

## **EVALUASI KINERJA *ROTARY DRYER* PADA INDUSTRI PUPUK NPK DENGAN KAPASITAS 800 TON/HARI**

Imam Aldi Septiaji dan Heny Dewajani

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia  
[aldisepti6@gmail.com](mailto:aldisepti6@gmail.com), [[henyhp@yahoo.com](mailto:henyhp@yahoo.com)]

### **ABSTRAK**

Pengeringan merupakan salah satu proses penting dalam industri pembuatan pupuk, tidak terkecuali pupuk NPK, pupuk NPK dengan kadar air tinggi menyebabkan nilai jual pupuk rendah dan berdampak bagi tanaman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja *rotary dryer* pada industri pupuk NPK dengan kapasitas 800 ton/hari. *Rotary dryer* dilengkapi dengan *lifter* dan *burner*, *lifter* merupakan komponen pencurah yang terdapat didalam *rotary dryer* yang berfungsi mendistribusikan bahan secara merata sedangkan *burner* merupakan sumber panas yang dihasilkan untuk di kontakkan dengan bahan yang tercurah dari *lifter*. Agar efisiensi dapat dicapai dengan baik metode perbandingan data aktual hendaknya mendekati data desain, dengan menghitung neraca panas kita dapat mengevaluasi kinerja *rotary dryer* dalam kapasitas 800 ton/hari secara optimal, data aktual menunjukkan adanya perbedaan signifikan karena adanya beberapa faktor yaitu panas yang hilang saat proses dan kondisi *lifter* yang berkarat, sehingga optimalisasi proses perlu dilakukan seperti perawatan yang berkala terutama pada sistem pemanas serta kondisi *lifter* yang baik agar pengeringan memenuhi target yang diharapkan yaitu kadar air kurang dari 2% .

**Kata kunci:** *Lifter, Pengeringan, Pupuk NPK, Rotary Dryer*

### **ABSTRACT**

*Drying is one of the important processes in the fertilizer manufacturing industry, NPK fertilizer is no exception, NPK fertilizer with high water content causes the selling value of fertilizer is low and has an impact on plants. The purpose of this study is to evaluate the performance of rotary dryers in the NPK fertilizer industry with a capacity of 800 tons /day. The rotary dryer is equipped with a lifter and burner, the lifter is a gushing component contained in the rotary dryer that functions to distribute the material evenly while the burner is a source of heat generated to be in contact with the material gushing from the lifter. So that efficiency can be achieved with the actual data comparison method should approach the design data, by calculating the heat balance we can evaluate the performance of the rotary dryer in a capacity of 800 tons / day optimally, the actual data shows a significant difference due to several factors namely heat loss during the process and the rusty lifter conditions, so that the optimization of the process needs to be done such as periodic maintenance, especially in the heating system as well as good lifter conditions so that the drying meets the expected target of water content of less than 2%.*

**Keywords:** *Lifter, Drying, NPK Fertilizer, Rotary Dryer*

### **1. PENDAHULUAN**

Kebutuhan pupuk dalam negeri semakin meningkat setiap tahunnya, terutama untuk kebutuhan pupuk NPK, berdasarkan data Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia, pupuk NPK mengalami kenaikan 7 % di setiap tahunnya terhitung mulai 2018 hingga 2020. Dalam

kegunaannya di bidang pertanian pupuk NPK tergolong pupuk majemuk yang terdiri dari unsur hara Nitrogen, Fosfor, dan Kalium, pupuk ini dibutuhkan untuk pertumbuhan vegetatif pada tanaman, pertumbuhan akar dan tunas, bahkan pembungaan dan pembuahan [1]. Pertumbuhan konsumsi pupuk NPK di bidang pertanian mendorong industri untuk menekan jumlah produksi hingga mencapai batas yang ditentukan, sehingga mampu mencukupi kebutuhan akan konsumsi pupuk NPK di bidang pertanian. Penyesuaian jumlah produksi harus diimbangi dengan penyesuaian kapasitas alat-alat proses yang menunjang keberhasilan dalam pemenuhan target kapasitas.

