

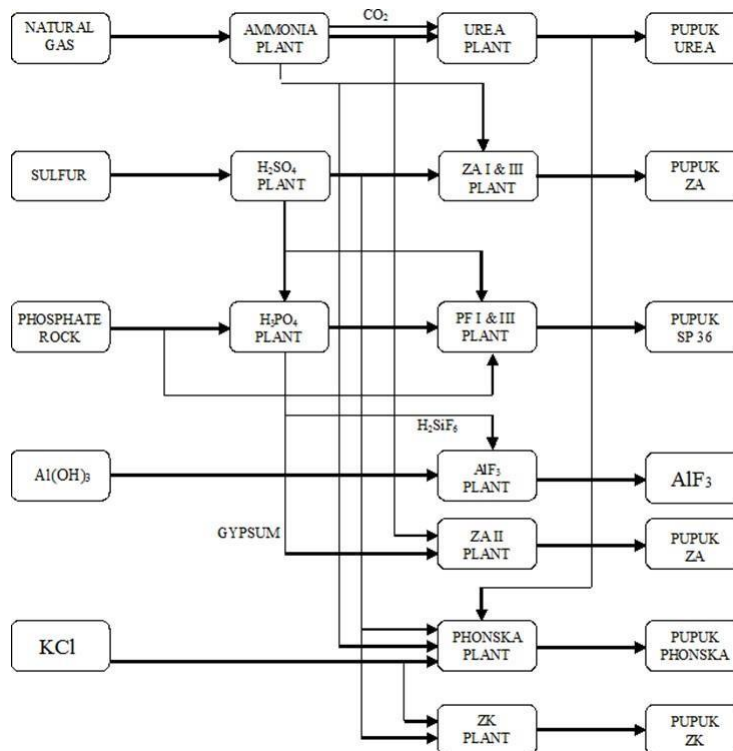
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Uraian Proses

Unit Produksi

PT Petrokimia Gresik merupakan pabrik pupuk terlengkap di Indonesia yang mampu menghasilkan produk pupuk dan prosuk non pupuk serta bahan kimia lainnya. Secara umum, PT Petrokimia Gresik dibagi menjadi 3 unit produksi, yaitu unit produksi I A dan I B, unit produksi II A dan II B serta unit produksi III A dan III B.



Gambar II.1 Alur Proses Produksi PT Petrokimia Gresik

II.1.1 Unit Produksi I

Unit produksi I merupakan unit yang menghasilkan pupuk berbasis Nitrogen dan produk samping sebagai bahan baku untuk produk lain. Unit produk I membawahi Departemen produksi IA dan IB.

II.1.1.1 Departemen Produksi IA

Tahun berdiri 1994

1. Pabrik Amonia

Kapasitas produksi : 660.000 ton/tahun

Bahan baku : Gas alam dan nitrogen yang diambil dari udara

2. Pabrik Urea

Kapasitas produksi : 570.000 ton/tahun

Bahan baku : Amoniak cair dan gas karbon dioksida

3. Pabrik ZA

Kapasitas produksi : 200.000 ton/tahun

Bahan baku : Gas amoniak dan asam sulfat

Unit Produksi IA, juga menghasilkan produk samping non pupuk, antara lain :

