

Analisis Neraca Massa Pada Alat *Centrifuge* dan *Rotary Dryer* ZA I Bagian Produksi IA PT. Petrokimia Gresik

Analysis of Mass Balance in *Centrifuge* and *Rotary Dryer* ZA I Production Department IA PT. Petrokimia Gresik

Zan N. A. C. Rohmah, O. Setiawan*

Universitas Muhammadiyah Gresik, Gresik – Indonesia

*Email: zanubah_190606@umg.ac.id

ABSTRAK: Perusahaan pupuk terbesar di Indonesia salah satunya PT Petrokimia Gresik dengan 16 pabrik pupuk. Pabrik ZA berkapasitas 400.000 ton/tahun memproduksi pupuk nitrogen dengan kandungan N 21%. Proses pembentukan pupuk ZA meliputi beberapa tahapan: reaksi netralisasi, kristalisasi, pemisahan kristal ZA dan pengeringan produk, serta untuk menjalankan beberapa tahapan pada proses tersebut digunakan beberapa alat seperti Saturator, *Centrifuge* dan *Rotary Dryer*. Pada alat saturasi terjadi netralisasi antara amonia dan asam sulfat membentuk suspensi ammonium sulfat, kemudian kristal ammonium sulfat dan larutan induk dipisahkan dengan cara sentrifugasi sehingga membentuk kristal ZA, kemudian dikeringkan dengan *rotary dryer*. Evaluasi ini dilakukan dengan menghitung neraca massa pada *centrifuge* dan *rotary dryer* dengan mempertimbangkan aliran massa komponen masuk dan keluar sistem. Hasil perhitungan neraca massa inlet *centrifuge* adalah 30.444,60 kg/jam dan massa outlet sebesar 30.444,60 kg/jam. Sedangkan pada *rotary dryer* massa inlet sebesar 42.472,85 kg/jam dan massa outlet sebesar 42.472,85 kg/jam, produk yang dihasilkan sebesar 29.092,88 kg/jam sehingga efisiensi pengoperasian kedua alat tersebut masih baik.

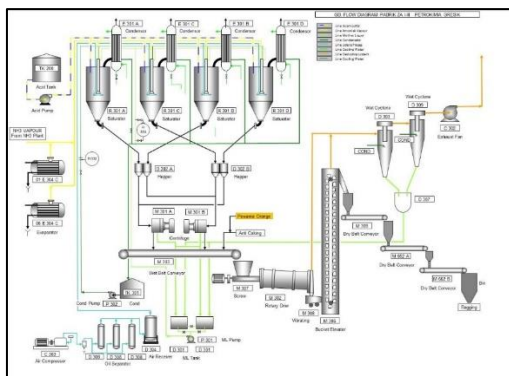
Kata kunci: Neraca Massa, *Centrifuge*, *Rotary Dryer*

ABSTRACT: One of the largest fertilizer companies in Indonesia is PT Petrokimia Gresik with 16 fertilizer factories. The ZA factory with a capacity of 750,000 tons/year produces nitrogen fertilizer with an N content of 21%. The process of forming ZA fertilizer includes several stages: neutralization reaction, crystallization, separation of ZA crystals and product drying, and to carry out several stages of this process several tools are used such as a Saturator, *Centrifuge* and *Rotary Dryer*. In the saturation apparatus, neutralization occurs between ammonia and sulfuric acid to form ammonium sulfate suspension, then the ammonium sulfate crystals and mother liquor are separated by centrifugation to form ZA crystals, then dried with a rotary dryer. This evaluation is carried out by calculating the mass balance on the centrifuge and rotary dryer by considering the mass flow of components entering and leaving the system. The results of the centrifuge inlet mass balance calculation were 30,444.60 kg/hour and the outlet mass was 30,444.60 kg/hour. Meanwhile, in the rotary dryer, the inlet mass is 42,472.85 kg/hour and the outlet mass is 42,472.85 kg/hour, the product produced is 29,092.88 kg/hour so that the operating efficiency of the two devices is still good.