Salah satu tahapan penting pada proses pembuatan pupuk NPK di skala industri adalah proses pengeringan, proses ini berkaitan dengan perpindahan energi yaitu energi panas yang berbeda fasa [2]. Proses pengeringan dioperasikan menggunakan alat *rotary dryer* yang berbentuk seperti drum yang berputar secara kontinu dan dipanaskan dengan tungku atau *gasifier* [3]. Proses pengeringan ini bertujuan untuk mengurangi kadar air yang tinggi akibat penambahan air dan steam pada proses granulasi. Proses pengeringan dijalankan secara kontinu dengan kapasitas produksi 800 ton/hari. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi kinerja *rotary dryer* yang penting dilakukan untuk mengetahui pengaruh efisiensi pengeringan terhadap jumlah produksi yang dihasilkan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Pengambilan data dilakukan dengan metode perbandingan, antara data aktual dengan data desain pada *rotary dryer*. Data desain merupakan data yang telah ditentukan sesuai spesifikasi yang berlaku, sedangkan data aktual merupakan data yang diambil dari lapangan ketika alat beroperasi dalam kurun beberapa waktu. Tiap – tiap data di hitung neraca panasnya sehingga data bisa dievaluasi terhadap kapasitas produksi yang diinginkan. Perbandingan neraca panas keluar dengan neraca panas masuk merupakan efisiensi dari alat sehingga alat mampu dikatekorikan optimal apabila memenuhi efisiensi yang diinginkan.

Untuk menentukan neraca panas dari *rotary dryer* digunakan persamaan dari geankoplis, sebagai berikut:

### 1. Menghitung *rate* entalpi masuk

*Rate* entalpi masuk pada *rotary dryer* ( $H_{in}$ ) terdiri dari

#### a. *Rate* entalpi yang dibawa oleh udara panas dari *burner* ( $H''_{ul}$ )

$$H''_{ul} = m_{ul} \times H'_{ul} \quad (1)$$

Dimana

$$H''_{ul} = \text{rate entalpi udara panas (kJ/jam)}$$

$$M_{ul} = \text{laju udara masuk (kg/jam)}$$

$$H'_{ul} = \text{entalpi udara masuk (kJ/kg)}$$

Untuk mencari entalpi udara masuk ( $H'_{ul}$ ) dapat digunakan rumus

$$H'_{ul} = (1,005 + 1,88H) (T - T_o) + 2501,4H \quad (2)$$

Dimana

$$H = \text{kelembaban udara}$$

$$T = \text{Suhu udara panas}$$

$$T_o = \text{Suhu dasar}$$

Dengan rumus kelembaban udara yaitu:

$$H = 0,622 \left( \frac{P_v}{P - P_v} \right) \quad (3)$$

Dimana

$$P_v = RH \times P_g \quad (4)$$

$P_g$  pada  $32^\circ\text{C} = 0,04759$  bar ( $32^\circ\text{C}$  dianggap sebagai suhu ruangan)

$RH$  pada suhu  $32^\circ\text{C} = 0,655$

Langkah selanjutnya adalah mengkonversi laju udara masuk menjadi kg/jam karena pada data aktual dan desain untuk satuan dari laju udara masuk masih berupa  $\text{m}^3/\text{jam}$

$M_{ul}$  = laju udara masuk x densitas udara

Dengan menganggap udara sebagai gas ideal maka densitas udara pada  $T = 32^\circ\text{C}$  dengan  $RH = 0,655$  maka

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (5)$$

Dimana

$V_1$  = volume gas ideal pada  $T = 25^\circ\text{C}$  ( 22,4 L/mol )

$T_1$  = suhu gas ideal pada  $T = 25^\circ\text{C}$  ( 298 K )

$V_2$  = volume gas pada  $T = 32^\circ\text{C}$

$T_2$  = suhu gas pada  $T = 32^\circ\text{C}$

Dari persamaan diatas akan didapat  $V_2$  sebagai volume gas pada  $T = 32^\circ\text{C}$

Data tersebut dikalkulasikan dalam rumus berikut untuk mendapat densitas udara

$$\rho = \frac{BM}{v} \quad (6)$$

Dimana

$\rho$  = densitas udara (  $\text{kg} / \text{m}^3$  )