CO₂ cair dengan kapasitas 10.000 ton/tahun

CO₂ padat (*Dry Ice*) dengan kapasitas 4.000 ton/tahun

II.1.1.2 Departemen Produksi IB

Tahun berdiri 2019

1. Pabrik Amonia

Kapasitas produksi : 660.000 ton/tahun

Bahan baku : Gas alam dan nitrogen yang diambil dari udara

2. Pabrik Urea

Kapasitas produksi : 570.000 ton/tahun

Bahan baku : Amoniak cair dan gas karbon dioksida

II.1.2 Unit Produksi II

II.1.2.1 Pabrik Pupuk Fosfat

1. Pabrik Pupuk Fosfat I

Tahun berdiri 1979

Kapasitas produksi : 500.000 ton/tahun

Bahan baku : *Fosfat rock*

2. Pabrik Pupuk Fosfat II

Tahun berdiri 1983

Kapasitas produksi : 500.000 ton/tahun

Bahan baku : Fosfat rock

II.1.2.2 Pabrik Phonska

1. Pabrik Pupuk PHONSKA I

Kapasitas : 450.000 ton/tahun

Tahun operasi 2000

Bahan baku : Amoniak, Asam Fosfat, Asam Sulfat, Belerang dan filler

2. Pabrik Pupuk PHONSKA II

Kapasitas : 600.000 ton/tahun

Tahun operasi 2005

Bahan baku : Amoniak, Asam Fosfat, Asam Sulfat, Belerang dan filler

3. Pabrik Pupuk PHONSKA III

Kapasitas : 600.000 ton/tahun

Tahun operasi 2009

Bahan baku : Amoniak, Asam Fosfat, Asam Sulfat, Belerang dan filler

4. Pabrik Pupuk PHONSKA IV

Kapasitas : 60.000 ton/tahun

Tahun operasi 2011

Bahan baku : Amoniak, Asam Fosfat, Asam Sulfat, Belerang dan filler

II.1.2.3 Pabrik Pupuk NPK

1. Pabrik Pupuk NPK I

Tahun 2005

Kapasitas : 70.000 ton/tahun

-
- Bahan baku : DAP, Urea, ZA, KCl dan filler
2. Pabrik Pupuk NPK II
Tahun 2008
Kapasitas : 100.000 ton/tahun
Bahan baku : DAP, Urea, ZA, KCl dan filler
3. Pabrik Pupuk NPK III
Tahun 2009
Kapasitas : 100.000 ton/tahun
Bahan baku : DAP, Urea, ZA, KCl dan filler
4. Pabrik Pupuk NPK IV
Tahun 2009
Kapasitas : 100.000 ton/tahun
Bahan baku : DAP, Urea, ZA, KCl dan filler
5. Pabrik Pupuk NPK Blending
Tahun 2003
Kapasitas : 60.000 ton/tahun
Bahan baku : DAP, Urea, ZA, KCl dan filler

II.1.2.4 Pabrik Pupuk K_2SO_4 atau ZK

- Tahun 2005
Kapasitas : 10.000 ton/tahun
Bahan baku : H_2SO_4 dan KCl

II.1.3 Unit Produksi III

II.1.3.1 Departemen Produksi III A

Departemen Produksi III A merupakan unit penghasil produk utama berupa Asam yang digunakan sebagai bahan baku produksi di Pabrik I dan II, sering disebut dengan istilah pabrik Asam Fosfat. Pabrik tersebut terdiri dari pabrik Asam Fosfat, pabrik Asam Sulfat dan pabrik ZA II

1. Pabrik Asam Fosfat (H_3PO_4)
Tahun berdiri 1985

- Kapasitas produksi :200.000 ton/tahun
Bahan baku :*Phospate Rock*
2. Pabrik Asam Sulfat II
Tahun berdiri 1985
Kapasitas produksi : 550.000 ton/tahun
Bahan baku : Belerang, H₂O
3. Pabrik ZA II Tahun
berdiri 1985
Kapasitas produksi : 250.000 ton/tahun
Bahan baku : Amoniak, Asam fosfat, dan CO₂

II.1.3.2 Departemen Produksi III B

Merupakan perluasan dari Departemen Produksi III B yang memproduksi asam fosfat, asam sulfat dan purified gypsum.

1. Pabrik Asam Fosfat (PA Plant)
Kapasitas Produksi : 650 T/hari (100% P₂O₅)
Konfigurasi Proses : HDH (Hemi-dihydrate)
2. Pabrik Asam Sulfat (SA Plant)
Kapasitas Produksi : 1850 T/hari (100% H₂SO₄)
Konfigurasi Proses : Double Contact Double Absorber
3. Pabrik Purified Gypsum (GP Plant)
Kapasitas Produksi : 2000 T/hari

Konfigurasi Proses : Purifikasi

II.2 Uraian Tugas Khusus

II.2.1 Judul

Menghitung Kineja Rotary Dryer Pada Proses Pembuatan Pupuk NPK Diantaranya Neraca Massa, Neraca Panas, Kebutuhan Udara Pembakaran, Dilution Air dan Dimensi Rotary Dryer Dengan Feed Masuk Sebesar 1350 ton/hari

II.2.2 Latar Belakang

Dalam melaksanakan Praktek Kerja Lapangan di PT. Petrokimia Gresik Departemen Produksi 2B Pabrik Pupuk NPK, kami mendapatkan tugas khusus untuk menghitung kinerja rotary dryer pada proses pembuatan pupuk NPK diantaranya neraca massa, neraca panas, kebutuhan udara pembakaran, dilution air dan dimensi rotary dryer di pabrik pupuk NPK produksi 2B Bulan April 2021. Hal ini berkaitan dengan dengan Departemen Produksi 2B, dimana departemen ini merupakan unit kerja yang memproduksi pupuk berbahan baku NPK granul.

II.2.3 Tujuan

1. Menghitung neraca massa dan neraca panas pada proses pembuatan pupuk NPK dialat rotary dryer
2. Menghitung kebutuhan udara pembakaran dan dilution air yang diperlukan rotary dryer untuk memproses pupuk NPK
3. Mencari dimensi rotary dryer berupa panjang dan diameter yang dibutuhkan untuk pembuatan pupuk NPK

II.2.4 Manfaat

Manfaat dari tugas khusus ini adalah dapat meningkatkan pengetahuan tentang kinerja alat rotary dryer yang di Pabrik NPK II B PT Petrokimia Gresik.

II.2.5 Tinjauan Pustaka

II.2.5.1 Pengerinan

Pengerinan secara umum didefinisikan sebagai pengambilan sejumlah kecil air dari bahan yang dikeringkan dengan menggunakan panas. Operasi pengeringan dilakukan dengan menghembuskan udara panas yang tidak jenuh pada bahan yang akan dikeringkan. Udara panas tersebut disebut media pengering yang menyediakan panas untuk penguapan air dan sekaligus membawa uap air keluar. Berbeda dengan *evaporasi* dimana pada proses ini air yang teruapkan dari bahan memiliki jumlah yang relatif besar. Dalam *evaporasi* air teruapkan pada titik didihnya, sementara dalam operasi pengeringan, air yang terambil berada dalam keadaan uap.

