

PENGARUH KOMPOSISI PHOSPATE ROCK TERHADAP PRODUK GYPSUM HEMYHIDARATE PADA DIGESTER UNIT ASAM FOSFAT

Rosa Rosmayani¹, Ronny Kurniawan¹

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional
Jl. PH.H. Mustofa No.23, Neglasari, Cibeunying Kaler, Kota Bandung, Jawa Barat
40124

Email: rosarosmayani510@gmail.com, rk.itenas@gmail.com

ABSTRAK

Digester merupakan tempat reaksi bahan baku dengan asam sulfat yang menghasilkan salah satu produk yaitu gypsum hemihidrat. Kajian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dari digester ditinjau dari nilai efisiensi gypsum hemihidrat yang dihasilkan digester berdasarkan data aktual dan data design mengacu pada data bahan baku komposisi batuan fosfat kondisi aktual dan kondisi design. Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa pada digester neraca massa pada komposisi bahan baku design masuk : 287.975,93 kg/jam dan neraca massa keluar : 287.975,93 Kg/jam sedangkan, neraca massa pada komposisi bahan baku batuan fosfat aktual masuk : 286.045,44 kg/jam dan neraca massa keluar : 286.045,44 Kg/jam. Massa $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ pada komposisi bahan baku batuan fosfat design sebesar 39.993,37 Kg/jam sedangkan $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ pada komposisi bahan baku batuan fosfat aktual 39.548,07 Kg/jam. Nilai %efisiensi $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ berdasarkan aktual terhadap design sebesar 98,89%. Berdasarkan nilai efisiensi tersebut bisa disimpulkan bahwa kinerja dari digester masih baik.

Kata Kunci : digester, efisiensi, gypsum hemihidrat

ABSTRACT

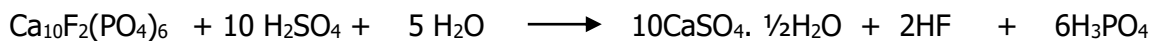
The digester is a place where the raw material reacts with sulfuric acid which produces one of the products, namely gypsum hemihydrate. This study aims to evaluate the performance of digester in terms of the efficiency value of gypsum hemihydrate produced by the digester based on actual data and design data referring to raw material data for rock phosphate composition of actual conditions and design conditions. Based on the results of the mass balance calculation in the digester, the mass balance on the composition of the raw material design input: 287,975.93 kg/hour and the outgoing mass balance: 287,975.93 Kg/hour while, the mass balance on the composition of the actual rock phosphate raw material enters: 286,045.44 kg /hour and the mass balance comes out: 286,045.44 Kg/hour. The mass of $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ in the composition of the design rock phosphate raw material is 39,933,37 Kg/hour while $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ in the composition of the rock phosphate raw material actual 39,548.07 Kg/hour. The value of %efficiency $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ based on the quality of the design is 98.89%. Based on the efficiency value, it can be concluded that the performance of the digester is still good.

Keywords: digester, efficiency, gypsum hemihidrat

1. PENDAHULUAN

Pabrik asam fosfat adalah salah satu pabrik yang terdapat pada Departemen Produksi III di PT. Petrokimia Gresik. Pabrik ini menghasilkan asam fosfat mencapai 610 ton/hari. Bahan baku yang digunakan pada pabrik ini adalah phosphate rock dan asam sulfat 98,5%. Pertama-tama phosphate rock akan masuk ke dalam unit Rock Grinding yang dilanjutkan dengan *unit reaction and hemihydrate filtration, dehydration and dehydrate filtration, fluorine recovery and concentration*.

Pada proses produksi Asam Fosfat menggunakan alat utama berupa Reaktor digester yang berfungsi untuk mereaksikan antara gas phosphate rock dengan H₂SO₄ asam fosfat dan gipsum. Dalam digester phosphate rock bereaksi dengan liquid hasil gabungan antara return acid serta asam sulfat. Aspek penting yang mempengaruhi dekomposisi phosphate rock dengan phosphoric acid serta asam sulfat merupakan keadaan dimana tidak ada free sulfuric acid dalam slurry. Reaksi yang berlangsung merupakan:



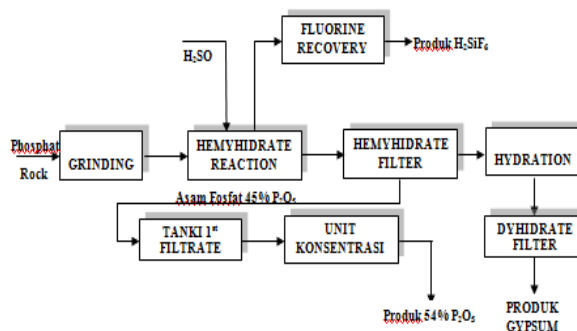
Bahan utama Phosphate rock telah diproses sebelumnya di premixer dengan ditambahkan recycle slurry. Proses pencampuran menggunakan agitator guna menghindari terbentuknya debu dari phosphate rock. Proses reaksi di reaktor sangat menentukan apakah produk yang dihasilkan mempunyai kualitas/mutu yang baik atau tidak.