$BM$  = 28,951 g/mol

Maka

$$M_{ul} = \rho \text{ udara ( kg/m}^3 \text{ )} \times \text{laju udara masuk ( m}^3/\text{jam )} \quad (7)$$

Untuk langkah terakhir adalah mencari  $H''_{ul}$  dengan persamaan no 1

b. *Rate* entalpi yang dibawa oleh NPK masuk

$$H''_{a1} = m_{a1} \times H'_{a1} \quad (8)$$

Dimana

$m_{a1}$  = laju NPK masuk (kg/jam)

$H'_{a1}$  = entalpi NPK masuk ( kJ/kg )

Untuk mencari laju NPK masuk ( $m_{a1}$ ) maka digunakan persamaan

$$m_{a1} = \frac{100}{\text{kadar NPK}} \times \text{massa NPK kering} \quad (9)$$

Untuk menghitung entalpi NPK masuk, maka digunakan persamaan

$$H'_{a1} = C_{pNPK} (T_{si} - T_0) + X. C_{p_{air}} (T_{si}-T_0) \quad (10)$$

Dimana :

$C_{pNPK}$  = kapasitas panas NPK (kJ/kg °C)

$T_{si}$  = suhu NPK masuk (°C)

$T_0$  = suhu dasar (0°C)

$C_{p_{air}}$  = kapasitas panas air (kJ/kg °C)

$X$  = kadar air masuk

Untuk langkah terakhir adalah menentukan  $H''_{a1}$  dengan menggunakan persamaan 8

2. Menghitung *rate* entalpi keluar

*Rate* entalpi keluar terdiri dari

a. *Rate* entalpi NPK keluar

$$H''_{a2} = m_{a2} \times H'_{a2} \quad (11)$$

Dimana

$m_{a2}$  = laju NPK keluar ( kg/jam )

$H'_{a2}$  = entalpi NPK keluar ( kJ/kg )

Megnhitung laju NPK keluar

$$m_{a2} = \text{total } \frac{\text{NPK}}{\text{jam}} - \text{massa air di NPK kering} \quad (12)$$

menghitung entalpi NPK keluar

$$H'_{a2} = C_{pNPK} (T_{so} - T_0) + X_i. C_{p_{air}} (T_{so} - T_0) \quad (13)$$

Dimana :

$C_{pNPK}$  = kapasitas panas NPK (kJ/kg°C)

$T_{so}$  = suhu NPK keluar (°C)

$T_0$  = suhu dasar (0 °C)

$C_{p_{air}}$  = kapasitas panas air (kJ/kg°C)

$X$  = kadar air keluar

Sehingga untuk mencari  $H''_{a2}$  digunakan persamaan no (11)

b. *Rate* entalpi keluar yang dibawa oleh udara keluar *rotary dryer*

$$H''_{u2} = m_{u2} \times H'_{u2} \quad (14)$$

Dimana :

$m_{u2}$  = laju alir udara keluar (kg/jam)

$H'_{u2}$  = entalpi udara masuk (kJ/kg)

Menghitung laju udara keluar *rotary dryer* ( $m_{u2}$ )

$$m_{u2} = \text{massa udara in} + \text{massa air udara out} + \text{massa debu NPK} \quad (15)$$

$$\text{Massa air udara out} = \text{total air NPK} + \text{air udara in} \quad (16)$$

$$\text{Massa debu NPK} = \text{NPK in} - \text{NPK out} \quad (17)$$

Menghitung entalpi udara keluar

$$H'_{u2} = (1,005 + 1,88H) (T - T_0) + 2501,4H \quad (18)$$

Dimana :

H = kelembaban udara

T = suhu udara panas ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_0$  = suhu dasar ( $0^{\circ}\text{C}$ )

Sehingga untuk menghitung  $H''_{u2}$  digunakan persamaan no (14)

Untuk menentukan efisiensi maka persamaan yang digunakan persamaan :

$$\text{Efisiensi desain pada } \textit{rotary dryer} = \frac{H''_{u2} + H''_{a2}}{H''_{u1} + H''_{a1}} \times 100 \% \quad (19)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data aktual dan design dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Kedua tabel menggambarkan bahwa data aktual memiliki kecenderungan yang cukup jauh dalam hal efisiensi alat *rotary dryer*. Tabel 3 menunjukkan spesifikasi dari *rotary dryer* yang mempengaruhi faktor lain dalam hal efisiensi yang berhubungan dengan kinerja *rotary dryer*.