Pengering dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu :

1. Pengering berdasarkan kondisi operasinya

Pengering berdasarkan kondisi operasinya dibagi dua yaitu pengering yang beroperasi secara *batch* dan pengering yang beroperasi secara kontinyu

2. Pengering berdasarkan perpindahan panasnya

Pengering yang berdasarkan perpindahan panasnya diklasifikasikan menjadi :

a. Pengering *adiabatik* (pengering langsung)

Pengering yang dalam prosesnya 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.

b. Pengering *non adiabatik* (pengering tidak langsung)

Pengering yang prosesnya panas berpindah menuju bahan dari medium luar. Dalam pengering ini gas yang harus dikeluarkan adalah uap air/uap zat pelarut. (McCabe & Smith, 1993)

Untuk mempelajari proses pengeringan padatan sangat tergantung pada mekanisme internal aliran cairan atau kondisi luar, yaitu:

- temperatur
- humiditi
- aliran udara
- keadaan tiap partikel
- keseragaman tiap partikel
- kontak antar permukaan padatan basah

Menurut Coulson dan Richardson (vol 3, 1985; 690) operasi pengeringan bertujuan untuk

:

- Mengurangi biaya transportasi
- Memudahkan penanganan bahan selanjutnya
- Meningkatkan nilai guna suatu bahan agar dapat memberikan hasil yang baik pada suatu penggunaan (mengawetkan bahan)
- Mengurangi bahaya korosi

II.2.5.2 Rotary Dryer

Rotary dryer atau pengering putar adalah alat pengering yang digunakan untuk mengeringkan NPK granul Phonska di Unit Produksi II PT. Petrokimia Gresik. *Rotary dryer* terdiri dari sebuah selongsong berbentuk silinder (yang dipasang pada suatu batangan *roll*) yang dapat berputar secara horizontal atau sedikit miring kebawah membentuk sudut 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, sepanjang silinder. Sekat ini disebut *flight* yang berfungsi untuk mengangkat bahan yang akan dikeringkan pada silinder yang 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* (Perry, 1988). Perputaran terjadi karena alat ini dilengkapi dengan *gear* yang dipasang pada *shell* dan dihubungkan dengan suatu *drive* ke motor penggerak.

Jenis *Rotary Dryer* berdasarkan cara kontak antara zat yang akan dikeringkan dengan udara pengering ada 3 macam :

1. *Direct Rotary Dryer*, zat padat dikontakkan langsung dengan gas sebagai udara pengering
2. *Indirect Rotary Dryer*, zat padat dikontakkan dengan gas panas yang mengalir melalui mantel luar
3. *Direct-indirect Rotary Dryer*, gas panas terlebih dahulu dilewatkan melalui mantel dan kemudian masuk ke selongsong, dimana gas tersebut kontak langsung dengan zat padat yang dikeringkan.

Media pemanas yang digunakan dalam *Rotary Dryer* biasanya berupa gas panas atau udara panas yang alirannya dapat terjadi secara searah dengan bahan yang akan dikeringkan (*cocurrent*) atau berlawanan arah dengan bahan yang akan dikeringkan (*countercurrent*).

Rotary Dryer yang digunakan di pabrik pupuk Phonska Unit Produksi II PT. Petrokimia Gresik adalah jenis *Direct Rotary Dryer* dan sebagai medium pemanas digunakan udara yang dipanasi terlebih dahulu dalam suatu *dryer combustion chamber (furnace)*. Aliran udara yang digunakan searah dengan aliran NPK granul yang masuk ke *Rotary Dryer (co-current)*. Dasar *Rotary Dryer* ini adalah :

- NPK granul yang dikeringkan bersifat *free flowing*
- proses yang terjadi adalah kontinyu
- operasi dari alat ini relative sederhana

II.2.5.3 Prinsip kerja Rotary Dryer 09-M-110 Pabrik Pupuk NPK

Rotary Dryer akan mengeringkan padatan NPK granul hingga mencapai kadar air 1 - 1,5% dengan bantuan udara pengering yang disuplai dari *Combution chamber (furnace)* dengan arah *co-current*. Dengan adanya putaran pada *Rotary Dryer* akan mempermudah NPK granul untuk dikeringkan karena proses kontak dengan udara panas lebih sering terjadi, disamping itu proses pengeluaran produk NPK granul dari *Rotary Dryer* juga akan lebih mudah.

