

# **ANALISA EFISIENSI KINERJA *TRIPPLE EFFECT EVAPORATOR* PADA PRODUKSI PUPUK AMMONIUM SULFAT II (ZA II) DI INDUSTRI PUPUK**

Febrianti U.D. Pratiwi, Arum Kartikasari, Achmad Chumaidi  
Jurusan Teknik Kimia

febriantiulfadwipratiwi@gmail.com, [achmad.chumaidi@yahoo.com]

## **ABSTRAK**

*Tripple effect evaporator* merupakan salah satu alat yang digunakan dalam proses produksi pupuk ZA II yang fungsinya untuk mendapatkan hasil produk akhir berupa kristal dengan cara menguapkan kandungan air dalam proses produksi pupuk ZA II dengan bahan baku *phospo gypsum*. Evaluasi proses pada *tripples effect evaporator* diperlukan untuk mengetahui kinerja evaporator karena pengotor yang terdapat pada evaporator akan mempengaruhi produksi pupuk ZA II. Evaluasi ini menghitung konsumsi *steam* pada proses produksi pupuk ZA II sesuai dengan perhitungan teoritis yang ada. Perhitungan konsumsi *steam* diperoleh dari kebutuhan *steam* aktual. Dari hasil tersebut dibandingkan kondisi aktual dengan desain awal. Konsumsi *steam* pada *tripples effect evaporator* sebesar 132,06% menunjukkan konsumsi *steam* melebihi kebutuhan *steam* desain awal. Penurunan efisiensi kinerja dari 100% menjadi 75,723% dikarenakan terbentuknya kerak pada evaporator.

**Kata kunci:** efisiensi kinerja, *tripples effect evaporator*, pupuk ZA II

## **ABSTRACT**

*Tripple effect evaporator* is one of tools used in the production process ZA II that the function is to get the final product in the form of crystals by evaporating the water content in the production process ZA II with raw materials *phospo gypsum*. Evaluation process at *tripples effect evaporator* is required to determine the performance of the evaporator because of impurities contained in the evaporator will effect the production of ZA II. This evaluation calculate steam consumption in the production process ZA II according to theoretical calculations. The calculation of steam consumption is obtained from the actual steam demand. From these results compared with the actual conditions of the initial design. The consumption of steam at the *tripples effect evaporator* is 132,06% shows that steam consumption exceeds the initial steam requirements. Decreasing in performance efficiency from 100% to 75.723% due to the formation of scale on the evaporator.

**Keywords:** performance efficiency, *tripples effect evaporator*, ZA II fertilizer

## **1. PENDAHULUAN**

Pupuk ammonium sulfat (ZA) merupakan pupuk yang diminati di Indonesia. Proses produksi ZA II dibagi dalam 6 unit yaitu unit karbonasi, unit reaksi, unit filtrasi, unit netralisasi, unit evaporasi kristalisasi, dan unit *drying-cooling*. Pada unit evaporasi kristalisasi memiliki peran penting dalam proses produksi ZA II karena produk akhir pupuk ZA II berbentuk kristal. Evaporator dibutuhkan karena menghasilkan kandungan air yang cukup tinggi dalam proses produksi pupuk ZA II dengan bahan baku *phospo gypsum*. Selain itu dalam proses produksi pupuk ZA II terdapat kandungan kalsium yang dapat menyebabkan kerak sehingga proses evaporasi terjadi kurang maksimal. Evaluasi kinerja evaporator sangat penting dilakukan untuk memantau apakah evaporator masih bekerja secara efisien atau