**Tabel 1.** Data aktual dari *rotary dryer*

Data ke	T NPK masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )	T NPK keluar ( $^{\circ}\text{C}$ )	Selisih Suhu NPK ( $^{\circ}\text{C}$ )	T udara panas masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )	T udara panas keluar ( $^{\circ}\text{C}$ )	Selisih Suhu Udara ( $^{\circ}\text{C}$ )	Kadar air masuk	Kadar air keluar	Selisih Kadar	Efisiensi
1	56	63	7	156,13	72,09	84,04	0,0145	0,0139	0,0006	77%
2	50	62	12	165,2	72,17	93,03	0,025	0,011	0,014	82 %
3	50	61	11	166,2	70,12	96,08	0,0203	0,012	0,0083	80 %
4	55	66	11	164,04	67,05	96,99	0,023	0,0103	0,0127	81%

( Rate udara panas = 63234 ton/jam )

**Tabel 2.** Data *design* dari *rotary dryer*

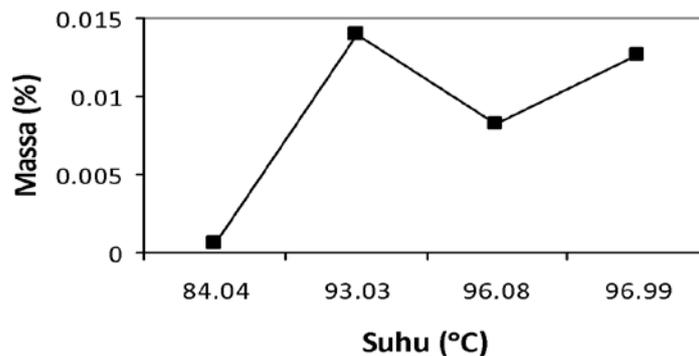
	T NPK masuk (°C)	T NPK keluar (°C)	Selisih (°C)	T udara panas masuk (°C)	T udara panas keluar (°C)	Selisih (°C)	Kadar air masuk	Kadar air keluar	Selisih	Efisiensi
1	50	72	22	160	60	100	0,03	0,015	0,015	90%

( Rate udara panas = 63234 ton/jam )

**Tabel 3.** Spesifikasi *rotary dryer*

Parameter	Hasil
Panjang	25 meter
Diameter	4 meter
Tebal <i>shell</i>	0,2 milimeter
Waktu tinggal <i>Hold up</i>	17 menit
Jumlah <i>lifter</i>	5% dari volume
Jumlah <i>lifter</i>	200 buah
Tipe pemanasan & arah aliran panas	<i>Direct heat &amp; co current</i>

*Rotary dryer* bergerak secara berputar dan dilengkapi *flight lifter* sebagai media untuk mengangkat granul kasar dari material di dalam *rotary dryer*, selama berputar *flight lifter* mendistribusi material padat agar luas permukaan kontak lebih merata dan cepat. Dari ke 4 sampel aktual menunjukkan adanya nilai efisiensi yang bervariasi, efisiensi tertinggi terletak di data ke-2 dimana dengan kapasitas 800 ton/hari efisiensi alat mampu bekerja cukup optimal dengan efisiensi 82%. Ada beberapa faktor yang berkaitan dengan hal ini, terlihat seperti data di tabel suhu NPK masuk dan keluar lalu suhu masuk dan keluar dari *burner* dan yang terakhir kadar air yang mampu teruapkan menjadi tolak ukur semua.



