



Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Phosphoric Acid dari Phosphate Rock dan Sulfuric Acid dengan Proses Wet Hemihydrate - Dihydrate”

BAB II

PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES

Pada umumnya metode digunakan dalam produksi pada industri Asam fosfat, diantaranya adalah:

1. Thermal process
2. Wet process

II.1 Thermal Process

Produksi asam fosfat dengan Thermal proses dimana unsur fosfor yang diperoleh dari fosfat mentah, kokas, dan silika diproses pada suhu sekitar 1500°C dalam furnace atau rotary kiln. Thermal proses mempunyai biaya produksi dan konsumsi energi yang jauh lebih tinggi dibanding Wet proses. Produk asam fosfat yang diperoleh pada proses ini umumnya disebut asam fosfat termal (thermal phosphoric acid). Produksi asam fosfat dari unsur fosfor dengan termal proses dilakukan dalam dua tahap, pembakaran dengan udara berlebih untuk menghasilkan P_4O_{10} dan hidrasi P_4O_{10} untuk membentuk H_3PO_4 .



Sekitar 80–90% asam fosfat termal yang diproduksi digunakan untuk produksi fosfat industri, terutama garam natrium, kalium, kalsium, dan amonium. Kemudian untuk perawatan permukaan logam dan, dalam kualitas food-grade, untuk asidulasi minuman.

Terak fosfor (phosphorus slag) adalah produk samping dari produksi Asam fosfat oleh Termal proses. Terak fosfor diperoleh dalam bentuk granul (butiran) sebanyak 8 Ton per Ton produksi fosfor dalam tungku elektrik furnace. Terak mempunyai kandungan Calcium (CaO) sebanyak 48,4% dan Silikat (SiO_2) sebanyak 42,5%. Terak dimanfaatkan dalam teknologi pembuangan limbah (disposal), dalam pembangunan jalan, dan sebagai bahan pengisi dan isolasi.



Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Phosphoric Acid dari Phosphate Rock dan Sulfuric Acid dengan Proses Wet Hemihydrate - Dihydrate”

II.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 : Calcium sulfat anhidrit

$\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$: Calcium sulfat hemihydrate

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: Calcium 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 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).

Seiring perkembangan zaman, konvensional Wet proses mengalami beberapa pengembangan rute proses dengan mengedepankan kualitas produk Asam fosfat dan juga efisiensi energi. Proses pengembangan tersebut diantaranya:

1. Dihydrate Process (DH)
2. Hemihydrate Process (HH)



Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Phosphoric Acid dari Phosphate Rock dan Sulfuric Acid dengan Proses Wet Hemihydrate - Dihydrate”

3. Hemihydrate Recrystallisation (HRC)
4. Dihydrate – Hemihydrate Process (DH/HH)
5. Hemihydrate – Dihydrate Process (HH/DH)

(Al-Fariss, 1992)

II.2.1 Dihydrate Process (DH)

Proses ini merupakan metode klasik untuk produksi asam fosfat dengan Wet proses. Sebelum direaksikan, phosphate rock biasanya ditumbuk sampai halus sekitar $75\% < 150 \mu\text{m}$. Phosphate rock dan Asam sulfat pekat diumpukan pada tempat yang terpisah. Dengan cara ini, konsentrasi Asam sulfat diturunkan sehingga reaksi yang terjadi dengan phosphate rock tidak terhalang oleh pembentukan lapisan gipsum pada partikel batuan fosfat. Kalsium sulfat terbentuk sebagai dihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) pada suhu reaksi $70\text{-}80^\circ\text{C}$ dan konsentrasi asam fosfat 28-31%. Keuntungan dari proses dihidrat antaralain:

1. Mudah dioperasikan dan dapat beradaptasi dengan berbagai jenis (grade) batuan fosfat
2. Suhu reaksi yang rendah dan karenanya, lebih sedikit masalah korosi yang ditimbulkan
3. Penerapannya pada sebagian besar pada berbagai grade batuan fosfat
4. Kesesuaiannya untuk produksi volume besar.

