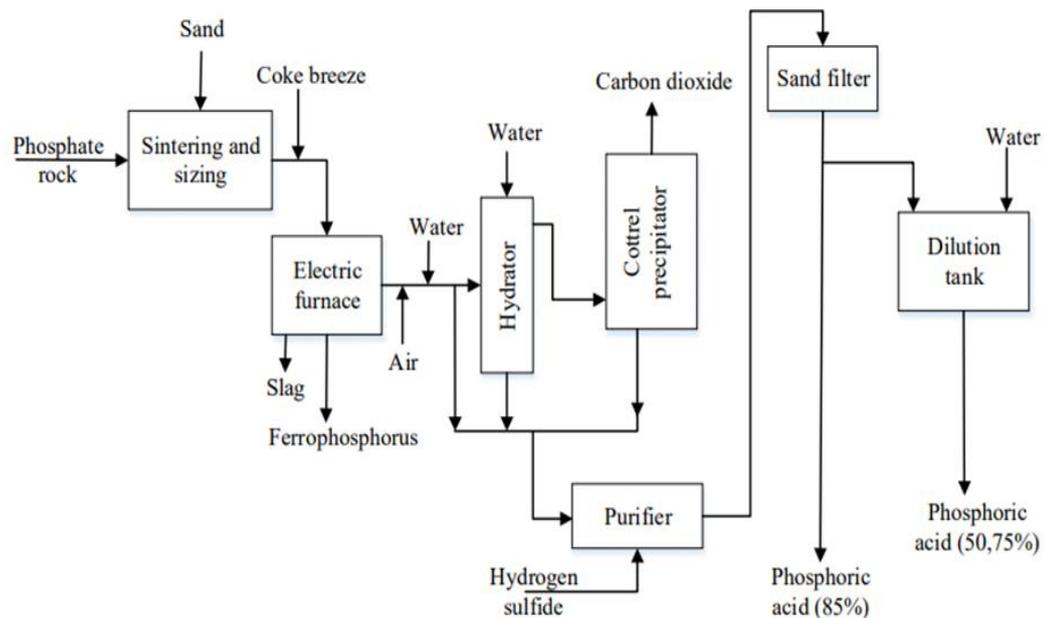
SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam-Macam Proses

Pada umumnya, pembuatan asam fosfat dilakukan menggunakan beberapa proses. Berikut merupakan beberapa proses yang umum digunakan untuk memproduksi asam fosfat :

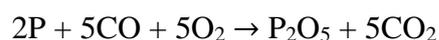
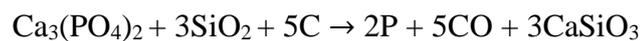
1. *Electric Furnace Process*
2. *Wet Process*

II.1.1 Electric Furnace Process



Gambar II. 1 Pembuatan Asam Fosfat dengan *Electric Furnace Process*

Reaksi :





PRA RANCANGAN PABRIK

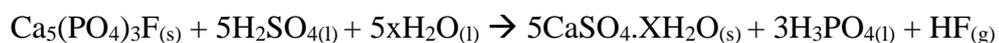
“ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES *CENTRAL PRAYON* DENGAN KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN”

Proses:

Dalam *Electric Furnace Process*, batuan fosfat direduksi menjadi unsur fosfor dengan penambahan *coke* dan pasir. Oksidasi berikutnya melalui udara menjadi fosfor pentoksida diikuti dengan hidrasi menghasilkan asam fosfat. *Coke* (umumnya dalam bentuk gas) dan pasir ditambahkan dalam rasio yang dikontrol dengan hati-hati, ditentukan dengan analisis batuan dan campuran tersebut dimasukkan ke dalam poros tungku listrik. Reaksi pada proses ini terjadi pada sekitar 2.400°F, menghasilkan reduksi batuan fosfat dengan pembebasan uap unsur fosfor. Reaksi yang terjadi dalam cerobong asap pada suhu yang cukup untuk membakar fosfor menjadi fosfor pentoksida (P_2O_5) dan karbon monoksida menjadi dioksida. Asam fosfat (85%) sebagai produk umumnya dimurnikan dimurnikan lebih lanjut dengan menambahkan asam sulfat untuk menghilangkan garam kalsium. Asam sulfat yang cukup digunakan untuk mengendapkan kalsium sulfat dan juga menyisakan sedikit kelebihan untuk menghambat aksi korosif asam fosfat. Hasil keseluruhan sekitar 90% direalisasikan pada kandungan kalsium fosfat dari bahan baku batuan (Keyes, 1961).

