



## BAB IX

### URAIAN TUGAS KHUSUS

#### IV.1 Uraian Tugas Khusus

Pada pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan di PT Petrokimia Gresik diberikan tugas khusus oleh pembimbing lapangan untuk menganalisis neraca massa dan panas pada unit NPK Granulasi II dengan kapasitas produksi 100.000 ton/tahun di PT Petrokimia Gresik Departemen IIB.

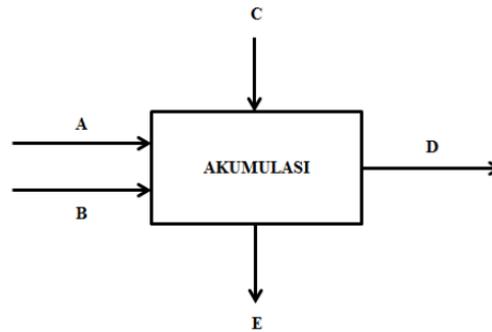
#### IV.2 Teori Tugas Khusus

##### IV.2.1 NPK Granulasi

Unit NPK Granulasi II merupakan pabrik yang memproduksi pupuk NPK komersial dan pupuk NPK subsidi dengan kapasitas produksi sebesar 100.00 ton/tahun. Pupuk NPK termasuk dalam pupuk majemuk yang terdiri dari beberapa unsur hara makro, yaitu nitrogen (N), phosphor (P), dan kalium (K). Secara umum pupuk NPK subsidi memiliki komposisi 15%N, 10%P, dan 12% K. Bahan baku utama yang digunakan untuk memproduksi pupuk di unit NPK Granulasi diantaranya yaitu, ZA, urea, DAP, KCl, binder dan *filler*. Sedangkan bahan penolong yang digunakan yaitu pigmen, *coating powder*, dan *coating oil*. Proses produksi pupuk di unit NPK Granulasi terdiri atas beberapa proses. Diagram alir proses pembuatan pupuk NPK Granulasi dapat dilihat pada gambar III.1 IV.2 Bahan Baku NPK Granulasi.

##### IV.2.2 Neraca Massa

Neraca massa adalah suatu perhitungan yang tepat dari semua bahan-bahan yang masuk, yang terakumulasi dan yang keluar dalam waktu tertentu. Pernyataan tersebut sesuai dengan hukum kekekalan massa yakni massa tak dapat dijinakkan atau dimusnahkan. Prinsip umum neraca massa adalah membuat sejumlah persamaan-persamaan yang saling tidak tergantung satu sama lain, dimana persamaan-persamaan tersebut jumlahnya sama dengan jumlah komposisi massa yang tidak diketahui.



Gambar IV. 1 Diagram Neraca Massa

Neraca massa dihitung menggunakan persamaan berikut :

*Massa Masuk = Massa Keluar + Massa yang Terakumulasi*

$$M_A + M_B + M_C = M_D + M_E + M_{Akumulasi} \quad (1)$$

Apabila diasumsikan tidak ada massa yang terakumulasi, maka persamaan menjadi:

*Massa Masuk = Massa Keluar*

$$M_A + M_B + M_C = M_D + M_E \quad (2)$$

### IV.2.3 Neraca Panas

Neraca energy adalah persamaan matematis yang menyatakan hubungan antara energy masuk dan energy keluar suatu system yang berdasarkan pada satuan waktu operasi. Perhitungan neraca panas didasarkan pada hukum kekekalan energi. Selain itu penyusunan neraca panas dilakukan berdasarkan neraca massa yang sebelumnya disusun terlebih dahulu. Secara umum perhitungan *heat duty* mengikuti persamaan berikut:

$$Q = m \times C_p \times \Delta T \quad (3)$$

$$Q = m \times \lambda \quad (4)$$

Dimana Q adalah kalor (kkal); m adalah massa (kg); Cp adalah kapasitas panas (kkal/kg°C); dan  $\Delta T$  adalah perubahan temperatur (°C). Neraca panas dapat ditulis sesuai dengan hukum Termodinamika I yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Akumulasi} &= \text{Panas Masuk} - \text{Panas Keluar} + \text{Panas yang Timbul} \\ &\quad - \text{Panas yang digunakan} \end{aligned}$$

Jika tidak ada panas yang digunakan dan panas yang timbul dalam sistem maka :

$$\text{Akumulasi} = \text{Panas Masuk} - \text{Panas Keluar}$$



## Kapasitas Panas

Kapasitas panas adalah energy panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu sejumlah zat sebesar 1°C atau 1°F atau 1K. Hal ini karena panas bias dipindahkan dengan cara perpindahan panas dalam suatu proses. Satuan kapasitas panas:  $kal/gr^{\circ}C$ ,  $Btu/lb^{\circ}F$ , atau  $J/gK$ . Hubungan antara kapasitas panas gas ideal adalah rangkaian pemuaian suhu.