Beberapa kelemahan proses dihidrat (DH) antaralain:

1. Produksi Asam fosfat yang relatif encer yang kemudian harus dipekatkan
2. Kebutuhan energi untuk menggiling batuan fosfat
3. Kerugian P_2O_5 yang relatif tinggi 4-6% di gipsum.

(Ullman, 2012)



Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Phosphoric Acid dari Phosphate Rock dan Sulfuric Acid dengan Proses Wet Hemihydrate - Dihydrate”

II.2.2 Hemihydrate Process (HH)

Proses hemihydrate dapat menghasilkan Asam fosfat dalam konsentrasi tinggi, oleh karena itu, dalam banyak kasus tahap pemekatan dapat dihilangkan, yang berarti biaya modal yang lebih rendah dan penggunaan energi juga rendah. Produk Asam fosfat juga dapat dipekatkan dengan penguapan menggunakan evaporator. Pada proses ini kalsium sulfat hemihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) dihasilkan sebagai produk samping. Kerugian dari proses ini adalah:

1. Suhu reaksi yang lebih tinggi yang dapat meningkatkan resiko korosi
2. Rendemen P_2O_5 yang rendah
3. Kebutuhan batuan fosfat yang lebih tinggi.

(Al-Fariss, 1992)

II.2.3 Hemihydrate Recrystallisation (HRC)

Proses rekristalisasi hemihydrate (HRC) mampu menghilangkan kerugian dari rendemen P_2O_5 yang rendah dan menghasilkan gipsium dengan kemurnian tinggi tetapi lebih kompleks dari pada proses hemihydrate (HH) dan kandungan SO_3 produknya tinggi (Al-Fariss, 1992).

II.2.4 Dihydrate – Hemihydrate Process (DH/HH)

Dihidrat-Hemihidrat (DH/HH) proses mempunyai kelebihan dan kekurangan yang hampir sama dengan Hemihidrat-Dihidrat (HH/DH) proses kecuali suhu reaksi yang lebih rendah (Al-Fariss, 1992).

Dihidrat-Hemihidrat proses mampu menghasilkan produk Asam fosfat 32-36% P_2O_5 dengan yield 96-98%. Dengan proses ini mampu menghasilkan produk samping kalsium sulfat hemihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) yang sangat murni

(Ullman, 2012).



Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Phosphoric Acid dari Phosphate Rock dan Sulfuric Acid dengan Proses Wet Hemihydrate - Dihydrate”

II.2.5 Hemihydrate – Dihydrate Process (HH/DH)

Proses hemidihydrate (HH/DH) memberikan produk Asam fosfat hasil filtrasi hingga 50% P_2O_5 , dengan efisiensi recovery P_2O_5 yang tinggi mencapai 98%. Ini adalah proses dua tahap dengan kalsium sulfat hemihidrat ($CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$) yang terbentuk pada tahap pertama diubah menjadi dihidrat gipsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) pada tahap kedua sebagai produk samping. Asam fosfat hasil filtrasi dapat dikonsentrasikan (dipekatkan) lebih lanjut dengan penguapan menggunakan evaporator (Gobbit, 2012).