Pabrik asam fosfat di PT. Petrokimia Gresik telah berjalan selama kurang lebih 37 tahun. Tentunya terjadi penurunan performa beberapa alat yang digunakan. Dengan mengetahui neraca massa dari desain pabrik, maka diharapkan dapat menjadi perbandingan pada waktu operasional pabrik, sehingga akan diketahui penyebab penurunan performa pabrik. Tujuan kajian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja dari digester ditinjau dari nilai efisiensi gypsum hemihidrat yang dihasilkan dari digester berdasarkan data aktual dan data design mengacu pada data bahan baku komposisi batuan fosfat kondisi aktual dan kondisi design

2. LANDASAN TEORI

2.1 Proses Produksi Asam Fosfat

Pabrik Asam Phospat berkapasitas 610 ton P₂O₅/hari. Teknologi proses yang digunakan adalah Nissan C Process. Proses ini diklasifikasikan dalam kategori pembuatan PA dengan proses *hemihydrate-dyhidrate*.

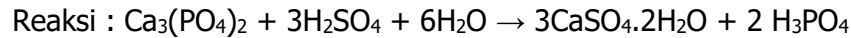


Gambar 1. Blok diagram Unit Asam Fosfat (H₃PO₄)

PENGARUH KOMPOSISI PHOSPATE ROCK TERHADAP PRODUK GYPSUM HEMYHIDARATE PADA DIGESTER UNIT ASAM FOSFAT

Uraian Proses :

Phosphate rock selaku bahan baku utama pada pembuatan asam fosfat dihancurkan dalam grinder yang setelah itu dihaluskan dengan screen and ball mill untuk umpan reaksi. Proses reaksi antara phosphate rock dengan asam sulfat menjadi fosfat berlangsung dalam reaktor dengan temperatur 90- 104°C.



Lalu dilaksanakan penyerapan SiF_4 serta HF melalui pemanfaatan larutan H_2SiF_6 encer sehingga menjadi H_2SiF_6 dengan konsentrasi 18-20%. *Hemyhydrate slurry* melalui proses filtrasi yang mana filtrat dari filtrasi kedua digunakan sebagai *return acid*. Kemudian ada tahapan hidrasi *hemyhydrate cake* dengan asam sulfat. Filtrat dari proses filtrasi dehydrate slurry dipakai guna mencuci pada hemyfilter sedangkan cake dijadikan produk berupa phosphogypsum. Hasil filtrat mulanya mempunyai kandungan P_2O_5 45% dipekatkan jadi asam fosfat pekat 54%. (Erica Christy, 2020)

2.2 Bahan Baku

Bahan Baku pembentukan Asam Fosfat adalah Batuan Fosfat (*Phosphate Rock*) dan Asam Sulfat. Batuan Fosfat diambil dari Yordania dan Maroko, sedangkan Asam Sulfat diambil dari hasil produk unit produksi Asam Sulfat. Komposisi bahan baku yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Phosphate Rock

- a. P_2O_5 : min 32% berat
- b. Pb : 1,411 gr/mL
- c. H_2O : max 25% berat
- d. CaO : min 51% berat
- e. SiO_2 : 2,5 – 5,0% berat
- f. SO_3 : max 2% berat
- g. F : min 3% berat
- h. CO_2 : 4,5 - 6% berat
- i. Impurities : 2,9%

2. Asam Sulfat

- a. Kadar Asam Sulfat : min 98,0%
- b. Specific gravity : 1,82 – 1,824
- c. Impurities : 115 ppm

2.3 Neraca Massa

Neraca massa merupakan implementasi prinsip kekal massa di satuan prosesnya. Hukum kekekalan massa mengungkapkan "massa tidak dapat diciptakan serta tidak dapat dimusnahkan namun dapat dirubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain". Perubahannya bisa terjalin apabila ada perbedaan energi, tapi pada pereaksian kimia massanya berubah sangat rendah maka prinsip kekal massa dapat diterapkan. (Ammar Wahab,2019)