II.1.2 *Wet Process*

Wet proses merupakan suatu proses dengan mereaksikan batuan fosfat (*phosphate rock*) dengan asam mineral. Proses ini umumnya dilakukan dengan Asam sulfat. Reaksi yang terjadi antara *fluorapatite* (mineral fosfat) dengan asam sulfat sebagai berikut:



$$x : 0 ; \frac{1}{2} ; 2$$

$CaSO_4$: Calsium sulfat anhidrit

$CaSO_4 \cdot \frac{1}{2} H_2O$: Calsium sulfat hemihydrate

$CaSO_4 \cdot 2H_2O$: Calsium sulfat dihydrate

Dalam proses ini, Kalsium sulfat ($CaSO_4$) dapat mengendap dalam 3 kondisi yang berbeda, tergantung pada temperatur dan konsentrasi Asam fosfat. Kondisi tersebut harus dijaga supaya reaksi berjalan maksimal. Dua operasi dasar pada Wet



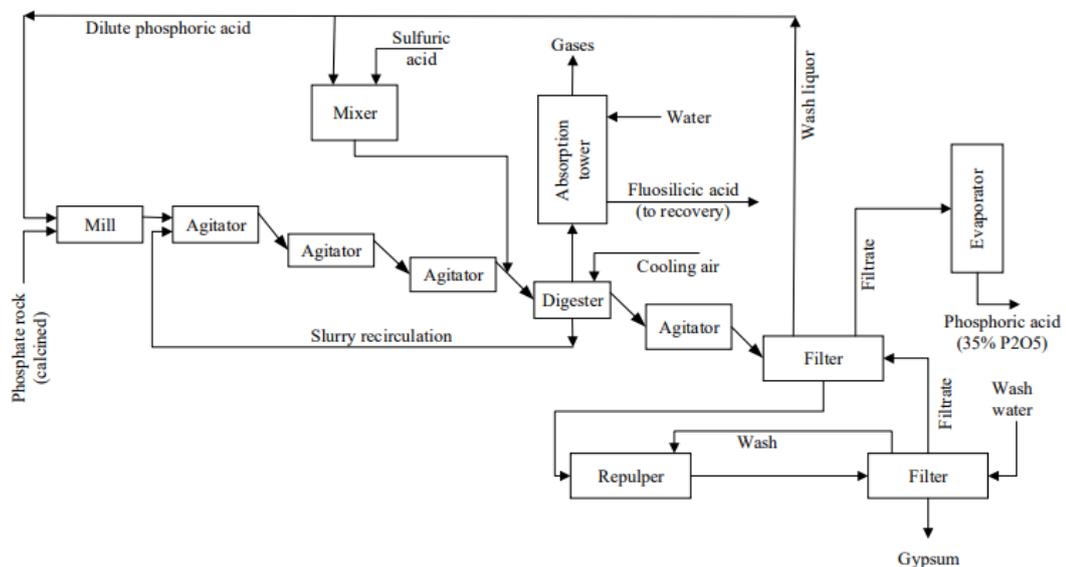
PRA RANCANGAN PABRIK

“ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES *CENTRAL PRAYON* DENGAN KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN”

proses asam yaitu: proses reaksi (digestion) dalam reaktor yang berjalan pada suhu 70-80°C dan penghilangan endapan CaSO_4 melalui filtrasi.