**Gambar 1.** Hasil perbandingan antara suhu yang diberikan dengan kadar air yang hilang selama proses

Gambar 1 menjelaskan bahwa panas yang dihasilkan oleh *burner* memiliki suhu optimal di titik kedua, dengan temperatur yang dihasilkan sebesar 93°C dan kadar air yang hilang selama proses sebanyak 1,4%. Tabel 2 menjelaskan data desain yang berfungsi sebagai acuan data pembandingan, agar data aktual mampu beroperasi secara optimal. Sehingga perlu

dilakukan evaluasi untuk meningkatkan kapasitas panas dengan kinerja yang baik serta pengaturan proses pengeringan terkait pengendalian suhu yang digunakan, kelembaban udara dan waktu pengeringan yang diberikan oleh *rotary dryer* [4]. Sehingga mampu mengurangi kadar air hingga 1,5% agar efisiensi tercapai di angka 90%.

Selisih efisiensi antara data aktual dan desain yang cukup tinggi merupakan evaluasi dari kinerja *rotary dryer* yang harus dilakukan. Banyak faktor yang perlu dipertimbangkan, seperti kondisi *lifter* yang harus dijaga tingkat korosifitasnya, karena dalam pengeringan mekanisme dari *lifter* sendiri meliputi *lifting* (mengangkat), *cascade action* (mencurah), *sliding* (meluncur) dan *bouncing* (melambung) sangat mempengaruhi efisiensi [5]. Pembersihan kerak dalam alat harus selalu dilakukan, agar tidak menghambat panas yang terdistribusi dalam *rotary dryer* yang menyebabkan *heatloss* berlebih. Selain itu faktor waktu tinggal dari bahan di dalam *rotary dryer* juga mempengaruhi efisiensi dari pemanasan, semakin lama waktu tinggal maka semakin lama waktu pengeringan berlangsung dalam satu kali lewat dan semakin banyak terjadi proses pindah panas dan pindah massa [6]. Dalam hal ini waktu optimal untuk tinggal bahan dalam alat adalah 15 menit.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari evaluasi kinerja *rotary dryer*, didapatkan selisih efisiensi rata-rata data aktual sebesar 80% sedangkan untuk data desain memiliki efisiensi 90%. Perbedaan data yang signifikan disebabkan oleh beberapa hal antara lain :

1. Panas yang hilang cukup tinggi, disebabkan terhalang material yang menumpuk akibat tidak meratanya distribusi dari granul-granul NPK
2. Kuantitas *lifter* yang tidak sesuai spesifikasi akibat korosi menyebabkan banyak *lifter* terlepas sehingga distribusi tidak merata.

Untuk menambah nilai efisiensi maka diperlukan kondisi perawatan yang rutin dari alat, seperti pengecekan sambungan pada *lifter*, untuk memastikan bahwa panas yang dihasilkan konstan pada suhu yang optimal sehingga kadar air yang mampu dikeringkan juga optimal atau kurang dari 2 %

#### REFERENSI

- [1] Rauf, A. W., Syamsuddin, T., dan Sihombing, S. R., 2000, *Peranan Pupuk NPK pada Tanaman Padi*, Loka Pengkajian Teknologi Pertanian No. 01/LPTP/IRJA/99-00, 1-9.
- [2] Chalim, A., Ariani, Mufid, Hardjono. 2016, *Koefisien Perpindahan Kalor Total (U) Sistik Air-Etilen Glikol Menggunakan Alat Penukar Kalor Shell and Tube 1-1*, Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, Vol. 1, No. 1, 1-2.
- [3] Djarwo, P., 1998, *Design of Rotary*, Teknik Pengolahan Hasil Pertanian, Jakarta : UI Press.
- [4] Majumdar, S.R., Devastin, S., 2001, *Prinsip Dasar Pengeringan*, Penerjemah: Srmasyah et al, Editor: IPB Press.
- [5] Cammarata, L., Yliniemi, L., 1999, *Development of a Self Tuning Fuzzy Logic Controller for a Rotary Dryer*, Control Engineering Laboratory, University of Oulu, Oulu, No. 10, 18-19.
- [6] Kelly, J. J., 1995, *Rotary Drying*, Handbook of Industrial Drying, Ed ke-2., New York, Vol.1, No.1, 161-183.