



BAB IX TUGAS KHUSUS

IX.1 Uraian Tugas Khusus

Dalam Pelaksanaan Praktek Kerja Lapang di PT. Petrokimia Gresik, penulis menargetkan untuk dapat mengevaluasi efisiensi thermal dari alat Rotary Dryer (03.M-362) yang didasarkan pada neraca massa dan neraca panasnya.

IX.2 Latar Belakang Tugas Khusus

Pupuk merupakan bahan yang memiliki kandungan satu atau lebih unsur hara yang bisa meningkatkan produktivitas pertanian. Penggunaan pupuk sangat penting untuk menunjang produktivitas pertanian. Hal tersebut dikarenakan jumlah penduduk di dunia yang terus mengalami perubahan sangat signifikan. Pada tahun 1900, Penduduk di dunia mencapai 1.6 miliar jiwa dan pada akhir 1999 penduduk di dunia meningkat mencapai 6 miliar jiwa (Shacham & Brauner, 2015). Sehingga, penggunaan pupuk sangatlah penting dalam mencapai hasil tanam yang maksimal dan memenuhi kebutuhan pokok masyarakat di dunia.

Keberhasilan dalam memproduksi pupuk juga berpengaruh pada kualitas produk, seperti humidity dan hardness suatu butiran pupuk. Hal tersebut dapat ditingkatkan melalui komposisi yang seimbang dan proses granulasi yang tepat. Selain itu kadar air suatu pupuk dapat mempengaruhi lama waktu penyimpanan produk pupuk. Sehingga setelah proses granulasi tentu juga dibutuhkan pengeringan yang optimal agar pupuk dapat lebih bertahan lama dan tidak mudah hancur ketika sampai ketangan konsumen.

Proses pengeringan dilakukan setelah melalui proses granulasi. Proses pengeringan ini berfungsi agar granul tidak saling melekat dengan kadar air yang diinginkan maksimal 1,5%. Granul yang masuk ke Dryer dengan udara dari Furnace yang masuk aliran nya searah (*co-current*). Aliran pada dryer menggunakan *co-current* agar granul tidak mudah pecah selama proses berlangsung. Berbeda bila aliran *counter-current*, produk yang akan masuk akan berkontak dengan udara keluar dengan suhu lebih rendah dari saat masuk (karena



udara telah digunakan untuk mengeringkan granul sebelum-sebelumnya) yang menyebabkan granul mudah pecah. Sehingga dibuat *co-current* agar pemanasan dan penurunan kadar air lebih optimal.

Keberhasilan proses pengeringan granul sangat dipengaruhi oleh kemampuan kerja rotary dryer itu sendiri. Kemampuan kerja rotary dryer tidak dapat diamati secara langsung tetapi dapat diketahui dengan melakukan perhitungan *thermal efficiency rotary dryer*. Perhitungan *thermal efficiency rotary dryer* ini didasarkan pada perhitungan neraca massa dan neraca panas.

IX.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam tugas khusus ini adalah:

1. Mengetahui nilai efisiensi thermal pada Rotary Dryer yang didasarkan pada neraca massa dan neraca panas Rotary Dryer
2. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan dan kinerja Rotary Dryer

IX.4 Tujuan

Tujuan dari tugas khusus ini adalah untuk mengetahui nilai efisiensi thermal pada Rotary Dryer unit Phonska III, mengetahui apakah Rotary Dryer pada unit Phonska III bekerja dengan baik, serta mengetahui factor-faktor yang mempengaruhi pengeringan dan kinerja Rotary Dryer

IX.5 Manfaat

Perhitungan efisiensi Rotary Dryer ini dapat digunakan sebagai evaluasi kinerja Rotary Dryer pada unit Phonska III, factor-faktor yang mempengaruhi kinerja Rotary Dryer dan perbaikan kinerja (performance) pada Rotary Dryer unit Phonska III

IX.6 Tinjauan Teori

IX.6.1 Pengeringan

Pengeringan (drying) artinya mengurangi sejumlah air atau cairan dari bahan padat, sehingga sisa air atau cairan dalam bahan padat tersebut mempunyai kandungan yang rendah dan dapat diterima. Proses pengeringan ini dilakukan



dengan menghembuskan udara panas pada bahan yang akan dikeringkan. Proses pengeringan dilakukan setelah melalui proses granulasi. Proses pengeringan ini berfungsi agar granul tidak saling melekat dengan kadar air yang diinginkan maksimal 1,5%. Granul yang masuk ke Dryer dengan udara dari Furnace yang masuk aliran nya searah (*co-current*). Aliran pada dryer menggunakan *co-current* agar granul tidak mudah pecah selama proses berlangsung. Berbeda bila aliran *countercurrent*, produk yang akan masuk akan berkontak dengan udara keluar dengan suhu lebih rendah dari saat masuk (karena udara telah digunakan untuk mengeringkan granul sebelum-sebelumnya) yang menyebabkan granul mudah pecah. Sehingga dibuat *co-current* agar pemanasan dan penurunan kadar air lebih optimal.