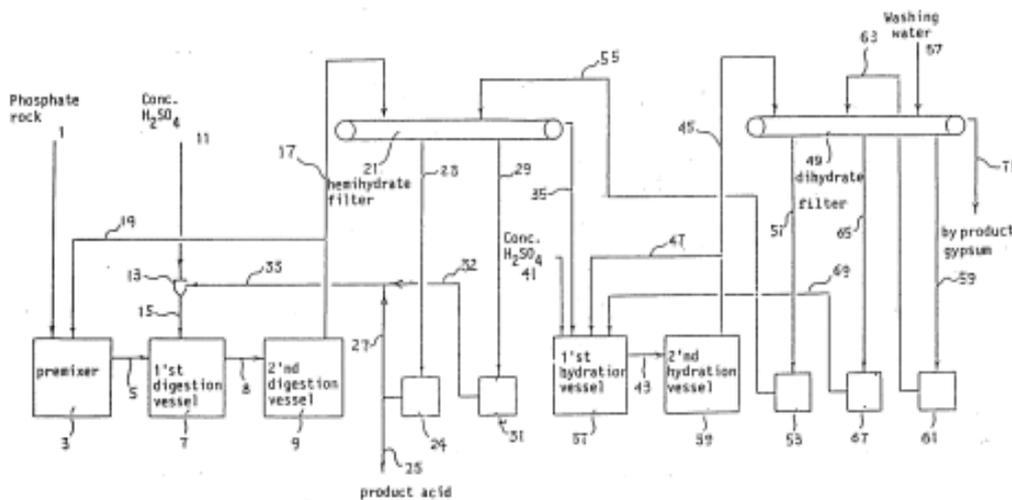
Produksi Asam fosfat dengan Hemihydrate – Dihydrate Process (HH/DH) menggunakan dua tahap filtrasi mampu menghasilkan produk Asam fosfat 40-52% P_2O_5 dengan yield 98,5%. Dengan proses ini produk samping gipsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) yang dihasilkan juga sangat murni (Ullman, 2012).

Proses HDH membutuhkan peralatan / unit operasi yang sama dengan proses HH untuk menghasilkan asam fosfat dan kristal hemihidrat yang kuat. Namun pada proses HDH, hemihidrat tidak dibuang melainkan dikumpulkan dan dikonversi menjadi kristal dihidrat ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) dengan penambahan silika aktif untuk membantu konversi kristal HH menjadi DH dan kemudian disaring pada filter terpisah untuk mendapatkan produk samping berupa gipsum. Umumnya, lebih dari 90% kristal HH dapat ditransformasikan menjadi kristal DH (Gobbit, 2012).

Keuntungan memilih rute proses Hemihidrat-dihidrat (HH/DH) dengan filter ganda adalah:

1. Asam fosfat pekat dapat secara langsung dihasilkan dari filter
2. Mempunyai efisiensi keseluruhan fosfat tertinggi
3. Memerlukan konsumsi asam sulfat terendah
4. Mampu menghasilkan Asam fosfat yang relatif bersih, karena berkurangnya kelarutan pengotor dalam asam pekat
5. Mampu menghasilkan produk samping berupa phosphogypsum dengan kadar fosfat yang rendah sehingga cocok untuk bahan baku cement retarder

(Nordengren, 1987)



(EP 1992)

Gambar II.1 Blok Diagram Proses Hemihydrat-Dihydrate

II.3 Seleksi Proses

Dari uraian diatas, maka dapat ditabelkan perbedaan dari macam proses yang telah diuraikan, adapun tabel perbedaan proses sebagai berikut:

Tabel II.1. Seleksi Proses

| Faktor | Proses | | | | |
|--|-----------|-------------|--------|-------|-------|
| | DH | HH | HRC | DH/HH | HH/DH |
| Yield (%) | 93,5-96,5 | 90-94 | 95-97 | 96-98 | 98,5 |
| Produk acid (% P ₂ O ₅) | 28-30 | 40-48 | 30-32 | 32-36 | 40-52 |
| Kualitas gypsum | Rendah | Tidak murni | Murni | Murni | Murni |
| Suhu reaksi (°C) | 70-85 | 85-100 | 85-100 | 65-70 | 60-80 |



Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Phosphoric Acid dari Phosphate Rock dan Sulfuric Acid dengan Proses Wet Hemihydrate - Dihydrate”

| | | | | | |
|--------------------------|----------------------|--------|-------|--------|----------------------|
| Suhu rekristalisasi (°C) | - | - | 50-60 | 90-100 | 50-65 |
| Biaya modal | Lebih tinggi dari HH | Rendah | | Tinggi | Lebih tinggi dari DH |
| Biaya produksi | Lebih tinggi dari HH | Rendah | | Tinggi | Lebih tinggi dari DH |

Berdasarkan macam-macam proses yang telah dijelaskan, maka proses yang dipilih adalah proses hemihydrate-dihydrate karena yield yang dihasilkan lebih besar jika dibandingkan dengan proses yang lain.