Keywords: Mass Balance, *Centrifuge*, *Rotary Dryer*

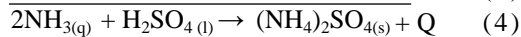
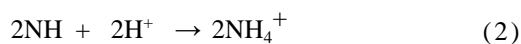
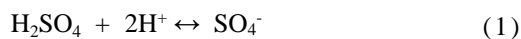
1. PENDAHULUAN

Zwavelzure Ammonia (ZA) atau ammonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) merupakan pupuk tanaman yang mengandung 24% nitrogen dan 21% sulfur. Bahan baku pembuatan pupuk ZA adalah larutan asam sulfat (H_2SO_4) dan gas ammonia murni (NH_3) dengan menggunakan proses DeNora (netralisasi) dengan prinsip sebagai berikut: "Uap NH_3 ditambahkan ke dalam saturator yang berisi larutan asam sulfat, larutan induk, dan air kondensat dengan menggunakan udara sebagai pengaduk". Proses produksi ZA I melibatkan beberapa tahap, antara lain reaksi netralisasi dan kristalisasi, pemisahan kristal ZA, dan pengeringan produk, seperti Gambar 1.



Gambar 1. Flow Diagram Proses

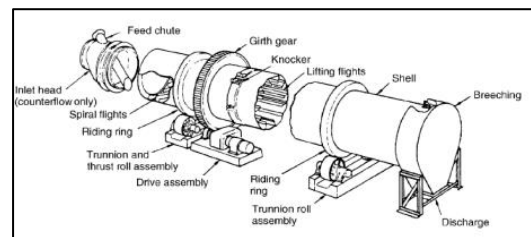
Netralisasi dan kristalisasi terjadi pada alat saturasi (R-301 ABCD). Alat saturasi ini dimaksudkan untuk tempat mereaksikan larutan asam sulfat (H_2SO_4) dan gas ammonia murni (NH_3). Hasil keluaran saturator berupa *slurry* yang mengandung 50% kristal ammonium sulfat. Kristal terbentuk melalui reaksi lewat jenuh yang terjadi pada zat jenuh, mekanisme reaksi sebagai berikut:



Pemisahan kristal dari *mother liquor* (larutan induk) menggunakan alat *centrifuge* (M-301 AB), prinsip pengoperasiannya menggunakan gaya sentrifugal dengan pengaruh gravitasi. Keluaran dari *centrifuge* ada dua yaitu larutan ammonium sulfat yang ditampung ke dalam tangki cairan induk (D-301 AB) pada suhu 70°C dengan pengadukan terus menerus sebelum disirkulasikan kembali ke alat saturasi (R-301 ABCD), dan kristal ammonium sulfat dengan kadar air maksimal sekitar 2% berat

kemudian dilanjutkan ke dalam alat *rotary dryer* (M-302) dan ditambahkan *anti-caking* ke permukaan kristal sebelum jatuh ke *screw conveyor* (M-307) yang terhubung ke saluran masuk *rotary dryer* (M-302).

Proses pengeringan bertujuan untuk menurunkan kadar air pada kristal ammonium sulfat maksimal 1% berat dengan menggunakan alat *rotary dryer*, yang terdiri dari silinder horizontal yang dipasang pada *roller*, sehingga silinder dapat berputar dan posisinya agak miring ke dalam silinder dengan *shovel* (sekat-sekat) untuk mengangkut butiran bahan yang dikeringkan. Jenis *rotary dryer* yang digunakan adalah *co-current* dimana udara dan umpan masuk dari arah yang sama. Media panas yang digunakan adalah udara bersuhu antara $115-165^\circ\text{C}$ yang telah dipanaskan dengan *heater* menggunakan uap bertekanan rendah dari unit utilitas I. Udara yang keluar *rotary dryer* (M-302) pada suhu $60-65^\circ\text{C}$ dilewatkan melalui *wet cyclone* (D-303/309) untuk menangkap debu ammonium sulfat dengan di *spray* air proses, dan dialirkan ke dalam tangki larutan induk sedangkan udara panas yang dihasilkan oleh *wet cyclone* (D-303/309) dibuang ke atmosfer.