Proses perpindahan panas terjadi karena suhu bahan lebih rendah dari pada suhu udara yang dialirkan di sekelilingnya. Panas yang diberikan akan menaikkan suhu bahan, yang menyebabkan tekanan uap air di dalam bahan lebih tinggi dari pada tekanan uap air di udara, sehingga terjadi perpindahan uap air dari bahan ke udara yang merupakan perpindahan massa. Sebelum proses pengeringan berlangsung, tekanan uap air di dalam bahan berada dalam keseimbangan dengan tekanan uap air di udara sekitarnya. Pada saat pengeringan dimulai, panas yang dialirkan ke bahan akan menaikkan tekanan uap air, terutama pada daerah permukaan hal ini sejalan dengan kenaikan suhunya. Pada proses inilah terjadi, perpindahan massa dari bahan ke udara dalam bentuk uap air.

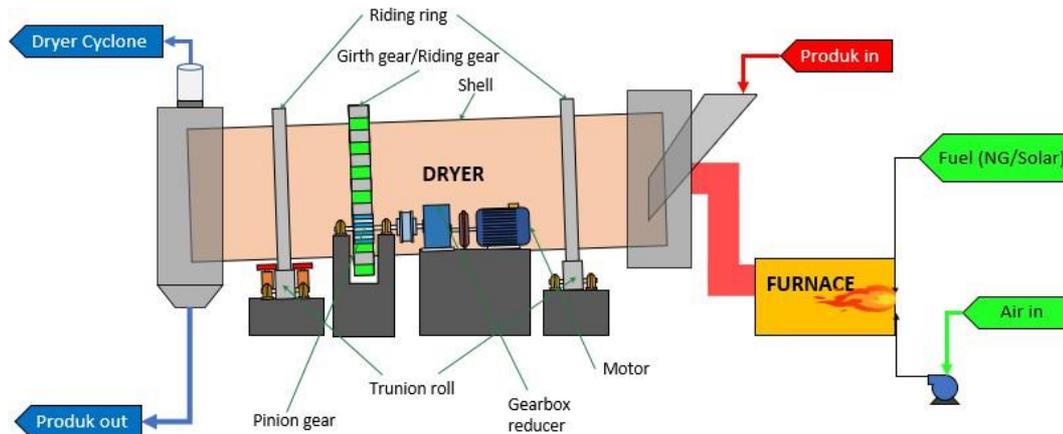
Peristiwa yang terjadi selama pengeringan meliputi dua proses yaitu:

1. Proses perpindahan panas, yaitu proses menguapkan air dari dalam bahan atau proses perubahan bentuk cair ke bentuk gas.
2. Proses perpindahan massa, yaitu proses perpindahan massa uap air dari permukaan bahan ke udara. Proses pengeringan pada bahan dimana udara panas dialirkan dapat dianggap suatu proses adiabatik. Hal ini berarti bahwa panas yang dibutuhkan untuk penguapan air dari bahan hanya diberikan oleh udara pengering tanpa tambahan energi dari luar. Ketika udara pengering menembus bahan basah

sebagian panas sensibel udara pengering diubah menjadi panas laten sambil menghasilkan uap air.

IX.6.2 Rotary Dryer

Rotary dryer atau pengering putar adalah alat pengering yang berputar secara *kontinyu*. *Rotary dryer* terdiri dari sebuah selongsong berbentuk silinder (yang dipasang pada suatu batangan *roll*) yang dapat berputar secara horizontal atau sedikit miring ke bawah membentuk sudut (30°) dengan bidang dasar di atas suatu *support*. Panjang silinder sekitar 30,8 meter dan diameternya berukuran 3,8 meter. Pada bagian dalam silinder terdapat sekat- sekat yang arahnya membujur sejajar sumbu silinder. Sekat ini disebut *flight* yang berfungsi untuk mengangkat bahan yang akan dikeringkan pada silinder berputar. Bahan basah dimasukkan pada bagian ujung yang lebih tinggi dan akan keluar sebagai produk yang kering pada ujung bagian yang lebih rendah. Gerakan maju dari bahan yang dikeringkan ini disebabkan oleh adanya gaya gravitasi, putaran silinder, kemiringan silinder dan adanya *flight*, Perputaran terjadi karena alat ini dilengkapi dengan *gear* yang dipasang pada *shell* dan dihubungkan dengan suatu *drive* ke motor penggerak. Untuk mengeringkan zat padat berbutir atau berbentuk kristal. Alat pengering ini berupa silinder yang dipasang agak miring terhadap sumbu horizontal dan ditempatkan di atas tower sehingga silinder dapat berputar. Bahan yang akan dikeringkan dimasukkan secara perlahan dan akan bergerak menuju ke ujung silinder yang lebih rendah dan akhirnya dikeluarkan dari alat pengering. Adapun gambaran alat *Rotary dryer* dan bagiannya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar IX. 1 Rotary Dryer

Rotary dryer berdasarkan perpindahan panasnya menggunakan pengeringan *direct* (pengeringan langsung atau *adiabatik*). Pengeringan dengan bahan yang akan dikeringkan dikontakkan secara langsung dengan media pengering. Media pengering yang digunakan dapat berupa udara hasil pembakaran ataupun hasil pemanasan udara dengan alat pemanas (McCabe, 1993).