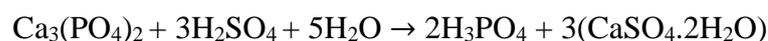
Pada proses ini dihasilkan produk samping berupa gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan larutan H_2SiF_6 . Sejumlah 4,5-5,5 Ton kalsium sulfat (gipsum) tidak murni diperoleh sebagai produk samping selama proses produksi 1 Ton P_2O_5 dengan wet proses. Gipsum tidak murni dimanfaatkan sebagai teknologi disposal di laut, di darat, dan sebagai bahan baku. Disposal biasanya digunakan sebagai tempat atau wadah untuk pembuangan akhir, dan biasanya selalu digunakan dalam sebuah proyek atau pekerjaan yang berhubungan dengan galian dan limbah bahkan reklamasi. Biji fosfat juga mengandung 3,6 – 4,1% flouride yang dapat direcovery selama proses menjadi larutan encer H_2SiF_6 (Ullmann,2012).

1. *Dorr Strong-Acid Process*



Gambar II. 2 Pembuatan Asam Fosfat dengan *Dorr Strong-Acid Process*

Reaksi :



Proses :

Dorr Strong Acid Process menghasilkan asam fosfat melalui reaksi asam sulfat pada batuan fosfat disertai dengan pengendapan kalsium sulfat. Batuan fosfat dimasukkan ke dalam *ball mill* dan digiling dalam larutan

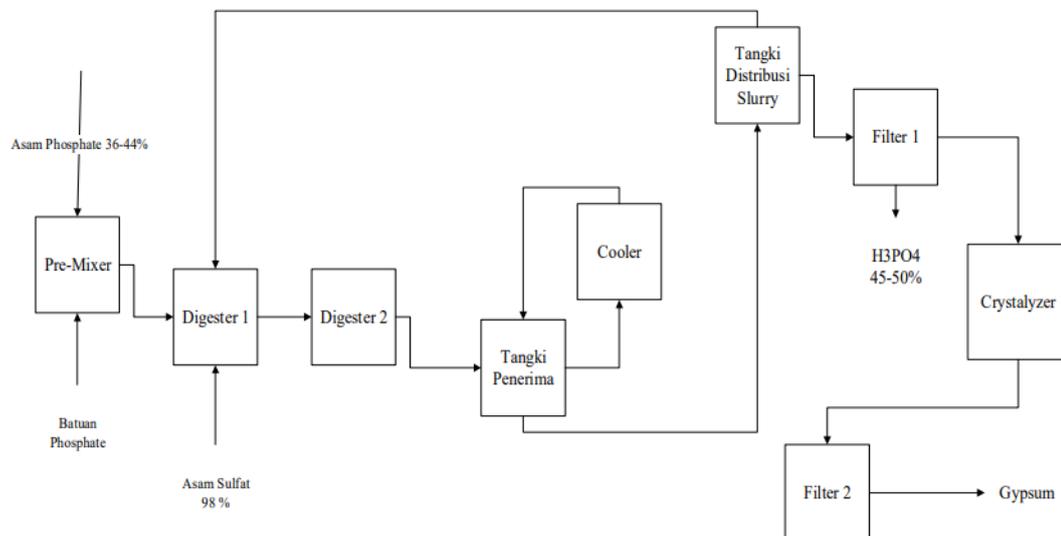


PRA RANCANGAN PABRIK

“ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES *CENTRAL PRAYON* DENGAN KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN”