Neraca massa sangat dibutuhkan dalam proses kimia diantaranya digunakan untuk perhitungan kebutuhan bahan baku, merancang peralatan, merancang peralatan unit operasi, dan menghitung efisiensi ataupun konversi suatu reaksi kimia. Persamaan yang digunakan pada konsep neraca massa disusun berdasarkan hukum kekekalan massa (*law conservation*

of mass), yaitu suatu zat tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan. Dalam pernyataan tersebut dapat dilihat bahwa:

$$\text{Input} - \text{Output} = \text{Akumulasi}$$

$$\frac{\text{massa}}{\text{masuk Sistem}} - \frac{\text{massa}}{\text{keluar sistem}} + \frac{\text{massa}}{\text{bereaksi}} - \frac{\text{massa}}{\text{terkonsumsi}} = \frac{\text{massa}}{\text{terakumulasi}}$$

Dalam pengaplikasiannya, kuantitas pada neraca massa sebaiknya dinyatakan dalam unit massa diantaranya adalah kg dan lb. namun apabila tidak terdapat reaksi kimia, maka satuan dalam bentuk molar dapat digunakan. Apabila kuantitas diberikan dalam volume maka harus dikonversikan massa dengan mengalikan dengan densitas.

Apabila zat yang digunakan dalam bentuk suatu campuran maka neraca massanya adalah sebagai berikut:

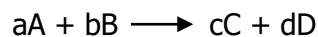
$$\Sigma M_i X_i = \Sigma M_o X_o + \Sigma M_a X_a$$

Dimana X_i, X_o, X_a adalah fraksi dari masing-masing komponen dan,
 $i = \text{input}, o = \text{output}, a = \text{akumulasi}$

- Neraca massa tanpa reaksi
 Diaplikasikan pada kondisi steady state dimana tidak ada reaksi yang terlibat pada sistem tersebut

- Neraca massa dengan reaksi kimia

Dalam reaksi kimia, stoikiometri reaksi kimia harus diperhatikan, contoh:



dalam perhitungan kuantitatif sistem reaksi yang demikian, perlu diketahui beberapa istilah seperti dibawah ini:

1. *Limiting reactant* (reaktan pembatas)

Reaktan yang jumlah molnya paling sedikit bila ditinjau dari segi stoikiometri atau reaktan yang habis terlebih dahulu dibanding reaktan lainnya.

2. *Excess reactant* (zat reaktan yang berlebih).

3. *Percent excess of reactant* (persen kelebihan reaktan yang berlebih)

$$\% \text{excess} = \frac{\text{jumlah mol berlebih dari kebutuhan teoritis}}{\text{jumlah mol kebutuhan teoritis}} \times 100\%$$

$$\text{Jumlah mol berlebih} = (\text{mol umpan}) - (\text{mol kebutuhan teoritis})$$

4. Konversi

$$\% \text{Konversi} = \frac{\text{jumlah mol reaktan yang bereaksi}}{\text{jumlah mol reaktan yang masuk reaktor}} \times 100\%$$

nilai konversi = 0 sampai dengan 100% (= 1)

5. Yield /rendemen

$$\text{yield} = \frac{\text{berat hasil}}{\text{berat umpan}} \times 100\%$$

**PENGARUH KOMPOSISI PHOSPATE ROCK TERHADAP PRODUK GYPSUM HEMYHIDARATE
PADA DIGESTER UNIT ASAM FOSFAT**

2.4 Metodologi

2.4.1 Tahap Pengumpulan Data

a. Data Sekunder

Berikut data-data sekunder yang diperoleh :

Tabel 1. Komposisi bahan baku batuan Fosfat untuk kondisi design

BATUAN PHOSPHATE		
Kadar Air (H ₂ O)	% W	4
P ₂ O ₅	% W	28,37
CaO	% W	51
SO ₃	% W	1,5
SiO ₂ Jumlah	% W	5,5
F	% W	3
Org C	% W	0,6
Cl	% W	0,03
CO ₂	% W	6
ASAM SULFAT		
H ₂ SO ₄	% W	98,5

Tabel 2. Komposisi bahan baku batuan Fosfat untuk kondisi aktual

BATUAN PHOSPHATE		Hasil analisa
Berat Jenis		1,438
Kadar Air (H ₂ O)	% W	2,24
P ₂ O ₅	% W	33,92
CaO	% W	46,65
SO ₃	% W	0,6
SiO ₂ Jumlah	% W	8,24
F	% W	3,38
Org C	% W	0,0513
Cl	% W	0,0422
CO ₂	% W	4,88
ASAM SULFAT		
H ₂ SO ₄	% W	98,86
Berat Jenis	gr / ml	1,821