Kondisi Operasi *Rotary dryer* 03-M-362 Pabrik Pupuk PHONSKA III

1. Kadar air produk granulator antara 2-3% akan dikeringkan di *dryer* untuk mencapai spesifikasi produk.
2. Produk dari granulator masuk ke *rotary dryer* melalui *chute* dengan sudut elevasi 70°. Kemiringan *rotary dryer* 3-5°.
3. Putaran *rotary dryer* 11 rpm.
4. Udara panas disuplai dari *combustion chamber* (*furnace*).
5. Temperatur udara masuk tergantung dari jumlah air yang harus diuapkan dan dikendalikan berdasarkan temperatur udara keluar *dryer*.

Gas dari *rotary dryer* mengalir melaluri *dryer cyclone*, dihisap oleh *dryer exhaust fan*, gas langsung ke *scrubbing system* sebelum dibuang ke atmosfer.

IX.6.3 Neraca Massa dan Neraca Panas Rotary Dryer

Perpindahan yang terjadi selama proses pengeringan adalah proses perpindahan panas yang mengakibatkan menguapnya air dari dalam bahan yang akan dikeringkan menuju ke udara. Misalnya, digunakan cabai sebagai bahan pangan yang akan dikeringkan. Besarnya cabai kering dengan kadar tertentu dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$m_k = \frac{(100 - m_1)}{100} \times m_b$$

Dimana : m_k = Massa kering (kg)

m_b = Massa basah (kg)

m_1 = Kadar air awal (%)

sedangkan untuk mencari pengurangan kadar air dari suatu bahan dapat dilakukan dengan menggunakan 2 cara, yaitu menggunakan basis basah atau basis kering. Pengurangan air dengan menggunakan basis basah dapat dituliskan dengan persamaan:

$$m_{wb} = \frac{(w_0 - w_d)}{w_d} \times 100\%$$

Dimana : m_{wb} = Kadar air basis

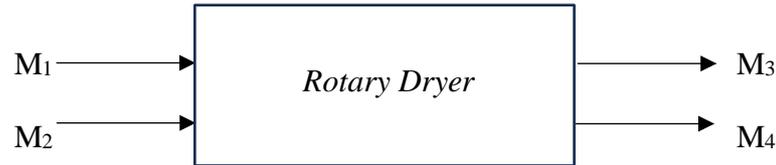
basah (%) W_0 =

Massa awal bahan

(kg) W_d = Massa

akhir bahan (kg)

System aliran massa pada *Rotary Dryer* dapat dilihat pada skema dibawah ini:



Gambar IX. 2 Aliran Massa Rotary Dryer

Untuk system pada gambar diatas, bentuk persamaannya sebagai berikut:

Massa masuk = Massa keluar

$$M_1 + M_2 = M_3 + M_4$$

Dimana : M_1 = Laju alir bahan basah masuk

(kg/jam) M_2 = Laju alir udara
panas masuk (kg/jam)

M_3 = Laju alir udara panas dan uap air

keluar (kg/jam) M_4 = Laju alir bahan
kering keluar (kg/jam)

Berdasarkan hukum kekekalan massa, dapat disusun persamaan umum neraca massa sebagai berikut:

$$[Rinput] - [Routput] + [Rgeneration] - [Rconsumption] = [Raccumulation]$$

Dimana : $[Rinput]$ = massa/ laju masuk ke

dalam system $[Routput]$ = massa/ laju
keluar dari system

$[Rgeneration]$ = massa/ laju senyawa baru yang terbentuk dari
reaksi kimia yang terjadi dalam system

$[Rconsumption]$ = massa/ laju yang berubah menjadi senyawa lain
karena reaksi kimia

$[Raccumulation]$ = massa/ laju yang berubah selama periode waktu
tertentu Untuk proses kimia *steady state*, akumulasi sama dengan nol

sehingga persamaan

neraca massa menjadi :

$$[R_{input}] - [R_{output}] + [R_{generation}] - [R_{consumption}] = 0$$

Pada *Rotary Dryer* pada unit produksi PHONSKA III menggunakan Proses Kontinyu dimana proses yang berlangsung secara terus-menerus, hasil proses tidak tergantung dari lamanya proses. Pada proses *kontinyu*, suhu, komposisi dalam bermacam-macam bahan masuk (*input*) maupun *output* konstan tiap satuan waktu. Karena akumulasinya selalu konstan, maka dalam perhitungan dianggap sama dengan nol sehingga persamaan berlaku:

$$[R_{input}] - [R_{output}] + [R_{generation}] - [R_{consumption}] = 0$$

Karena tidak adanya reaksi maka komponen tidak reaktif atau pada neraca total, maka generasi dan konsumsi = 0, sehingga didapatkan:

$$[R_{input}] = [R_{output}]$$

IX.6.4 Efisiensi Rotary Dryer

Efisiensi *thermal* adalah ukuran tanpa dimensi yang menunjukkan performa peralatan termal seperti mesin pembakaran dan sebagainya. Panas yang masuk adalah energi yang didapatkan dari sumber energi. Output yang diinginkan dapat berupa panas atau kerja, atau mungkin keduanya. Ketika ditulis dalam persentase, efisiensi termal harus berada di antara 0% dan 100%. Karena efisiensi seperti gesekan, hilangnya panas, dan faktor lainnya, efisiensi termal mesin tidak pernah mencapai 100%. Untuk menghitung efisiensi *rotary dryer* sendiri menggunakan rumus perhitungan efisiensi *rotary dryer* didapatkan dari hasil total panas masuk *rotary dryer* yang sudah dikurangi dengan panas yang hilang selama proses pengeringan, dibagi dengan besaran total panas keluar. Sedangkan perhitungan *Heat loss rotary dryer* didapatkan dari hasil panas yang hilang dibagi panas yang masuk pada *rotary dryer*.

$$\text{Efisiensi Panas} = \frac{Q_{in} - Q_{loss}}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$\text{Heat Loss} = \frac{Q_{loss}}{Q_{in}} \times 100\%$$

Dimana Q_{loss} yaitu panas yang hilang Sebagian karena panas yang dibawa oleh udara panas tidak terserap sempurna oleh *feed*.