encer asam fosfat yang diperoleh sebagai filtrat dari operasi berikutnya. *Slurry* melewati serangkaian agitator *Dorr*, di mana reaksi dengan asam sulfat terjadi. Waktu reaksi yang tepat meningkatkan pembentukan kristal besar kalsium sulfat (gypsum) dan memfasilitasi operasi penyaringan dan pencucian selanjutnya. Suhu di dalam digester dipertahankan cukup rendah untuk memastikan pengendapan gipsium ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Filtratnya adalah asam fosfat akhir (sekitar 45%), yang selanjutnya dapat dipekatkan dengan penguapan. Cairan pencuci dari filter adalah larutan encer asam fosfat, yang digunakan untuk mengencerkan asam sulfat dan mengisi ball mill. Filtrat dari filter ini, berfungsi sebagai cairan pencuci untuk yang pertama. Filter cake kedua dicuci dengan air panas. Filter cake yang telah dicuci dibuang ke unit pengolahan limbah. Filtrat dari filter pertama (asam fosfat) dimasukkan ke dalam evaporator asam umumnya terkonsentrasi 35% P_2O_5 (sekitar 50% H_3PO_4). Evaporator harus dioperasikan di bawah 150°C , karena di atas suhu ini asam ortofosfat (H_3PO_4) secara perlahan diubah menjadi asam pirofosforat ($\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$) (Keyes, 1961).

2. Proses Nissan



Gambar II. 3 Pembuatan Asam Fosfat dengan Proses Nissan



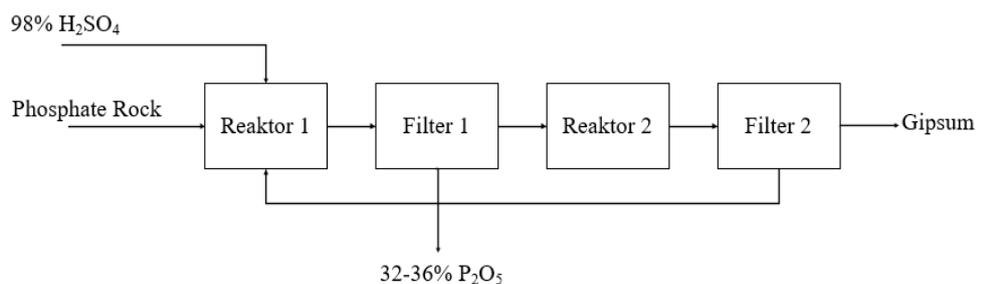
PRA RANCANGAN PABRIK

“ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES *CENTRAL PRAYON* DENGAN KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN”

Proses :

Batuan fosfat dicampur dalam pencampur awal dengan larutan yang mengandung 36-44% P_2O_5 untuk disediakan dari tahap selanjutnya dan dibentuk menjadi *slurry*. Selanjutnya, pada digester pertama ditambahkan asam sulfat dan mengendapkan 70-80% kalsium oksida dalam batuan menjadi kalsium sulfat hemihidrat dan 20-30% menjadi monokalsium fosfat. Kemudian, pada digester kedua, monokalsium fosfat diendapkan sebagai kalsium sulfat hemihidrat dengan tetap mempertahankan konsentrasi asam sulfat bebas pada 2-3%. Kemudian, Sebagian dari *slurry* tersebut disirkulasi ulang untuk digunakan dalam pra-pencampur atau dalam *digester* pertama, sisa dari *slurry* tersebut disaring dan asam fosfat dipisahkan. *Cake* kalsium sulfat hemihidrat dicuci dengan filtrat kalsium sulfat dihidrat yang akan disediakan dari langkah selanjutnya, filtrat tersebut digunakan kembali untuk direaksikan dengan batuan fosfat. Bungkil tersebut dikembalikan ke konsentrasi padatan 20-45% pada suhu 50-80°C dalam asam encer yang mengandung 10-15% P_2O_5 dan 10-15% asam sulfat dan segera direkristalisasi menjadi kalsium sulfat dihidrat. Kemudian disaring dan dicuci untuk memisahkan kalsium sulfat dihidrat dan setelah itu filtrat digunakan sebagai larutan pencuci untuk kalsium sulfat hemihidrat, sedangkan filtrat pencuci disirkulasi ulang untuk digunakan dalam *repulping* kalsium sulfat hemihidrat. Dengan demikian, asam fosfat dengan konsentrasi tinggi dapat diproduksi dan disertai kualitas gipsum yang lebih baik sebagai produk sampingnya.