BM Komponen :

- Ca₃(PO₄)₂ : 310 Kg/Km

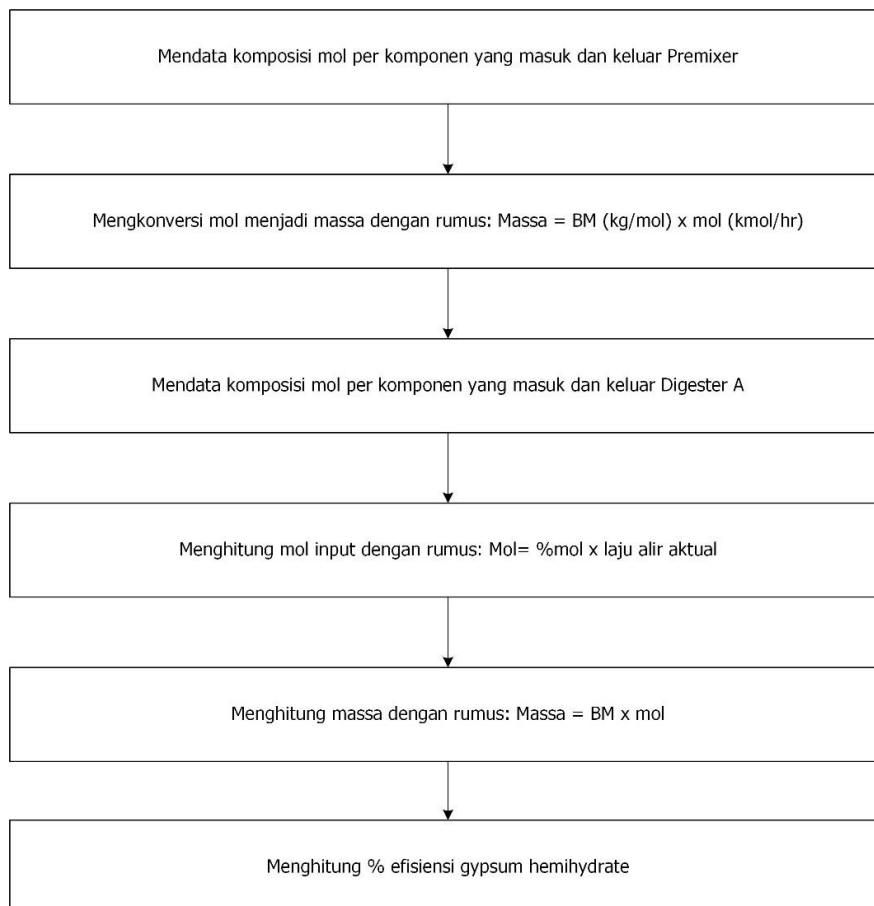
- P_2O_5 : 142 Kg/Kmol
- H_2O : 18 Kg/Kmol
- H_3PO_4 : 98 Kg/Kmol
- $Ca(H_2PO_4)_2$: 234 Kg/Kmol
- CaO : 56 Kg/Kmol
- H_2SO_4 : 98 Kg/Kmol
- $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$: 145 Kg/Kmol

(Sumber : Yaws C.L1984 " *Chemical Properties Handbook* ")

2.3.1 Tahap Pengolahan Data

Perhitungan neraca massa dan %efisiensi pada proses produksi Asam Fosfat dilakukan dengan beberapa langkah :

Tahapan pertama dalam perhitungan ini dilakukan dengan mendata komposisi mol per komponen yang masuk dan yang keluar dar premixer, selanjutnya mengkonversi mol menjadi massa untuk mengetahui massa yang masuk dan keluar premixer. Setelah itu mendata komposisi mol per komponen yang masuk dan keluar Digester, lalu menghitung massa yang masuk dan keluar digester, selanjutnya menghitung % efisiensi gypsum hemihidrat data aktual dan data design mengacu pada data bahan baku komposisi batuan fosfat kondisi aktual dan kondisi design.