II.2.5.4 Kondisi Operasi Rotary Dryer 09-M-110 Pabrik Pupuk NPK

- Kadar air produk *granulator* = 1,8 - 5% yang akan dikeringkan di *dryer* 9-M-110, untuk mencapai spesifikasi produk.
- Produk dari *granulator* masuk ke *Rotary Dryer* melalui *chute* dengan sudut elevasi 70°. Kemiringan *Rotary Dryer* antara 3 – 5°.
- Putaran *Rotary Dryer* 3 rpm.
- Udara panas disuplai dari *combustion chamber(furnace)* 9-B-101 dengan kalori yang diperlukan berkisar 4106 - 6106 kkal/jam.
- Temperatur udara masuk tergantung dari jumlah air yang harus diuapkan, dan dikendalikan otomatis berdasarkan temperatur udara keluar dengan TIC-105.
- Peralatan pelengkap *Rotary Dryer* adalah *Lump Crusher* 9-Q-102 di tengah *shell* sisi keluaran, dan *Grizzly* sepanjang 800 mm yang dilengkapi rangka besi membentuk sudut pengangkat bongkahan produk dan memasukkannya ke *crusher*.

Gas dari *Rotary Dryer* mengalir melalui *dryer cyclone* 9-D-106 A/B/C/D, diisap oleh *dryer exhaust fan* 9-C-107, gas langsung ke *scrubbing system* sebelum dibuang ke atmosfer.

II.2.5.5 Gambar penampang Rotary Dryer

PSYCHROMETRY, EVAPORATIVE COOLING, AND SOLIDS DRYING

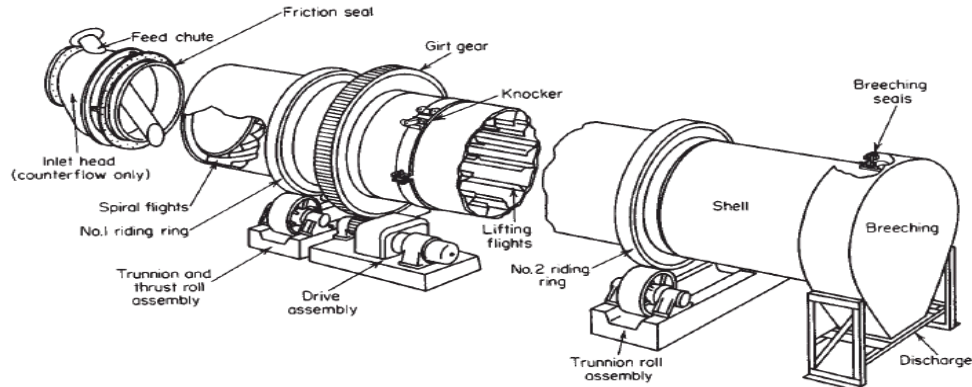


FIG. 12-59 Component arrangements of a countercurrent direct-heat rotary dryer. (ABB Raymond/Bartlett-Snow TM.)

Gambar penampang Rotary Dryer dapat dilihat pada gambar II.2

II.2.5.6 Perpindahan Massa dalam Pengering

Perpindahan massa dalam pengering terjadi dari permukaan padat ke gas. Laju rata-rata perpindahan massa M_v , diperoleh dengan persamaan :

$$M_v = M_s (X_s - X_b) \quad (\text{McCabe \& Smith, 1993})$$

Dimana :

M_v : laju massa uap air

M_s : laju massa padatan kering

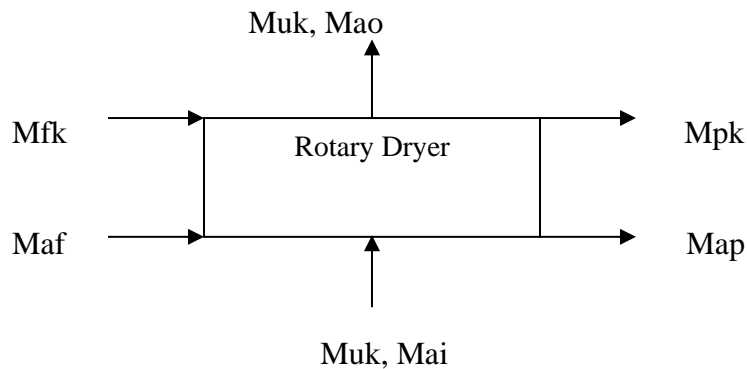
X_s : fraksi massa zat cair awal

X_b : fraksi massa zat cair akhir

Jika gas (udara) masuk pada kelembaban H_s dan keluar pada kelembaban H_b dan M_g adalah laju massa gas kering, maka :

$$\begin{aligned} H_b &= H_s + \frac{M_s}{M_g} (X_s - X_b) \\ &= H_s + \frac{M_v}{M_g} \end{aligned} \quad (\text{McCabe \& Smith, 1993})$$

Neraca Massa Rotary Dryer



Massa Masuk = Massa Keluar

$$Mfk + Maf + Muk + Mai = Mpk + Map + Muk + Mao + Mc$$

Dimana :