II.4 Uraian Proses

Pertama-tama batuan fosfat (*phosphate rock*) yang mengandung sekitar 30% P_2O_5 . *Phosphate rock* diubah fasenya di Pre-mixer (R-210) menjadi slurry dengan bantuan recycle slurry dari Reaktor I (R-220). Proses dalam Reaktor I berlangsung pada suhu sekitar 80°C selama 3 jam. Larutan H_2SO_4 dengan konsentrasi 98% dari tangki penampung dipompa ke tangki pengencer H_2SO_4 untuk mengencerkan larutan H_2SO_4 sampai konsentrasi 60% H_2SO_4 diumpukan pada bagian atas Reaktor I (R-220) untuk direaksikan dengan slurry dari Pre-mixer. Slurry dari Reaktor I (R-220) dengan jumlah H_2SO_4 excess 1,5% diubah menjadi kalsium sulfat hemihidrat di Reaktor II (R-230)

Pada Reaktor I dan Reaktor II, terjadi reaksi antara batuan fosfat dengan H_2SO_4 membentuk asam fosfat (H_3PO_4) dan kalsium sulfat hemihidrat ($CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$). Pada Reaktor II suhu operasi lebih rendah di bandingkan pada Reaktor I yaitu 75°C pada tekanan 1 atm selama 3 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



Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Phosphoric Acid dari Phosphate Rock dan Sulfuric Acid dengan Proses Wet Hemihydrate - Dihydrate”

dan SiF_4 keluar pada bagian atas reaktor dan dialirkan ke scrubber D-340 untuk melarutkan gas SiF_4 dengan air proses sehingga tidak mencemari lingkungan menjadi larutan H_2SiF_6 . Larutan H_2SiF_6 kemudian ditampung dalam tangki penampung H_2SiF_6

Produk dari Reaktor II berupa campuran solid dan liquid (slurry) keluar menuju Tanki penampung sementara dan kemudian dipompa menuju ke Horizontal tilting pan filter yang memisahkan antara cake dan filtrate pada 1st filtration, filtrat yang didapat berupa produk asam fosfat dan cake yang didapat berupa kalsium sulfat hemihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) kemudian dicuci kembali pada 2nd filtration dengan air cucian (washing acid) dari 3rd filtration. Cake dari 2nd filtration berupa kalsium sulfat hemihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) yang diumpankan menuju Reaktor III (R-250) untuk direaksikan kembali dengan H_2SO_4 10% untuk mengkonversi kristal hemihidrat menjadi kalsium sulfat dihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dengan bantuan agitator. Proses pada Reaktor III berlangsung pada tekanan 1 atm dengan suhu 60°C selama 2 jam. Slurry kemudian diumpankan ke 3rd filtration, dipisahkan antara cake dan filtrat. Filtrat yang didapat digunakan untuk pencucian pada 2nd filtration dan cake diumpankan ke 4th filtration. Pada 4th filtration cake dicuci kembali menggunakan air washing dari 5th filtration, air hasil pencucian pada 4th filtration diumpankan ke 1st hydration tank (R-250) dan cake diumpankan pada 5th filtration. Di 5th filtration cake dicuci dengan air proses, lalu dipisahkan kembali cake dan filtrat, filtrat digunakan untuk pencucian pada 4th filtration sedangkan cake berupa gypsum ditampung pada penampungan gypsum dan siap diolah oleh pihak ke 3.

Filtrat yang telah keluar dari 1st filtration yang merupakan produk utama berupa larutan H_3PO_4 dengan konsentrasi 71% kemudian dipekatkan dengan cara menguapkan air menggunakan evaporator. Larutan H_3PO_4 dengan konsentrasi 85% keluar pada bagian bawah evaporator dipompa menuju cooler untuk menurunkan suhu H_3PO_4 hingga 30°C , selanjutnya ditampung di tangki penampung produk dan siap untuk dipasarkan.