Gambar 2. Tahap pengolahan data

PENGARUH KOMPOSISI PHOSPATE ROCK TERHADAP PRODUK GYPSUM HEMYHIDARATE PADA DIGESTER UNIT ASAM FOSFAT

3. Hasil dan Pembahasan

Neraca massa merupakan perhitungannya yang sesuai terhadap seluruh bahan yang masuk, yang diakumulasi serta yang keluar pada waktu tertentu. Pernyataannya itu sesuai terhadap hukum kekekalan massa yaitu: massa tidak bisa dilakukan penjumlahan maupun pemusnahan. Prinsip dasar neraca massa adalah menciptakan berbagai persamaan yang saling tidak bergantung satu sama lainnya, yang mana persamaannya itu dengan totalnya serupa terhadap total komposisi massa yang tidak diketahuinya (Wuryanti, 2016). Pendapat oleh Wirakartakusumah (dilansir dalam Maflahah, 2010), Wirakartakusumah mengungkapkan apabila total materinya di sistem apapun akan sama meskipun terdapat wujud yang berubah atau keadaan fisiknya. Maka dari itu, pada tahapan mengolah dan dijamin total bahan yang masuk akan serupa terhadap total bahannya yang keluar yang merupakan produk yang dikehendaknya di tambah total yang hilang ataupun produk sampingnya.

Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa pada digester diatas diperoleh neraca massa pada komposisi bahan baku batuan fosfat design masuk : 287.975,93 kg/jam dan neraca massa keluar : 287.975,93 Kg/jam. Sedangkan neraca massa pada komposisi bahan baku batuan fosfat aktual masuk : 286.045,44 kg/jam dan neraca massa keluar : 286.045,44 Kg/jam. Dari hasil perhitungan neraca massa tersebut dapat diperoleh juga massa $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ pada komposisi bahan baku batuan fosfat design sebesar 39.993,37 Kg/jam sedangkan $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ pada komposisi bahan baku batuan fosfat aktual 39.548,07 Kg/jam. Dalam hal ini, perolehan produk $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ terjadi perbedaan antara komposisi bahan baku batuan fosfat dan design, hal ini terjadi karena komposisi batuan fosfat yang aktual dengan design tidak memiliki kandungan yang sama sehingga terjadi perbedaan pada hasil $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ yang dihasilkan.

Efisiensi suatu industri adalah kemampuan industri tersebut untuk memproduksi output maksimum dengan menggunakan input dalam jumlah tertentu, atau kemampuan sebuah industri untuk memproduksi sejumlah output tertentu dengan menggunakan input dalam jumlah minimal. (Susantun, 2000). Berdasarkan hasil perhitungan untuk nilai %efisiensi $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ diperoleh nilai %efisiensi $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ sebesar 98,89%. Nilai efisiensi yang diperoleh hampir mendekati 100% sehingga komposisi bahan baku batuan fosfat yang digunakan pada kondisi aktual ini dapat memproduksi gipsum hemyhidrat yang dihasilkan dapat mendekati dari perolehan maksimum gipsum hemyhidrat. Dari hasil efisiensi ini juga dapat dikatakan bahwa digester yang digunakan masih baik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan produk gipsum hemyhidrat dengan menggunakan komposisi bahan baku batuan fosfat aktual sebesar 39.548,07 Kg/jam dan produk gipsum hemyhidrat dengan komposisi bahan baku batuan fosfat design sebesar 39.993,37 Kg/jam maka besarnya efisiensi produk gipsum hemyhidrat hasil aktual terhadap design sebesar 98,89%. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya produk gipsum hemyhidrat dipengaruhi oleh besarnya komposisi bahan baku batuan fosfat. Namun, berdasarkan nilai efisiensi tersebut bisa disimpulkan bahwa kinerja dari digester A masih baik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Petrokimia Gresik, Institut Teknologi Nasional Bandung dan program studi Teknik Kimia Institut Teknik Nasional Bandung yang telah

memfasilitasi kegiatan kerja praktik ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2018. "Departemen Produksi III". PT Petrokimia Gresik : Gresik
- Christy, Erica. 2020. "Mengevaluasi Kinerja Reaktor Converter R-1201 Unit Asam Sulfat & Utilitas IIIA Departemen Produksi IIIA Ditinjau dari % Konversi Converter". Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Nasional : Bandung
- Susantun, I.2000. Fungsi Keuntungan Cobb-Douglas Dalam Pendugaan Efisiensi Ekonomi Relatif. Jurnal Ekonomi Pembangunan. 5 (2) :hal 149-161.
- Wahab, Ammar Abdul. 2019. "Menghitung Neraca Massa, Neraca Panas, dan Efisiensi Pada Digester A (R-2302 A) Unit Asam Fosfat Departemen Produksi IIIA
- Wuryanti, Sri. 2016. Neraca Massa dan Neraca Energi. Politeknik Negeri Bandung. Bandung: Jurusan Teknik Konversi Energi.
- Yaws,C.L., 1984, "*Chemical Properties Handbook*", McGraw Hill Company,Inc., New York