Muk = Laju alir massa udara kering

Mai = Laju alir massa air dalam udara kering

Mfk = Laju alir massa umpan kering

Maf = Laju alir massa air dalam umpan basah

Mao = Laju alir massa air dalam udara keluar

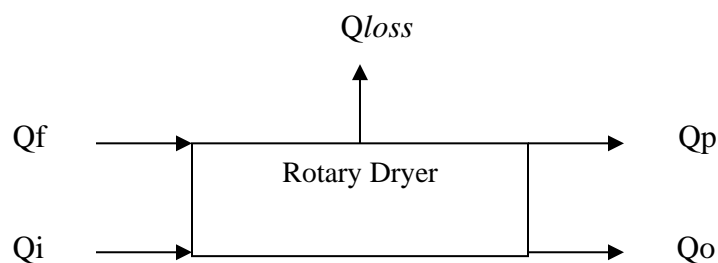
Map = Laju alir massa air dalam produk

Mpk = Laju alir massa produk kering

Mc = Laju alir massa produk kering yang lolos ke *cyclone*

II.2.5.7 Perpindahan Panas dalam Pengering

Neraca Panas Rotary Dryer



$$\begin{aligned} \text{Panas Masuk} &= \text{Panas keluar} \\ Q_i + Q_f &= Q_o + Q_p + Q_{loss} \\ \text{Muk} \cdot H_i + M_s \cdot H_s &= \text{Muk} \cdot H_o + M_s \cdot H_p + Q_{loss} \end{aligned}$$

Dimana :

- Q_i = Laju alir panas udara kering
- Q_f = Laju alir panas yang dibawa oleh umpan
- Q_o = Laju alir panas udara keluar
- Q_p = Laju alir panas yang dibawa produk
- H_i = Enthalpi udara masuk
- H_o = Enthalpi udara keluar
- H_s = Enthalpi zat padat
- H_p = Enthalpi produk
- M_s = Laju alir massa zat padat
- Q_{loss} = Laju alir panas yang hilang

Enthalpi udara dihitung dengan persamaan :

$$H_y = (1,005 + 1,88H) (T - T_o^\circ\text{C}) + 2501,4H \quad (\text{Geankoplis, 1997})$$

Enthalpi campuran padat-cair dihitung dengan persamaan :

$$H's = C_{ps} (T_s - T_o) + X \cdot C_{pl} (T_s - T_o) \quad (\text{Geankoplis, 1997})$$

Dimana :

- H_y : enthalpi udara
- H : kelembaban udara
- T : suhu udara panas
- $H's$: enthalpi campuran padat-cair
- C_{ps} : kalor spesifik zat panas
- C_{pl} : kalor spesifik zat cair
- T_s : suhu campuran
- T_o : suhu dasar
- X : kadar air

II.2.5.8 Kebutuhan Udara Pembakaran dan Dilution Air

Kalor yang digunakan untuk memanaskan material padat

$$Q1 = G \cdot Cp \cdot (T2 - T1)$$

Dimana :

G = Berat partikel padatan NPK, (Kg)

Cp = Kapasitas Panas NPK

T1 = Temperatur masuk Dryer, (oC)

T2 = Temperatur keluar Dryer, (oC)

Kalor untuk menguapkan kandungan air dalam material

$$Q2 = W(\lambda + Cp(t2 - T1))$$

Dimana :

W = Berat air yang diuapkan, (Kg)

λ = Panas laten air

Cp = Kapasitas air

T1 = Temperatur masuk Dryer, (oC)

t2 = Temperatur tail gas keluar Dryer, (oC)

Heat Loss

Panas yang hilang selama pengeringan sebesar 5%. Sehingga kalor yang hilang adalah :

$$Q3 = (Q1 + Q2) \cdot 5\%$$

Kalor yang terbawa oleh tail gas

$$Q4 = L((Cpu + Cpa \cdot X0) \cdot (t2 - t0))$$

Dimana :

L = Udara kering, (Kg/h)

Cpu = Kapasitas panas udara

Cpa = Kapasitas panas air

X0 = Kandungan air dalam udara

t2 = Temperatur tail gas keluar Dryer, (oC)

t0 = Temperatur ambient, (oC)

Kalor Keluar Furnace

$$Q_0 = L((C_{pu} + C_{pa} \cdot X_0) \cdot (t_1 - t_0))$$

Dimana :

L = Udara kering, (Kg/h)

C_{pu} = Kapasitas panas udara

C_{pa} = Kapasitas panas air

X₀ = Kandungan air dalam udara

t₁ = Temperatur udara panas, (oC)

t₀ = Temperatur ambient, (oC)

Kebutuhan udara

Dihitung menggunakan kesetimbangan panas sebagai berikut :

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$L((C_{pu} + C_{pa} \cdot X_0) \cdot (t_1 - t_0)) = Q_1 + Q_2 + Q_3 + L((C_{pu} + C_{pa} \cdot X_0) \cdot (t_2 - t_0))$$

$$L((C_{pu} + C_{pa} \cdot X_0) \cdot (t_1 - t_2)) = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$L = (Q_1 + Q_2 + Q_3) / ((C_{pu} + C_{pa} \cdot X_0) \cdot (t_1 - t_2))$$