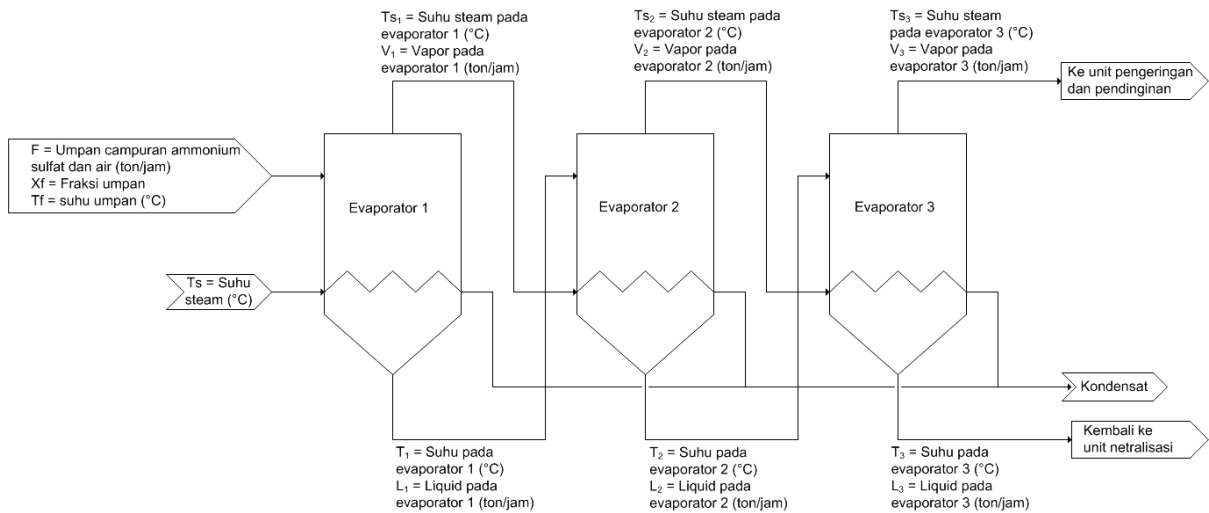
tidak. Efisiensi kinerja evaporator telah dilakukan oleh peneliti terdahulu dengan menghitung konsumsi *steam* yang digunakan, hasil observasi dan analisa alat evaporator pada tahun 2014-2017 didapatkan bahwa sistem evaporasi memiliki efisiensi sebesar 83,10%, 78,36%, 79,38% dan 61,38% [1]. Peneliti lain melakukan observasi dan analisa alat evaporator pada tahun 2014-2017 didapatkan nilai efisiensi yaitu 81,3%, 81,48%, 79,40% dan 57,09% [2]. Evaporasi adalah metode yang digunakan untuk meningkatkan konsentrasi dari suatu larutan dengan cara menguapkan air yang terkandung dalam larutan melalui pendidihan larutan tersebut di dalam suatu wadah dan mengambil uapnya [3]. Evaporator mempunyai dua prinsip dasar yaitu untuk menukar panas dan memisahkan uap yang terbentuk dari cairan. Hasil dari evaporator (produk yang diinginkan) biasanya dapat berupa padatan atau larutan berkonsentrasi. Sifat-sifat penting dari zat cair yang dievaporasikan yang mempengaruhi proses evaporasi yaitu konsentrasi larutan, kelarutan, kesensitifan bahan terhadap suhu, busa, tekanan dan suhu, pembentukan endapan dan bahan konstruksi. Metode proses yang digunakan adalah *forward feed tripple effect evaporator*. Prinsip kerja dari *forward feed tripple effect evaporator* adalah menggunakan panas yang dilepaskan dari proses kondensasi pada evaporator efek pertama untuk memberikan panas bagi efek selanjutnya. Unit ini berfungsi menguapkan H<sub>2</sub>O dari larutan ZA agar larutan menjadi pekat hingga terbentuk *slurry* ammonium sulfat (ZA). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah laju alir umpan masuk dan keluar beserta jumlah energi masuk dan keluar dalam proses evaporasi serta mempelajari tentang efisiensi kinerja evaporator pada produksi pupuk ZA II.

**Tabel 1.** Spesifikasi *tripple effect evaporator* di industri pupuk

Spesifikasi Evaporator	Efek 1	Efek 2	Efek 3
Tipe	<i>Vertical Cylindrical with conical bottom</i>	<i>Vertical Cylindrical</i>	<i>Crystal Vertical Cylindrical</i>
Tekanan operasi	707 torr	303 torr	107 torr
Suhu operasi	107°C	84°C	59°C
Pemanasan	Menggunakan LPS ( <i>Low Pressure Steam</i> ) 2 kg/cm <sup>2</sup>	Uap panas evaporator efek pertama	Uap panas evaporator efek kedua

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan yang digunakan dalam menganalisa kinerja *tripple effect evaporator* yaitu dengan melakukan perhitungan neraca massa, perhitungan neraca panas, dan perhitungan efisiensi kinerja evaporator. Berikut merupakan diagram alir dari *tripple effect evaporator* pada produksi pupuk ZA II.