Gambar 2. Pengering Putar (*rotary dryer*)

(Coulson and Richardson 1998)

Menurut Coulson dan Richardson (1998) Operasi pengeringan bertujuan untuk: mengurangi biaya transportasi; memfasilitasi pemrosesan material lebih lanjut; meningkatkan nilai guna suatu bahan sehingga dapat memberikan hasil yang baik dalam penggunaan tertentu (pengawetan bahan); dan mengurangi risiko korosi. Untuk mempelajari proses pengeringan padatan yang sebenarnya bergantung pada mekanisme aliran cairan internal atau kondisi eksternal, khususnya: Suhu, kelembaban, aliran udara, keadaan setiap partikel, keseragaman setiap partikel dan kontak antara permukaan padat yang basah.

Menurut Henderson dan Perry (1955) proses pengeringan mempunyai dua tahapan utama, yaitu tahap pengeringan dengan kecepatan pengeringan konstan dan tahap

pengeringan dengan kecepatan pengeringan bertahap. Pada saat kecepatan pengeringan konstan, bahan mengandung air dalam jumlah besar, dimana terjadi penguapan pada permukaan bahan, maka laju penguapan dapat sama dengan laju penguapan pada permukaan air bebas. Laju penguapan sangat bergantung pada kondisi sekitar material, sedangkan pengaruh material itu sendiri relatif kecil. Kecepatan pengeringan akan menurun seiring dengan berkurangnya kadar air selama proses pengeringan. Jumlah air yang terikat secara bertahap berkurang seiring waktu. Perubahan dari laju pengeringan konstan ke laju pengeringan menurun untuk bahan yang berbeda akan terjadi pada tingkat kelembapan yang berbeda.

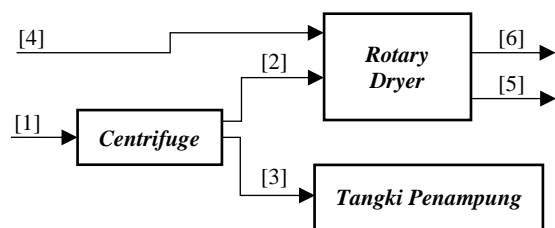
Selama periode penurunan kecepatan pengeringan, permukaan partikel bahan kering tidak lagi tertutup lapisan air. Selama periode penurunan laju pengeringan, energi panas yang diperoleh dari bahan digunakan untuk menguapkan sejumlah kecil air bebas yang tersisa. Penurunan laju pengeringan terjadi setelah laju pengeringan konstan ketika kadar air bahan berada di bawah kadar air kritis. Periode penurunan kecepatan pengeringan meliputi dua proses, yaitu: pergerakan dari dalam ke permukaan dan pergerakan uap air dari permukaan material ke udara sekitar. Kedua periode utama ini dibatasi oleh kadar air kritis. Kadar air kritis adalah kadar air terendah apabila kecepatan air dari dalam bahan ke permukaan sama dengan kecepatan serapan uap air maksimum dari bahan ke udara.

Evaluasi terhadap alat-alat di pabrik perlu dilakukan secara berkala. Hal ini disebabkan jika kekuatan alat menurun maka produk yang dihasilkan akan terpengaruh (Ulandari, 2017). Salah satu penilaian yang dilakukan di pabrik ZA adalah perhitungan neraca massa pada peralatan proses. Kesetimbangan massa digunakan untuk mengetahui komposisi serta aliran massa yang masuk dan keluar setiap komponen dalam sistem. Adanya perhitungan neraca massa akan memudahkan dalam menentukan jumlah umpan sehingga terjadi optimasi pada proses. Menurut Hougen dan Watson (1954), untuk mengetahui efisien atau tidaknya suatu proses, perlu diketahui neraca massanya. Neraca massa menjadi dasar utama penghitungan unit operasi dan proses unit. Salah satu hukum dasar kimia yaitu hukum kekekalan massa, menyatakan bahwa massa sebelum dan sesudah reaksi adalah sama atau sama besar, sehingga secara umum persamaan neraca massa adalah:

$$M_{input} = M_{output} \quad (5)$$

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan untuk mengumpulkan informasi yang diperlukan antara lain: (a) tinjauan pustaka untuk mencari teori-teori yang berkaitan dengan masalah yang ingin dipecahkan, (b) observasi lapangan dari *control room* ZA I departemen IA atau buku-buku yang berkaitan dengan data-data pada ZA I. Sekaligus untuk mengolah data, melakukan perhitungan konversi reaksi dengan menggunakan metode neraca massa selama proses produksi.



Gambar 3. Blok Diagram Sistem yang ditinjau

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan neraca massa berdasarkan satu jam operasi digunakan dalam analisis produksi ZA I. Selama produksi, *centrifuge* pabrik ZA I beroperasi untuk memisahkan kristal ZA dari larutan jenuh ZA (larutan induk). Prinsip kerja alat *centrifuge* adalah melawan gaya gravitasi bumi dengan gaya sentrifugal sehingga partikel-partikel yang terlarut dalam cairan terlempar keluar dari pusat rotasi, dengan massa terbesar yang terlempar terlebih dahulu. Kristal keluaran *centrifuge* memiliki kadar air maksimal 2%. Neraca massa pada *centrifuge* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Neraca Massa *Centrifuge*

Komponen	Input	Output	
	(Kg/jam)	(Kg/jam)	
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
NH ₃	0	0	0
H ₂ SO ₄	0,66	0	0,66
H ₂ O	341,95	0	341,95
Udara	0	0	0
ZA liquid	354,95	0	354,95
ZA kristal	29.747,04	29.747,04	0
Sub Total		29.747,04	697,56
Total	30.444,60	30.444,60	

Dari Tabel 1 diketahui bahwa kesetimbangan yang dihasilkan antara total aliran massa masuk dan total aliran massa keluar adalah 30.444,60 kg/jam. Pada aliran input terdapat satu arus yaitu arus 1 (keluaran *saturator*) sebanyak 30.444,60 sedangkan aliran *output* terdapat dua arus yaitu arus 2 (ZA kristal) sebanyak 29.747,04 kg/jam dan arus 3 (*mother liquor*) sebanyak 697,56 kg/jam, ZA kristal disimpan pada *rotary dryer* hingga kadar airnya maksimal 1%, sedangkan *mother liquor* di dikembalikan ke *saturator*.

Pengeringan sendiri adalah proses menghilangkan sejumlah kecil air dari bahan yang akan dikeringkan melalui penguapan termal. Mekanisme pengeringannya sendiri didasarkan pada prinsip perpindahan panas dan massa, dimana ketika bahan yang akan dikeringkan menerima panas dari udara sekitar maka suhu bahan akan meningkat sehingga tekanan uap yang bekerja pada bahan tersebut semakin tinggi, lebih tinggi dari tekanan uap pada udara sekitar, hal ini menyebabkan terjadinya perpindahan massa dari permukaan material ke udara sekitar dalam bentuk uap air sehingga menyebabkan kadar air pada material berkurang.

Alat pengering yang digunakan adalah *rotary dryer* kontak langsung, artinya bahan pengering bersentuhan langsung dengan lingkungan pengeringan, beroperasi terus menerus, artinya bahan dan udara pengering disirkulasikan, dan terjadi kontak yang berkesinambungan. Selain itu, pengering juga menggunakan udara pengering yang searah dengan alirannya (*co-current*). Prinsip pengoperasian *rotary dryer* adalah mensirkulasikan udara panas langsung dengan bahan kering melalui drum yang berputar.