Flow udara panas (m³/h)

$$V_1 = L \cdot (0.773 + 1.244 \cdot X_0) \cdot (273 + t_1) / 273$$

Dilution Air

$$V_2 = L \cdot (0.773 + 1.244 \cdot X_2) \cdot (273 + t_2) / 273$$

Dimana X₂ dapat dihitung,

$$X_2 = (W + L \cdot X_0) / L$$

II.2.5.9 Dimensi Rotary Dryer

1. Menghitung diameter rotary dryer

kecepatan udara masuk = G = 0.5 - 5 kg/dt m²

(perry edisi 6, halaman 22-33)

$$S = \frac{\text{massa udara}}{G}$$

Keterangan :

S = Cross sectional of dryer

G = Kecepatan udara masuk

$$S = \frac{\pi}{4} \times D^2 \quad \rightarrow \quad D = S \sqrt{\frac{4}{\pi} \times S}$$

Keterangan :

S = Cross sectional of dryer

D = Diameter Rotary Dryer

2. menghitung panjang rotary dryer

$$U_a = 10 \frac{G^{0.16}}{D}$$

$$Q = \frac{U_a \times V \times \Delta T}{LMTD}$$

$$V = \frac{Q}{U_a \times \Delta T \times LMTD}$$

Keterangan :

Q = Total udara panas yang masuk

V = Volume Rotary Dryer

U_a = Koefisien Volumetrik heat transfer

$$L = \frac{V}{S}$$

Keterangan :

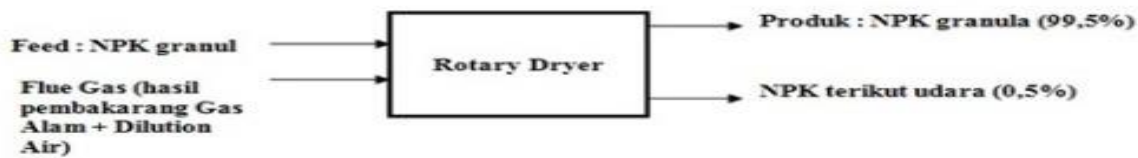
L = Panjang Rotary Dryer

V = Volume Rotary Dryer

S = Cross sectional of dryer

Jika L/D mempunyai nilai 4 – 10 memenuhi syarat kisaran di Perry ed. 6 hal. 20-32

II.2.6 Perhitungan



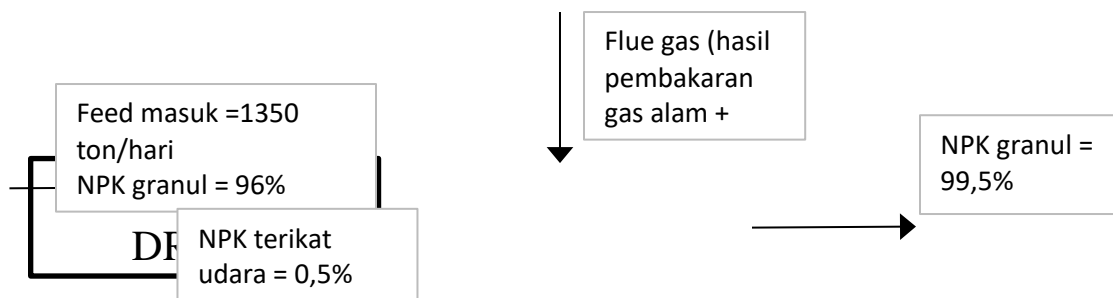
Data yang diketahui dari Lapangan	
Total Produk NPK per hari	1350 ton/hari
Temperatur udara panas masuk	150 °C
Temperatur udara panas keluar	80 °C
Temperatur NPK granul masuk	80 °C
Temperatur NPK granul keluar	70 °C
Kadar air NPK granul masuk	4 persen
Kadar air NPK granul keluar	1,5 persen
Cpl	4,187 kJ/kg °C
Cps	2,4 kJ/kg °C

Hitung :

- Neraca Massa dan Neraca Panas di Dryer
- Udara Pembakaran dan Dilution Air yang diperlukan? (m³/jam)
- Dimensi Rotary Dryer (panjang dan diameter).

Gambar II.3 Soal Tugas Khusus

II.2.6.1 Perhitungan Neraca Massa



Gambar II.4 Diagram Alir Neraca Massa

Produk Masuk = 1350 ton/hari => 56.250 kg/jam

Tabel II.1 Massa Masuk

Massa masuk (kg/jam)	
NPK granul	H ₂ O (4%)
54000	2250

Tabel II.2 Massa Keluar

Massa keluar (kg/jam)			
NPK granul	H ₂ O (1.5%)	NPK terikat udara	NPK granul tanpa air
55968.75	856.6645408	281.25	55112.08546

Tabel II.3 Neraca Massa

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
NPK granul	54000	NPK granul	55112.08546
H ₂ O	2250	NPK terikat udara	281.25
		H ₂ O	856.6645408
total	56250	total	56250