IX.7 Metodologi

IX.7.1 Metodologi

Pengambilan data untuk tugas ini dibagi menjadi 2 jenis, yakni data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan langsung dari lapangan (pabrik) unit produksi NPK PHONSKA III, sedangkan data sekunder merupakan data yang diperoleh dengan mengkaji *literature* yang berhubungan. Ini dilakukan pada literatur-literatur yang berkaitan dengan persoalan yang ada sebagai pedoman dan acuan yang dapat dipertanggungjawabkan.

IX.7.2 Center Control Room (CCR)

Pengambilan data dilakukan dengan wawancara dengan operator yang berada di *Central Control Room* (CCR) unit PHONSKA III pada tanggal 18-20 Desember 2023. Pengambilan data dibutuhkan untuk mendapatkan data-data yang berkaitan langsung dengan kondisi yang terjadi di pabrik. Didapatkan data rata-rata sebagai berikut :

Tabel IX. 1 Data CCR Unit 300 Phonska III

Debit Udara <i>Inlet Rotary Dryer</i>	130000 m ³ /jam
Total Produk NPK per Jam	55968,75 kg/jam
Temperatur Udara Panas <i>Inlet</i>	105°C
Temperatur Udara Panas <i>Outlet</i>	75°C

IX.7.3 Uji Lapangan dan Laboratorium

Uji lapangan dilakukan untuk mengetahui suhu produk saat sebelum dan sesudah diproses oleh *Rotary Dryer*. Uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui kandungan H₂O yang terkandung dalam produk saat sebelum dan sesudah diproses oleh *Rotary Dryer*. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 18-20 Desember 2023.

Tabel IX. 2 Data Lapangan dan Laboratorium Dept Produksi IIA

Kadar H ₂ O NPK PHONSKA <i>inlet Rotary Dryer</i>	3,80%
Kadar H ₂ O NPK PHONSKA <i>outlet Rotary Dryer</i>	2,10%
Temperatur NPK PHONSKA <i>inlet Rotary Dryer</i>	72,8°C
Temperatur NPK PHONSKA <i>outlet Rotary Dryer</i>	76°C

IX.7.4 Kajian Studi Literatur

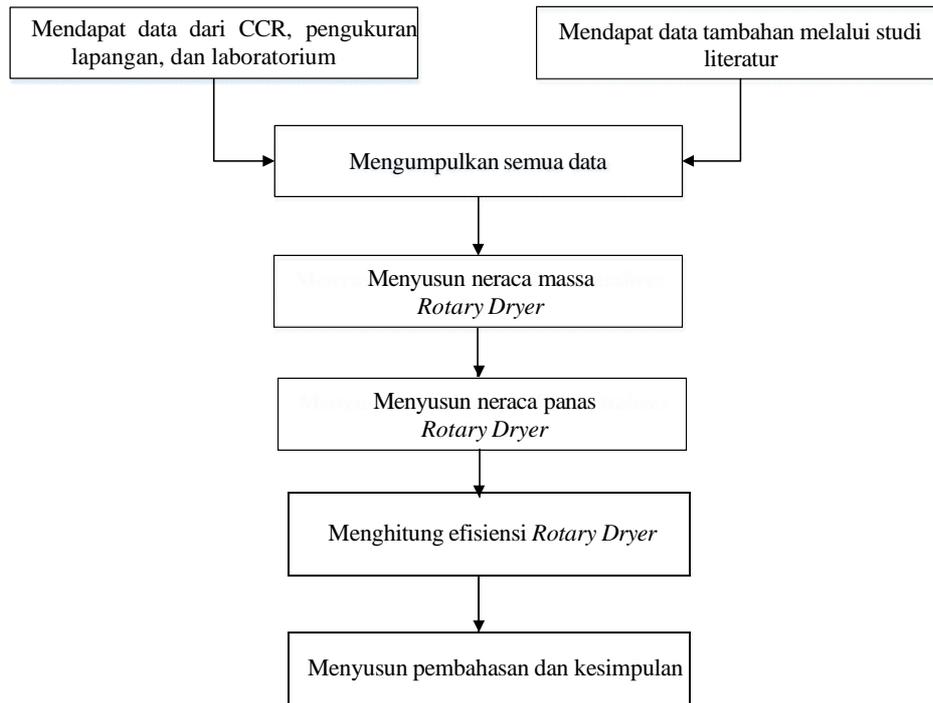
Tahapan menyelesaikan permasalahan yang terjadi pada proses, dikumpulkan data yang diperlukan dengan mengumpulkan informasi bagian pengendalian dan studi literatur, studi dilakukan dengan mencari sumber literatur untuk melengkapi data yang diberikan dari lapangan. Data kapasitas panas produk NPK PHONSKA didapat dari *Phonska III Operating Manual Book*. Data humidity didapat dari buku *Transport Processes and Unit Operation, Third Edition* dan berat molekul udara didapat dari buku *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics Eight Edition*. Dari studi didapat data sebagai berikut:

Tabel IX. 3 Data Studi Literatur

Kapasitas Panas Produk (NPK PHONSKA)	1,2552 kJ/kg°C
Humidity Udara Inlet	0,8 kg H ₂ O/kg udara kering
Berat Molekul Udara Kering	28,851 g/mol

IX.7.5 Metode Pengolahan Data

Dalam menyelesaikan permasalahan yang ada, maka langkah penyelesaian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:



IX.8 Hasil dan Pembahasan

IX.8.1 Perhitungan Neraca Massa Rotary Dryer

Asumsi : Tidak ada debu yang terhisap

1. Perhitungan Laju Alir Outlet Dryer

$$\begin{aligned} \text{Massa H}_2\text{O dalam Produk} &= \text{Kadar H}_2\text{O produk} \times \text{Total Produk} \\ &= 2,10\% \times 55968,75 \text{ kg/jam} \\ &= 1175,3437 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Produk Kering} &= \text{Total Produk} - \text{Massa H}_2\text{O Produk} \\ &= 55968,75 \text{ kg/jam} - 1175,3437 \text{ kg/jam} \\ &= 54793,40625 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Laju Alir Inlet Dryer

$$\begin{aligned} \text{Laju Alir Phonska Inlet} &= \text{Laju Alir Phonska Outlet Dryer} \\ \text{Dryer} & \\ &= 54793,40625 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju Alir H}_2\text{O Dalam} &= \frac{\text{Kadar H}_2\text{O}}{\text{Kadar Produk}} \\ \text{Phonska In} & \times \text{Laju Alir Phonska Inlet} \\ &= \frac{3,80 \%}{96,20 \%} \times 54793,40625 \text{ kg/jam} \\ &= 2164,3965 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

3. Komposisi H₂O yang terbawa udara outlet

$$\begin{aligned} \text{Laju Alir Air yang} &= \text{Laju Alir H}_2\text{O umpan} - \text{Laju Alir H}_2\text{O} \\ \text{teruap} & \text{ produk} \\ &= 2164,3965 \text{ kg/jam} - 1175,3437 \text{ kg/jam} \\ &= 989,0527 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

4. Perhitungan Massa Jenis Udara

$$\begin{aligned} T &= 34^\circ\text{C} \\ &= 307,15 \text{ K} \\ \%Humidity &= 80\% \end{aligned}$$

Berdasarkan data suhu dan %humidity dapat diperoleh nilai *absolute humidity* dari *Psychrometric Table* dari buku *Basic Principle and Calculation In Chemical Engineering 7th Edition* (Himmelblau, 2002) sebesar 0,0274 kg H₂O/kg dry air. Nilai massa jenis udara kering diasumsikan sebagai gas ideal pada suhu ruang menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}\frac{V_1}{T_1} &= \frac{V_1}{T_1} \\ \frac{24,4 \text{ L/mol}}{298,15 \text{ K}} &= \frac{V_1}{307,15 \text{ K}} \\ V_1 &= 25,1365 \text{ L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho \text{ udara kering} &= \frac{BM \text{ udara kering}}{V \text{ udara inlet}} \\ &= \frac{28,851 \text{ g/mol}}{25,1365 \text{ L/mol}} \\ &= 1,1477 \text{ g/L} \\ &= 1,1477 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V \text{ udara kering} &= \frac{\text{massa udara kering}}{\rho \text{ udara masuk}} \\ &= \frac{1 \text{ kg}}{1,1477 \text{ kg/m}^3} \\ &= 0,8712 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho \text{ udara kering} &= \frac{M_{uk} + M_{ai}}{V_{uk} + V_{ai}} \\ &= \frac{1 + 0,0274}{0,8712 + 0,0274} \\ &= 1,143265687 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

5. Perhitungan Laju Alir Udara Inlet dan Outlet Dryer

$$\begin{aligned}\text{Laju alir Udara Inlet} &= \text{Debit udara Inlet} \times \rho \text{ udara inlet} \\ &= 130000 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,143266 \text{ kg/m}^3 \\ &= 148624,5394 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Laju Alir Udara} &= \frac{\text{Laju Alir udara inlet}}{\text{absolute humidity} + 1} \\ \text{kering Inlet (tanpa H}_2\text{O)} & \\ &= \frac{148624,5394 \text{ kg/jam}}{0,0274 + 1} \\ &= 144660,8326 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju alir Udara} &= \text{Laju Alir Udara Inlet} \\ \text{Outlet} & \\ &= 144660,8326 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

6. Laju alir H₂O yang terkandung pada udara inlet dan outlet

$$\begin{aligned} \text{Laju alir uap H}_2\text{O} &= \text{Laju alir udara Inlet} - \text{Laju alir Udara Kering} \\ \text{pada udara inlet} & \quad \text{Inlet} \\ &= 148624,5394 \text{ kg/jam} - 144660,8326 \text{ kg/jam} \\ &= 3963,7068 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju alir H}_2\text{O udara} &= \text{Laju alir H}_2\text{O teruap} + \text{Laju alir uap H}_2\text{O inlet} \\ \text{Outlet} & \\ &= 989,0527 \text{ kg/jam} + 3963,7068 \text{ kg/jam} \\ &= 4952,7595 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

IX.8.2 Perhitungan Neraca Panas

1. Perhitungan CP udara

Perhitungan CP udara dilakukan dengan interpolasi dari data tabel Appendix A-5 buku *Heat Transfer 10th Edition* (Hollman, 2010).