Gambar 1. Diagram alir *triple effect evaporator*

### 2.1. Neraca massa

Perhitungan neraca massa dan neraca panas digunakan untuk mengetahui laju penguapan tiap efek. Perhitungan ini ditunjukkan pada persamaan 1 dan 2.

$$F = L_3 + (V_1 + V_2 + V_3) \tag{1}$$

$$F \cdot X_F = L_3 \cdot X_L + (V_1 + V_2 + V_3) \cdot X_V \tag{2}$$

### 2.2. Neraca panas

Perhitungan neraca panas digunakan untuk mengetahui jumlah *steam* yang dibutuhkan pada proses evaporasi. Perhitungan ini ditunjukkan pada persamaan 3 sampai 8.

1. Neraca panas evaporator efek 1

$$F \cdot Cp_F \cdot (T_F - T_1) + S \cdot \lambda_s = L_1 \cdot Cp_1 + (T_1 - T_{ref}) \cdot V_1 \cdot \lambda_1 \tag{3}$$

2. Neraca panas evaporator efek 2

$$L_1 \cdot Cp_1 \cdot (T_1 - T_2) + V_1 \cdot \lambda_1 = L_2 \cdot Cp_2 + (T_2 - T_{ref}) \cdot V_2 \cdot \lambda_2 \tag{4}$$

3. Neraca panas evaporator efek 2

$$L_2 \cdot Cp_2 \cdot (T_2 - T_3) + V_2 \cdot \lambda_2 = L_3 \cdot Cp_3 + (T_3 - T_{ref}) \cdot V_3 \cdot \lambda_3 \tag{5}$$

4. Untuk mengetahui laju penguapan tiap efek

$$V_1 = F - L_1 \tag{6}$$

$$V_2 = L_1 - L_2 \tag{7}$$

$$V_3 = L_2 - L_3 \tag{8}$$

Keterangan:

- F : laju alir umpan masuk evaporator (kg/jam)
- $X_F, X_L, X_V$  : fraksi umpan, fraksi *liquid*, dan fraksi *vapor*
- $L_{1,2,3}$  : laju alir liquid pada evaporator (kg/jam)
- $V_{1,2,3}$  : laju penguapan pada evaporator (kg/jam)
- $Cp_{F,1,2,3}$  : kapasitas panas bahan pada evaporator (kJ/kg.°C)
- $T_{F,1,2,3}$  : suhu aktual (°C)
- $T_{ref}$  : suhu referensi (°C)
- $\lambda_s$  : panas laten (kJ/kg)

### 2.3. Perhitungan efisiensi kinerja evaporator

Perhitungan efisiensi kinerja digunakan untuk mengetahui efisiensi penggunaan *steam* dalam produksi pupuk ZA II pada evaporator. Perhitungan ini ditunjukkan pada persamaan 9 dan 10.

$$\text{Konsumsi steam} = \frac{\text{kebutuhan steam desain aktual}}{\text{kebutuhan steam desain awal}} \times 100\% \quad (9)$$

$$\text{Efisiensi kinerja evaporator} = \frac{100}{\text{konsumsi steam}} \quad (10)$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Perhitungan neraca massa dan neraca panas

Evaporator pada produksi pupuk ZA II berupa *triple effect evaporator* menunjukkan bahwa laju alir umpan masuk dan keluar dalam keadaan *balance* (setimbang).