II.2.6.2 Perhitungan Neraca Panas

Tabel II.4 Temperatur

Data (°C)	
suhu udara masuk	150
suhu udara keluar	80
suhu bahan masuk	70
suhu bahan keluar	70

$$\begin{aligned} C_p \text{ udara} &= 36.08217799 \text{ j/mol.C} \\ &= 0.297366915 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$Q \text{ udara} = m \text{ udara} \times C_p \text{ udara} \times \Delta T$$

$$Q \text{ udara} = 20.81568406 \text{ .m udara kkal/kg}$$

**panas yang digunakan untuk produk tidak diperlukan
karena suhu produk yg masuk sama dengan suhu produk yg keluar**

$$\Delta H \text{ produk} = 0$$

**panas untuk menguapkan H₂O pada suhu
70°C**

$$\begin{aligned} \text{massa air menguap} &= 1393.335459 \text{ kg/jam} \\ H^{\text{evap}}, 70^\circ\text{C} &= 2334 \text{ kj/kg} \\ &= 557.466564 \text{ kkal/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H \text{ H}_2\text{O}, 70^\circ\text{C} &= m \text{ air menguap} \times H^{\text{evap}}, 70^\circ\text{C} \\ &= 776737.9309 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

$$m \text{ udara} = 39278.98177 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q \\ &= 1.040784203 \text{ .m udara kkal/kg} \\ &= 40880.94373\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q \text{ udara} &= 20.81568406 \text{ .m udara kkal/kg} \\ &= 817618.8747\end{aligned}$$

Tabel II.5 Neraca Panas

Masuk		Keluar	
$\Delta H \text{ H}_2\text{O}, 70^\circ\text{C}$	776737.9309	Q udara	817618.8747
Qloss	40880.94373		
TOTAL	817618.8747	TOTAL	817618.8747

II.2.6.3 Perhitungan Udara Pembakaran dan Dilution Air

$$\begin{aligned}\text{feed masuk} &= 56250 \text{ kg/jam} \\ \text{total panas} &= 817618.8747 \text{ kkal/jam} \\ \text{suhu bahan masuk} &= 70 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{suhu bahan keluar} &= 70 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{suhu udara masuk} &= 150 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{suhu udara keluar} &= 80 \text{ }^\circ\text{C} \\ C_{pl} &= 4.187 \text{ Kj/Kg }^\circ\text{C} = 1.000048202 \text{ Kkal/Kg }^\circ\text{C} \\ C_{ps} &= 2.4 \text{ Kj/Kg }^\circ\text{C} = 0.5732304 \text{ Kkal/Kg }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$Q_1 = G \times C_p \times (T_2 - T_1)$$

Ket.

G = Berat pertikel udara padatan NPK (Kg)

Cps = Kapasitas Panas NPK

T1 = Suhu bahan masuk

T2 = Suhu bahan keluar

$$Q_1 = 0$$

ket. Nilai $Q_1 = 0$ karena suhu bahan masuk dan suhu bahan keluar nya sama maka tidak dibutuhkan untuk memanaskan bahan

$$Q2 = W \times (a + C_p \times (t_2 - T_1))$$

W = Berat air yang diuapkan

a = Panas Laten air

C_p = Kapasitas panas air

T₁ = Suhu bahan Masuk

t₂ = Suhu udara keluar

$$Q2 = 842968.6244$$

$$W = 1393.335459 \text{ Kg}$$

$$a = 595 \text{ kkal/kg}$$

Heat Loss

Panas yang hilang selama pengeringan sebesar 15%. Sehingga kalor yang hilang sebesar :

$$Q3 = (Q1 + Q2) \times 15\%$$

$$= 126445.2937$$

$$Q4 = L ((C_{pl} + C_{ps} \times X_0) \times (t_2 - t_0))$$

L = Udara Kering (Kg/h)

C_p = Kapasitas panas air

C_s = Kapasitas Panas NPK

X₀ = Kandungan air dalam udara

t₂ = Suhu udara keluar

t₀ = Temperatur ambient

$$Q0 = L ((C_{pl} + C_{ps} \times X_0) \times (t_1 - t_0))$$

L = Udara Kering (Kg/h)

C_p = Kapasitas panas air

C_s = Kapasitas Panas NPK

X₀ = Kandungan air dalam udara

$$X_0 = 0.0223 \text{ Kg air/Kg udara}$$

t₁ = Suhu udara masuk

t₀ = Temperatur ambient

Kebutuhan Udara Panas

Dihitung menggunakan kesetimbangan panas sebagai berikut :

$$Q0 = Q1 + Q2 + Q3 + Q4$$

$$L ((C_{pl} + C_{ps} \times X_0) \times (t_1 - t_0)) = Q1 + Q2 + Q3 + L ((C_{pl} + C_{ps} \times X_0) \times (t_2 - t_0))$$

$$L = (Q1 + Q2 + Q3) / ((C_{pl} + C_{ps} \times X_0) \times (t_1 - t_2))$$

$$= 13673.32455 \text{ Kg/h}$$

Flow udara panas

$$V1 = L \times (0.773 + 1.224 \times X_0) \times ((273 + t_1)/273)$$

$$= 16955.16634 \text{ m}^3/\text{h}$$

Ditulition air

$$V_2 = L \times (0.773 + 1.224 \times X_2) \times ((273 + t_2)/273)$$

$$= 16354.55285 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$X_2 = (W + L \times X_0) / L$$