Tabel IX. 4 Nilai Cp Udara

SUHU	CP
300 K	1,0057 kJ/kg C
350 K	1,009 kJ/kg C
400 K	1,014 kJ/kg C

- a. Pada Suhu outlet Dryer 75°C (348,15 K)

$$\frac{350 - 348,15}{350 - 300} = \frac{1,009 - x}{1,009 - 1,0057}$$
$$x = 1,0088 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

- b. Pada suhu 105°C (378,15 K)

$$\frac{400 - 370,84285}{400 - 350} = \frac{1,014 - x}{1,014 - 1,009}$$
$$x = 1,0108 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

2. Perhitungan CP air

Perhitungan CP air dilakukan dengan interpolasi dari data tabel Appendix A-9 buku *Heat Transfer 10th Edition* (Hollman, 2010).

Tabel IX. 5 Nilai Cp Air

SUHU	CP
71,11 °C	4,186 kJ/Kg C
76,67 °C	4,191 kJ/Kg C
82,22 °C	4,195 kJ/Kg C
93,33 °C	4,204 kJ/Kg C
104,4 °C	4,216 kJ/Kg C

- a. Pada Suhu Phonska Inlet Dryer 72,8°C

$$\frac{76,67 - 72,8}{76,67 - 71,11} = \frac{4,191 - x}{4,191 - 4,186}$$
$$x = C_p = 4,1875 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

- b. Pada Suhu Phonska Outlet dryer 76°C

$$\frac{76,67 - 76}{76,67 - 71,11} = \frac{4,191 - x}{4,191 - 4,186}$$
$$x = C_p = 4,1903 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

- c. Pada Suhu Udara Panas Inlet dryer 105°C

$$\frac{115,6 - 105}{115,6 - 104,4} = \frac{4,229 - x}{4,229 - 4,216}$$
$$x = C_p = 4,2166 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

- d. Pada Suhu Udara Panas Outlet dryer 75°C

$$\frac{76,67 - 75}{76,67 - 71,11} = \frac{4,191 - x}{4,191 - 4,186}$$
$$x = C_p = 4,1894 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

3. Perhitungan Panas Phonska basah Inlet Dryer (Q1)

$$\begin{aligned} \text{Panas H}_2\text{O pada Phonska Inlet} &= \text{Laju Alir air} \times C_p \text{ air} \times \Delta T \\ &= 2164,3965 \text{ kg/jam} \times 4,1875 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (72,8 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 433233,0622 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Panas Phonska Inlet} &= \text{Laju Alir Phonska Inlet} \times \text{CP Phonska} \times \text{dT} \\ &= 54793,4062 \text{ kg/jam} \times 1,2552 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (72,8 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 3287525,472 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q1 &= \text{Panas H}_2\text{O Inlet} + \text{Panas Phonska Inlet} \\ &= 433233,0622 \text{ kJ/jam} + 3287525,472 \text{ kJ/jam} \\ &= 3720758,535 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

4. Perhitungan Panas Udara kering Inlet Dryer (Q2)

$$\begin{aligned} \text{Panas H}_2\text{O pada udara Inlet} &= \text{Laju Alir air} \times \text{CP air} \times \text{dT} \\ &= 3963,706812 \text{ kg/jam} \times 4,1894 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (105 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 1337099,869 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panas Udara Kering Inlet} &= \text{Laju Alir Udara Kering} \times \text{CP Udara Kering} \times \text{dT} \\ &= 144660,8326 \text{ kg/jam} \times 1,0118 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (105 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 11709600,02 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q2 &= \text{Panas H}_2\text{O pada udara Inlet} + \text{Panas Udara Kering Inlet} \\ &= 1337099,869 \text{ kJ/jam} + 11709600,02 \text{ kJ/jam} \\ &= 13036699,89 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

5. Perhitungan Panas Phonska Kering Outlet Dryer (Q3)



$$\begin{aligned} \text{Panas H}_2\text{O pada} &= \text{Laju Alir air outlet} \times \text{CP air} \times \text{dT} \\ \text{Phonska Outlet} &= 1175,34375 \text{ g/jam} \times 4,19039 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (76 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 251183,032 \text{ kJ/jam} \\ \\ \text{Panas Phonska} &= \text{Laju Alir Phonska Outlet} \times \text{CP Phonska} \times \text{dT} \\ \text{Outlet} &= 54793,4062 \text{ kg/jam} \times 1,2552 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (76 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 3507610,86 \text{ kJ/jam} \\ \\ \text{Q3} &= \text{Panas H}_2\text{O pada Phonska Outlet} + \text{Panas Phonska Outlet} \\ &= 251183,032 \text{ kJ/jam} + 3507610,86 \text{ kJ/jam} \\ &= 3758793,892 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