3. *Central Prayon Process*



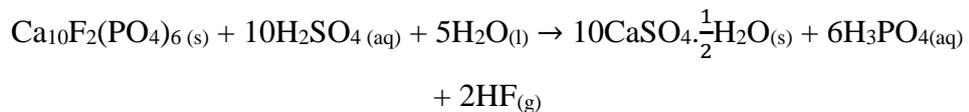
Gambar II. 4 Pembuatan asam fosfat dengan *Central Prayon Process*



PRA RANCANGAN PABRIK

“ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES *CENTRAL PRAYON* DENGAN KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN”

Reaksi:



Proses :

Tahap pertama dari proses central prayon adalah mereaksikan asam sulfat 98-99% dengan batuan fosfat yang telah dihancurkan pada reaktor 1, reaksi tersebut juga dibantu dengan *recycle* asam fosfat dari proses selanjutnya. Reaktor pertama dikondisikan pada suhu 70-80 °C dengan waktu tinggal 2-4 jam. Pada proses tersebut akan menghasilkan *slurry* dengan kadar 38-50% P₂O₅ dengan SO₃ bebas 0,5% - <0,05%. Setelah *Slurry* dipisahkan dari reaktor 1 kemudian di proses kembali pada reaktor 2 hingga menghasilkan 35-42% P₂O₅, suhu operasi pada reaktor ini 90-105 °C dan waktu tinggal 0,5-1,5 jam. Peningkatan suhu yang terjadi pada proses ini akan menyebabkan kristal gypsum larut dan P₂O₅ dan kalsium sulfat mengalami re-kristalisasi sebagai kristal hemihidrat yang relatif murni. Proses ini menggunakan dua tahap penyaringan. Pada tahap penyaringan kedua dilakukan dengan pencucian menggunakan air, hasil pencucian berupa larutan yang mengandung asam fosfat yang kemudian di-recycle ke reaktor pertama (Hoxha, 2016).

II.2 Pemilihan Proses

Berikut merupakan perbandingan beberapa proses yang dapat digunakan untuk memproduksi asam fosfat, yaitu *Electric furnace process*, *Dorr strong-acid process*, Proses nissan dan *Central prayon process*. Adapun dalam tabel berikut:



PRA RANCANGAN PABRIK

“ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES *CENTRAL PRAYON* DENGAN KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN”

Tabel II. 1 Seleksi Proses Produksi Asam Fosfat

Parameter	Macam – Macam Proses			
	Electric Furnace	Dorr Strong Acid	Nissan	Central Prayon
Bahan Baku	Batuan Fosfat	Batuan Fosfat	Batuan Fosfat	Batuan Fosfat
	SiO	H ₂ SO ₄	H ₂ SO ₄	H ₂ SO ₄
Suhu Operasi	1315°C	110-170°C	90-100°C	70-80°C
Waktu reaksi	-	-	1-2,5 jam	2-4 jam
Yield	87-92%	92-93%	90-94%	98-99%
Kadar P ₂ O ₅	-	35%	45-50%	32-36%
Hasil Samping	Ferrophosphorus	Gypsum	Gypsum	Gypsum, H ₂ SiF ₆
Proses	Kompleks	Sederhana	Kompleks	Sederhana

Berdasarkan perbandingan proses yang diuraikan pada table diatas, maka dipilih proses central prayon dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Lebih ekonomis karena proses yang sederhana
2. Tingginya P₂O₅ produk dan P₂O₅ recovery sebesar 98%
3. Menghasilkan produk samping berupa gypsum hemihydrate lebih murni dan memiliki nilai ekonomis karena tidak memerlukan pengeringan.