$$= 0.42759246 \text{ Kg air/Kg udara}$$

II.2.6.4 Perhitungan Dimensi Alat Rotary Dryer

diketahui dari neraca massa dan neraca panas:

feed masuk	= 56250	kg/jam	= 124008.75	lb/jam
				BTU/ja
total panas	= 817618.8747	kkal/jam	= 3242431.171	m

suhu bahan masuk = 70 °C = 158 °F

suhu bahan keluar = 70 °C = 158 °F

suhu udara masuk = 150 °C = 302 °F

suhu udara keluar = 80 °C = 176 °F

massa udara panas = 3437.851918 kg/h

$$\Delta T_1 = (302 - 158) = 144 \text{ °F}$$

$$\Delta T_2 = (176 - 158) = 18 \text{ °F}$$

ΔT

$$LMTD = \frac{144 - 18}{\ln \frac{144}{18}} = 60.59319172 \text{ °F}$$

menghitung diameter rotary dryer

kecepatan udara masuk = $G = 0.5 - 5 \text{ kg/dt m}^2$ (perry edisi 6, halaman 22-33)

$$G = 1 \text{ kg/dt. m}^2 = 3600 \text{ kg/j m}^2 = 737.3312647 \text{ lb/j ft}^2$$

S = Cross sectional of dryer

$$S = \frac{\text{massa udara}}{G}$$

$$= \frac{3437.851918}{3600} \text{ kg/h}$$

$$\text{lb/j ft}^2$$

$$= 0.954958866 \text{ m}^2 = 10.27908174 \text{ ft}^2$$

$$S = \frac{\pi}{4} D^2 = D = \sqrt{\frac{4}{\pi} S} = 1.102954265 \text{ m}$$

$$= 3.618616469 \text{ ft}$$

menghitung panjang rotary dryer

$$Q = U_a \times V \times \Delta T \text{ LMTD}$$

$$U_a = 10 \frac{G^{0.16}}{D}$$

$$= 10 \frac{737.3312647^{0.16}}{3.618616469} = 230.5639584 \text{ BTU/jam ft}^3 \text{ oF}$$

$$V = \frac{Q}{U_a \times \Delta T \text{ LMTD}} = \frac{3242431.171}{230.5639584 \times 60.59319}$$

$$= 232.0895128 \text{ ft}^3$$

$$L = \frac{V}{S} = \frac{232.0895128}{10.27908174} = 22.57881771 \text{ ft}$$

$$\frac{L}{D} = \frac{22.57881771}{3.618616469} = 6.239627189 \text{ ft}$$

memenuhi syarat kisaran di perry ed. 6 hal. 20-32

$$\frac{L}{D} = 4 \text{ rate } 10$$

II.2.7 Pembahasan

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh data-data sebagai yaitu yang pertama adalah neraca massa dan neraca panas. Dengan feed yang masuk pada alat rotary dryer sebesar 1.350 ton/hari atau 56.250 kg/jam, pada perhitungan neraca massa diperoleh data feed yang masuk tersebut berupa NPK granul dengan konsentrasi 96% sebesar 54.00 kg/jam dan H₂O dengan konsentrasi 4% sebesar 2.250 kg/jam dan hasil yang keluar yaitu NPK granul dengan konsentrasi 99,5% sebesar 55.112,08546 kg/jam, NPK yang terikat dengan udara dengan konsentrasi 0,5% sebesar 281.25 kg/jam dan H₂O sebesar 856,6645408 kg/jam. Untuk perhitungan neraca massa dengan suhu udara masuk sebesar 150 °C, suhu udara keluar sebesar 80 °C, suhu bahan masuk sebesar 70 °C dan suhu bahan keluar sebesar 70 °C diperoleh data-data yaitu, yang pertama merupakan panas yang masuk berupa panas untuk menguapkan H₂O pada suhu

70°C sebesar 776.737,9309 kkal/jam dan Q_{loss} 5% sebesar 40.880,94373, yang kedua merupakan panas yang keluar berupa Q_{udara} sebesar 817.618,8747 kkal/jam.

Data yang kedua merupakan kebutuhan udara pembakaran dan dilution air yang diperlukan. Udara pembakaran yang dibutuhkan untuk pembakaran yaitu sebesar 16.955,16634 m³/jam dan dilution air yang dibutuhkan sebesar 16.354,55285m³/jam. Data yang ketiga merupakan dimensi alat rotary dryer yang berupa diameter dan panjang rotary dryer. Dari hasil perhitungan diperoleh diameter rotary dryer sebesar 3,618616469 ft atau 3,7 ft, untuk panjang rotary dryer sebesar 22,57881771 ft atau 22,6 ft dan perbandingan L/D sebesar 6,239627189 ft atau 6,3 ft. Dari hasil perhitungan dimensi alat rotary dryer dapat diketahui apakah sudah memenuhi syarat dengan melihatnya di perry edisi 6 hal. 20-32 yaitu perbandingan L/D sebesar 4 – 10 ft. Dari syarat yang terdapat pada perry edisi 6 hal. 20-32 dapat disimpulkan bahwa dimensi alat yang diperoleh dari hasil perhitungan memenuhi syarat.