**Tabel 2.** Perhitungan neraca massa *triple effect evaporator*

	Inlet (ton/jam)	Outlet (ton/jam)
Evaporator 1	74,9434	74,9434
Evaporator 2	74,9434	74,9434
Evaporator 3	74,9434	74,9434

**Tabel 3.** Hasil laju alir *liquid, vapor* dan *steam*

$L_1 = 137,58$ ton/jam	$V_1 = 36,87$ ton/jam
$L_2 = 112,48$ ton/jam	$V_2 = 25,10$ ton/jam
$L_3 = 92,34$ ton/jam	$V_3 = 20,14$ ton/jam
$S = 58,85$ ton/jam	

**Tabel 4.** Perhitungan neraca panas pada evaporator

	Inlet (kJ/jam)	Outlet (kJ/jam)
Evaporator 1	136056,9	136056,9
Evaporator 2	126056,3	126056,3
Evaporator 3	88913,6	88913,6

Dari data diatas dapat dilihat bahwa laju penguapan ( $V$ ) pada evaporator 1, 2, dan 3 mengalami penurunan, hal ini sudah sesuai dengan prinsip kerja *triple effect evaporator*. Prinsip kerja *triple effect evaporator* yaitu uap air yang keluar dari evaporator 1 ( $V_1$ ) digunakan sebagai medium pemanas pada evaporator 2 yang akan menguapkan air dalam evaporator 2. Demikian juga uap yang keluar dari evaporator 2 ( $V_2$ ) akan digunakan sebagai medium pemanas pada evaporator 3 dan begitu seterusnya [4].

### 3.2. Perhitungan efisiensi kinerja evaporator

Perhitungan efisiensi kinerja pada evaporator menggunakan data kebutuhan *steam* aktual dan kebutuhan *steam* desain awal. Kebutuhan *steam* aktual yang diperoleh dari data lapangan lebih besar dari kebutuhan *steam* desain awal. Hal ini menyebabkan penggunaan energi sebesar 132,06%. Presentase penggunaan energi yang melebihi dari 100% menunjukkan bahwa konsumsi *steam* yang digunakan melebihi dari kebutuhan *steam* desain awal. Efisiensi kinerja evaporator menurun dari 100% menjadi sebesar 75,723%. Salah satu penyebab menurunnya kinerja evaporator adanya *pressure drop*. *Pressure drop* terjadi karena adanya gaya gesek dalam pipa yang dapat meningkatkan tahanan pada transfer massa dari boiler menuju evaporator, sehingga properti *steam* yang dihasilkan pada boiler tidak sama dengan *steam* yang digunakan di evaporator [2]. Selain *pressure drop*, penurunan efisiensi kinerja evaporator disebabkan karena adanya kerak. Kerak terbentuk dari padatan yang tersuspensi atau kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) pada proses pembuatan pupuk ZA II. Penggunaan asam kuat berupa  $\text{H}_2\text{SO}_4$  menyebabkan korosi. Korosi dan kerak dapat menghambat proses perpindahan panas pada evaporator sehingga dibutuhkan *steam* lebih banyak agar evaporasi berjalan normal [1]. Selain itu perlu dilakukannya pembersihan evaporator secara berkala agar tidak terdapat kerak dan korosi.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil pada analisa kinerja evaporator pada produksi pupuk ZA II adalah neraca massa *inlet* dan *outlet* dalam proses evaporasi pada produksi pupuk ZA II dalam keadaan *balance* (setimbang) sebesar 74,9434 ton/jam. Efisiensi kinerja evaporator sebesar 75,723%.

Terdapat beberapa saran untuk evaluasi kinerja evaporator yaitu perlu adanya perawatan pada tiap unit evaporator secara berkala serta harus dilakukan tepat waktu agar proses produksi yang dihasilkan maksimal, mengingat alat yang digunakan cukup tua. Selain itu perlu adanya evaluasi kerja pada berbagai peralatan di unit ZA II secara berkala guna meningkatkan proses agar lebih optimal.

## REFERENSI

- [1] Setyawan, A., 2017, *Evaluasi Hasil Analisis Efisiensi Kinerja Sistem Evaporator IPLR Tahun 2014-2017*, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XV, 258.
- [2] Hapsari, F., dan Sujati, N.M., 2019, *Efisiensi Kinerja Evaporator pada Pengolahan Limbah Radioaktif Cair Pusat Teknologi Limbah Radioaktif Batan*, Syntax Literate Jurnal Ilmiah Indonesia, Vol. 4, No. 4, April, 56.
- [3] Geankoplis, C.J., 2003, *Transport Process and Unit Operation*, Third Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- [4] Widyatmoko, E.D.S., 2003, *Pemekatan Larutan Gula dalam Suatu Sistem Evaporator Efek Tiga*, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.