6. Perhitungan Panas Udara Kering Outlet Dryer (Q4)

$$\begin{aligned} \text{Panas H}_2\text{O pada} &= \text{Laju Alir air outlet} \times \text{CP air} \times \text{dT} \\ \text{Udara Outlet} &= 4952,7595 \text{ kg/jam} \times 4,2166 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (75 - 25)^\circ\text{C} \\ &= 1044214,179 \text{ kJ/jam} \\ \\ \text{Panas Udara} &= \text{Laju Alir Udara Kering Outlet} \times \text{CP Udara} \times \text{dT} \\ \text{Kering Outlet} &= 144660,8326 \text{ kg/jam} \times 1,0118 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (75 - 25)^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$= 7318500,015 \text{ kJ/jam}$$

$$\begin{aligned} Q_4 &= \text{Panas H}_2\text{O pada Udara Outlet} + \text{Panas Udara Outlet} \\ &= 1044214,179 \text{ kJ/jam} + 7318500,015 \text{ kJ/jam} \\ &= 8362714,194 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

7. Perhitungan Panas Air Yang Teruapkan (Q5)

Untuk mencari nilai panas laten (λ) maka dilakukan perhitungan interpolasi berdasarkan dengan suhu yang diketahui. Literatur yang digunakan *Introduce to Chemical Engineering Thermodynamic 7th ed App F table F.1*

Suhu penguapan air dalam produk = 72,8°C

Tabel IX. 6 Nilai Panas Laten

Suhu	Panas Laten
72	2329
73	2326,5

$$\frac{73 - 72,8}{73 - 72} = \frac{2326,5 - x}{2326,5 - 2329}$$

$$\lambda = x = 2327 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{Panas Penguapan} &= \text{Massa Air Yang teruap} \times \lambda \\ &= 989,0527 \text{ kg/jam} \times 2327 \text{ kJ/kg} \\ &= 2301525,76 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

8. Perhitungan Panas Yang Hilang Selama Penguapan (Q_{loss})

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= (Q_1 + Q_2) - (Q_3 + Q_4 + Q_5) \\ &= (3720758,535 + 13036699,89) \text{ kJ/jam} - (3758793,892 + \\ &= 8362714,194 + 2301525,76) \text{ kJ/jam} \\ &= \mathbf{2365668,748 \text{ kJ/jam}} \end{aligned}$$

IX.8.3 Perhitungan Effisiensi Dryer

$$\begin{aligned}\text{Effisiensi Panas} &= \frac{Q_{\text{in}} - Q_{\text{loss}}}{Q_{\text{in}}} \times 100\% \\ &= \frac{16767458,43 \text{ kJ/jam} - 2365668,748 \text{ kJ/jam}}{16767458,43 \text{ kJ/jam}} \times 100\% \\ &= \mathbf{85,89\%}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Heat Loss} &= \frac{Q_{\text{loss}}}{Q_{\text{in}}} \times 100\% \\ &= \frac{2365668,748 \text{ kJ/jam}}{16767458,43 \text{ kJ/jam}} \times 100\% \\ &= \mathbf{14,11\%}\end{aligned}$$

IX.8.4 Hasil Perhitungan

Berdasarkan Analisa Rotary Dryer unit Phonska III 03-M-363, didapatkan data neraca massa dan neraca panasnya dengan besaran laju alir tiap komponen masuk (inlet) dan komponen keluar (outlet) yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel IX. 7 Neraca Massa Rotary Dryer

Inlet		Outlet	
Komponen	rate (kg/jam)	Komponen	rate (kg/jam)
Feed Phonska	54793,40625	Produk Phonska	54793,40625
Kandungan air Feed	2164,396505	Kandungan air Produk	1175,34375
Udara	144660,8326	Udara	144660,8326
Kandungan air Udara	3963,706812	Kandungan air Udara	4952,759567
Total	205582,3421	Total	205582,3421

Tabel IX. 8 Neraca Panas Rotary Dryer

Inlet		Outlet	
Komponen	rate (kJ/jam)	Komponen	rate (kJ/jam)
Panas Feed	3720758,535	Panas Produk	3758793,892
Panas Udara kering	13046699,89	Panas Udara	8341470,027
		Panas Penguapan	2301525,76
		Panas yang hilang	2365668,748
Total	16767458,43	Total	16767458,43

IX.8.5 Pembahasan

Dryer merupakan salah satu alat utama pada pabrik Phonska III yang berfungsi untuk mengurangi kadar air pada produk Phonska hingga spesifikasinya sesuai dengan kebutuhan pasar. Jenis dryer yang digunakan pada unit Phonska III merupakan Rotary Drum Dryer. Rotary Drum Dryer berfungsi untuk mengurangi kandungan air pada produk Phonska awal yang keluar dari granulator sebesar 2-3% menjadi max 1,5%. Rotary Drum Dryer memiliki cara kerja dengan mengontakkan produk yang akan dikeringkan secara langsung dengan udara kering (direct drying) dengan arah co-current. Penggunaan arah co-current bertujuan untuk menjaga bentuk padatan granul yang baru keluar dari granulator agar tidak mudah pecah atau retak.