II.3 Uraian Proses

Proses pembuatan asam fosfat pada pabrik ini menggunakan proses *Central Prayon*. Tahapan pertama dalam pembuatan asam fosfat adalah batuan fosfat yang mengandung min. 30% P₂O₅ dengan ukuran yang seragam (4 mesh). diangkut dengan Belt Conveyor (J-121) dan Bucket Elevator (J-122) menuju Hopper I (F-123) sebelum masuk kedalam Reaktor I (R-210). Setelah itu, Phosphate rock direaksikan dengan H₂SO₄ dengan konsentrasi 70% di Reaktor I (R-210) menjadi slurry pada kondisi suhu 80°C selama 2 jam. Slurry dari Reaktor I (R-220) kemudian direaksikan dengan batuan fosfat 10% berat di Reaktor II (R-230) dengan



PRA RANCANGAN PABRIK

“ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES *CENTRAL PRAYON* DENGAN KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN”

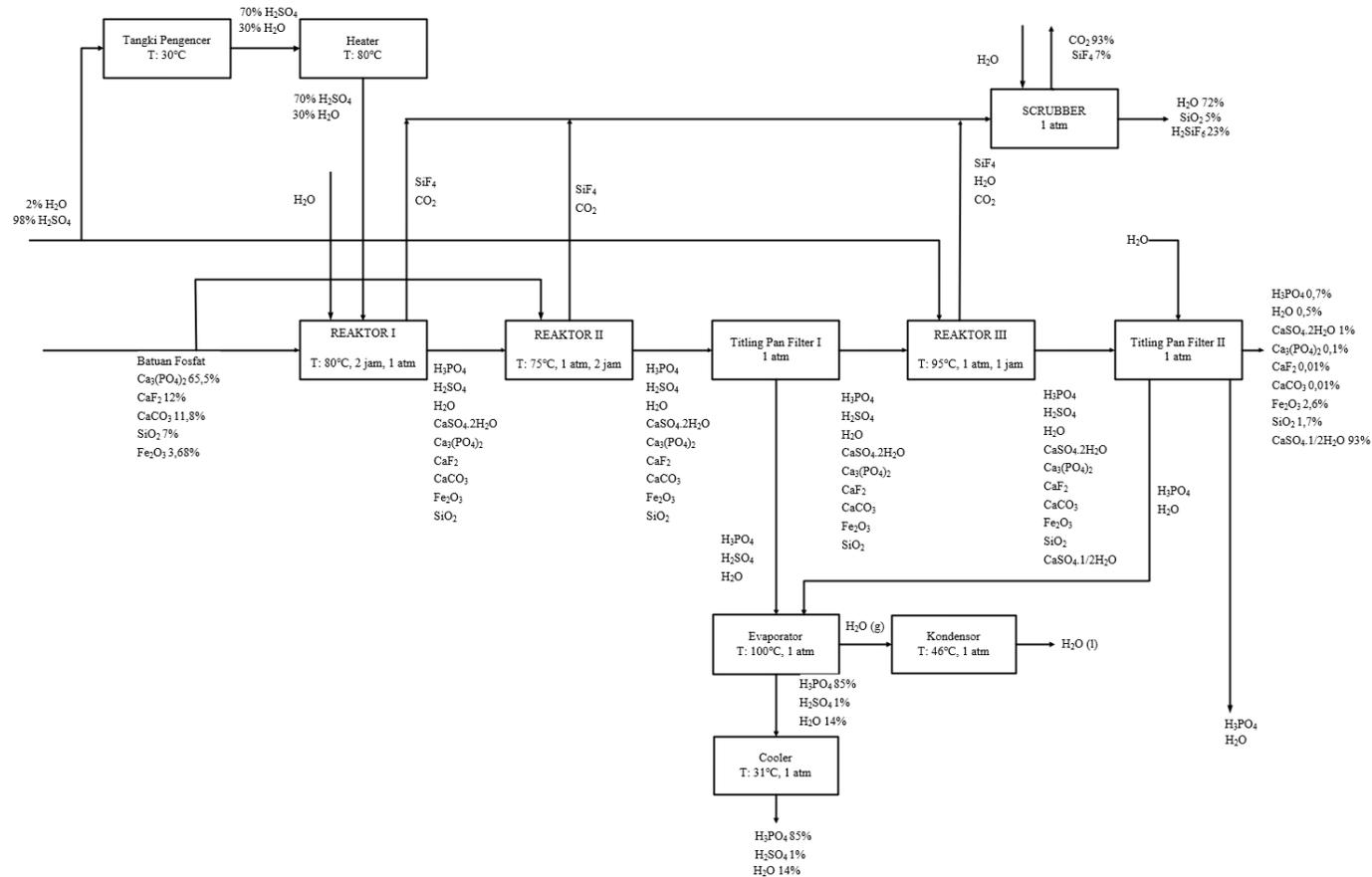
kondisi suhu 75°C selama 2 jam. Pada Reaktor I dan Reaktor II, terjadi reaksi antara batuan fosfat dengan H_2SO_4 membentuk asam fosfat (H_3PO_4) dan kalsium sulfat dihidrat ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Pada Reaktor II suhu operasi lebih rendah dibandingkan pada Reaktor I yaitu 75°C pada tekanan 1 atm selama 2 jam. Reaksi bersifat eksotermis sehingga dibutuhkan air pendingin yang dilewatkan dalam jaket untuk menjaga suhu pada reaktor sesuai dengan kondisi optimumnya, campuran gas hasil reaksi yaitu CO_2 dan SiF_4 yang keluar pada bagian atas reaktor dan dialirkan ke scrubber (D-340) untuk melarutkan gas SiF_4 dengan air proses sehingga tidak mencemari lingkungan dan menjadi larutan asam heksafluorosilikat (H_2SiF_6). Larutan H_2SiF_6 kemudian ditampung dalam tangki penampung H_2SiF_6 (F-430). Produk dari Reaktor II berupa campuran solid dan liquid (slurry) keluar dan kemudian dipompa menuju ke Tilting Pan Filter I (H-310) untuk memisahkan antara cake dan filtrat, filtrat yang didapat berupa produk asam fosfat dan cake yang didapat berupa kalsium sulfat dihidrat ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Kemudian filtrat asam fosfat dipisahkan menggunakan Evaporator (V-320). Produk atas vapor berupa H_2O yang kemudian dialirkan menuju Kondensor (E-322) untuk diubah fasenya menjadi cair sebelum dialirkan ke Unit Waste Water Treatment. Produk bawah evaporator berupa asam fosfat (H_3PO_4) 85%, asam sulfat (H_2SO_4) 0,52%, dan air (H_2O) 14,48% dialirkan menuju Cooler (E-323) untuk diturunkan suhunya menjadi 31°C dan kemudian dialirkan menuju Tangki Penyimpanan Asam Fosfat (F-410). Untuk cake slurry keluaran tilting pan filter II dilanjutkan ke proses selanjutnya. Cake slurry tersebut dialirkan menggunakan screw conveyor menuju reaktor konversi (R-230), pada reaktor ini ditambahkan H_2SO_4 98% sehingga terjadi dekomposisi gypsum dihidrat ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) menjadi gypsum hemihidrat ($CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$) melalui pemanasan hingga 95°C selama 1 jam. Selama proses pemanasan, gypsum kehilangan 1,5 g mol dari 2 g mol air dan berubah menjadi kalsium sulfat hemihidrat, peningkatan panas pada Reaktor III (R-230) akan mengeluarkan sisa air pada kristal dihidrat dan ukuran kristal akan semakin besar sehingga akan memudahkan proses filtrasi. Kemudian gypsum berupa kalsium sulfat hemihidrat dilakukan penyaringan filtrat yang masih mengandung asam fosfat menggunakan



PRA RANCANGAN PABRIK

“ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES *CENTRAL PRAYON* DENGAN KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN”

II.4 Blok Diagram Alir



Gambar II. 5 Diagram Alir Proses Central Prayon