Rotary dryer pada pabrik ZA I berfungsi untuk mengeringkan kristal ZA hingga kadar airnya maksimal 1% dengan suhu yang digunakan 115-165°C. Evaluasi terhadap alat *rotary dryer* dapat dilakukan dengan menghitung efisiensi termal berdasarkan perhitungan neraca massa dan penggunaan grafik psikometrik atau *humidity chart*. Neraca massa pada *rotary dryer* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Neraca Massa *Rotary Dryer*

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)	
	Arus 2	Arus 4	Arus 5	Arus 6
ZA	29.152,10	0	29.087,97	64,13
H ₂ O	660,57	235,99	1,45	895,11
Udara	0	12.420,73	0	12.420,73
Anti-keking	3,45	0	3,45	0
Sub Total	29.816,12	12.656,72	29.092,88	13.379,97
Total		42.472,85		42.472,85

Dari Tabel 2 diketahui bahwa kesetimbangan yang dihasilkan antara total aliran massa masuk dan total aliran massa keluar adalah 42.472,85 kg/jam. Pada aliran *input* terdapat dua arus yaitu arus 2 (keluaran *centrifuge*) sebanyak 29.816,12 kg/jam dan arus 4 (udara) sebanyak 12.656,72 kg/jam, sedangkan pada aliran *output* terdapat dua arus yaitu arus 5 (kristal ZA) sebanyak 29.092,88 kg/jam dan arus 6 (*wet cyclone*) sebanyak 13.379,97. Pada saat pengeringan dengan alat *rotary dryer*, faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengeringan adalah suhu udara, kelembaban relatif dan laju aliran cairan atau udara yang masuk ke dalam *rotary dryer*. Dari sini kita bisa mengetahui apa saja yang mempengaruhi proses pengeringan dan kinerja mesin. Proses pengeringan dapat

dipengaruhi oleh: (a) Suhu udara: Semakin tinggi temperatur saluran masuk udara panas pengering yang digunakan maka semakin cepat pula waktu yang dibutuhkan. Namun pengaruh suhu penggunaan juga mempengaruhi kualitas produk. Suhu yang digunakan untuk mengeringkan kristal ZA dalam pengering putar adalah 115-165°C yang memanaskan bagian dalam drum. (b) Kelembaban relatif udara, yang dapat mempengaruhi pergerakan uap air dari bahan ke permukaan. perangkat. bahan yang disebut bahan pengering mempunyai kadar air sebesar 0,026 kg air/1 kg udara kering, (c) semakin tinggi laju aliran cairan atau udara yang masuk ke dalam pengering maka semakin tinggi laju aliran cairan maka semakin cepat pula kecepatan pengeringannya. Hal ini disebabkan

oleh perpindahan massa uap air yang lebih cepat dari bahan ke permukaan dan pada akhirnya menyebabkan jumlah air yang ada dalam bahan, semakin tinggi kadar air semakin lama waktu pengeringan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis perhitungan neraca massa pada mesin *centrifuge* dan *rotary dryer* ZA I bagian produksi IA PT Petrokimia Gresik diperoleh kesimpulan bahwa laju aliran massa bagian yang masuk sama dengan laju aliran massa bagian yang keluar, massa yang keluar dari *centrifuge* sebesar 30.444,60 kg/jam, sedangkan massa total produk ZA I yang keluar dari *rotary dryer* sebesar 29.092,88 kg/jam dengan efisiensi daya sebesar 97,28%, efisiensi yang dicapai cukup tinggi. Dari sini dapat disimpulkan bahwa kinerja *centrifuge* dan *rotary*

dryer sudah cukup baik untuk mencapai kapasitas produksi yang memadai.

DAFTAR PUSTAKA

- Coulson, JM & Richadson, JF. 1980. Chemical Engineering, vol 2., Pergamon Press, London.
- Henderson, S. M., and Perry, R. L. 1995. Process Engineering. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Hougen, W. 1954. Chemical Process Principles. New York.
- Ulandari, O. I. 2017. Laporan Kerja Praktek Bagian Perencanaan
- Wahyuningsih, Anita. 2021. Evaluasi Kinerja *Rotary Dryer* 22-m-362 Unit Pupuk Phonska IV Departemen Produksi II B PT. Petrokimia Gresik. Tugas Khusus Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"Yogyakarta.