Penggunaan rotary dryer harus dievaluasi secara berkala untuk mengetahui apakah rotary dryer masih mampu mengeringkan produk granul Phonska keluaran granulator secara optimal. Evaluasi ini dilakukan dengan cara menghitung nilai efisiensi panas yang didasarkan pada perhitungan neraca massa dan neraca panas. Berdasarkan (*Proceedings, NPK Fertilizer Production Alternatives, 1998*) standar minimum efisiensi thermal pada rotary dryer adalah 65%. Nilai efisiensi thermal dryer dipengaruhi oleh perubahan jumlah panas yang masuk dan keluar rotary dryer. Semakin banyak panas yang dibawa keluar produk di rotary dryer, maka



effisiensi panas akan semakin tinggi dan nilai panas yang hilang (Q_{loss}) akan semakin kecil.

Berdasarkan tabel IX.7 didapatkan bahwa neraca massa yang didapatkan telah seimbang (balance) laju alir antara feed inlet dryer dan produk outlet dryer yaitu sebesar 205582,3421 kg/jam. Selain itu, didapatkan pada tabel IX.8 bahwa nilai neraca panas rotary dryer juga sudah seimbang (balance), dimana panas yang masuk sebesar 16767458,43 kJ/jam, panas yang keluar sebesar 14401789,68 kJ/jam dan panas yang hilang (Q_{loss}) sebesar 2365668,748 kJ/jam. Berdasarkan akumulasi panas yang terjadi dapat diketahui nilai efisiensi dryer yaitu sebesar 85,89% dan heat loss dryer sebesar 14,11% dimana nilai ini masih berada diatas standar minium thermal efisiensi dryer menurut (*Proceedings, NPK Fertilizer Production Alternatives, 1998*) yakni sebesar 65%. Hal ini menunjukkan bahwa rotary dryer di unit Phonska III PT. Petrokimia Gresik masih memiliki kemampuan yang baik dalam mengeringkan produk Phonska. Adapun nilai efisiensi thermal dryer tidak bisa mencapai 100% dikarenakan adanya panas yang hilang ke lingkungan yang disebabkan karena adanya kemungkinan kebocoran atau masuknya udara luar kedalam dryer dan adanya panas yang diserap oleh dinding dryer, dimana terjadi perpindahan panas dari dalam dryer hingga dinding dryer dan perpindahan panas dari dinding dryer ke lingkungan. Nilai efisiensi panas dapat ditingkatkan dengan cara meningkatkan putaran rotary dryer. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya putaran rotary dryer menyebabkan efisiensi terhadap dinding rotary dryer semakin besar dan kehilangan panas akibat kontak udara panas dengan dinding rotary dryer semakin kecil, sehingga efisiensi panas akan semakin tinggi. Proses pengeringan pada dryer dipengaruhi oleh suhu udara panas yang digunakan, semakin tinggi suhu udara panas yang digunakan, maka semakin cepat proses pengeringan (drying) berlangsung. Namun, suhu yang terlalu tinggi akan mempengaruhi kualitas produk Phonska. Besaran suhu udara panas yang digunakan dalam rotary dryer 03-M-362 adalah kurang lebih sekitar 100°C.

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

X.1 Kesimpulan

Setelah mengamati, mempelajari, mengevaluasi, dan menganalisa proses pengeringan pada unit produksi PHONSKA III pada alat *rotary dryer* 03-M-362, maka dapat diambil kesimpulan:

1. *Heat loss rotary dryer* 03-M-362 unit produksi PHONSKA III sebesar 14,11%, Sedangkan Efisiensi thermalnya sebesar 85,89%. Hal ini membuktikan bahwa *rotary dryer* tersebut masih layak dan baik untuk digunakan.

2. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan dan kinerja *rotary dryer*:

- a. Suhu udara panas *inlet dryer*.

Semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin cepat pula waktu pengeringan yang diperlukan. Selain itu, pengaruh suhu yang digunakan juga memengaruhi kualitas produk.

- b. Kelembaban relatif udara panas.

Semakin tinggi kelembaban pada udara pengering maka waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengeringan semakin lama.

- c. Laju alir udara panas.

Semakin besar laju alir fluida maka semakin cepat pula waktu pengeringan yang dibutuhkan, hal ini dikarenakan pemindahan massa uap air dari bagian bahan ke permukaan lebih cepat.

- d. Kadar air padatan *inlet dryer*.

Semakin besar kandungan kadar air maka semakin lama pula waktu pengeringan dibutuhkan.

Faktor yang paling menonjol adalah faktor suhu udara panas *inlet dryer*.

Pada *rotary dryer* 03-M-362 unit PHONSKA III belum mencapai suhu



standar, yaitu hanya mencapai suhu 100°C dari standar 200°C sehingga mengurangi kinerja pengeringan *dryer*. Hal ini dapat dikarenakan kebocoran pada saluran udara panas *inlet* yang menyebabkan kontak udara panas dengan udara bebas sehingga menurunkan suhu udara panas *inlet dryer*.

X.2 Saran

Saran yang dapat diberikan yaitu, perlu meningkatkan ketelitian dalam analisis bahan baku dan spesifikasi lainnya terhadap bahan baku yang digunakan selain kadar dan kemurniannya agar dapat diketahui karakteristiknya. Meningkatkan pengendalian terhadap proses granulasi sehingga kadar air yang masuk ke Dryer berada pada nilai yang tidak terlalu tinggi. Serta melakukan pengecekan berkala pada *dryer* dan saluran udara panas *inlet dryer*. Untuk memastikan tidak ada kebocoran yang akan menurunkan suhu pengering tersebut dan proses pengeringan bekerja pada kondisi vacuum.