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4 \quad (5)$$

Dimana  $C_p$  Adalah kapasitas panas gas ideal (J/mol K); A, B, C, D, E adalah koefisien regresi untuk komponen kimia; dan T adalah temperature (K). Berdasarkan thermodynamika, perubahan entalpi,  $\Delta T$ , pada tekanan konstan.

$$\Delta H = \int C_p dT = \int (A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4) dT \quad (6)$$

## Neraca Panas Dryer

Padatan masuk dengan *rate*  $L_s$  kg *dry solid*/jam memiliki kadar air bebas  $X_1$ , dan temperature  $T_{s1}$ . Padatan tersebut meninggalkan *dryer* dengan  $X_2$  dan  $T_{s2}$ . Gas masuk dengan *rate*  $G$  kg *dry air*/jam memiliki humiditas  $H_2$  kg  $H_2O/kg$  *dry air* dan temperature  $T_{g2}$ . Gas keluar *dryer* pada  $T_{g1}$  dan  $H_1$ . Untuk neraca massa berdasarkan kelembapan berlaku:

$$GH'_{G2} + L_s H'_{s1} = GH'_{G1} + L_s H'_{s2} + Q \quad (7)$$

Dimana  $Q$  adalah *heat loss* pada *dryer* (kJ/h). Nilai entalpi untuk padatan basah terdiri dari entalpi padatan kering ditambah entalpi cair sebagai uap air bebas. Entalpi pembasahan biasanya diabaikan. Entalpi gas  $H'_g$  pada kJ kg adalah

$$H'_G = C_{p_s}(T_G - T_0) + H\lambda_0 \quad (8)$$

Dimana  $\lambda_0$  adalah panas laten air pada  $T_0^{\circ}C$ , 2.501kJ/kg (1.075,4 btu/lbm) at  $0^{\circ}C$ , dan  $c_s$  adalah *humid heat*, dalam kJ/kg *dry air* K.

$$C_s = 1.005 + 1.88H \quad (9)$$

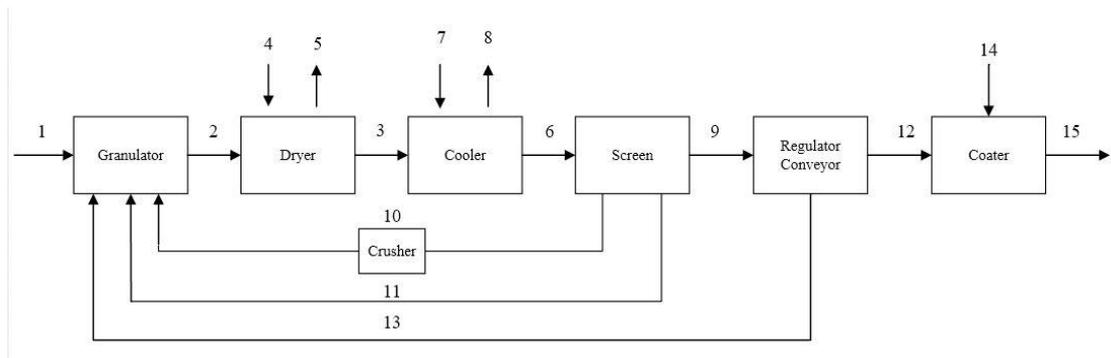
Entalpi padatan basah  $H'_s$  dalam kJ/kg *dry solid* dimana  $(T_s - T_0)^{\circ}C = (T_s - T_0)K$

$$H'_S = C_{p_s}(T_S - T_0) + X C_{p_A}((T_S - T_0)) \quad (10)$$

Dimana  $C_{p_s}$  adalah kapasitas panas padatan kering dalam kJ/kg *dry solid* K dan  $C_{p_A}$  adalah kapasitas panas *liquid moisture* dalam kJ/kg  $H_2O$  K. Diasumsikan panas pembasahan adsorpsi diabaikan.

### IV. 3 Hasil dan Pembahasan

Secara umum proses produksi di unit NPK Granulasi II terdiri dari *granulator*, *dryer*, *cooler*, *vibrating screen*, *regulator conveyor*, dan *coater*. Berikut ini merupakan diagram alir proses produksi unit NPK Granulasi II.



Gambar IV. 2 Diagram Alir Unit NPK Granulasi II

Berikut ini merupakan hasil perhitungan neraca massa di unit NPK Granulasi II:

Tabel IV. 1 Perhitungan Neraca Massa Granulator

Massa Masuk						Massa Keluar			
<1>	kg/jam	<10>	kg/jam	<11>	kg/jam	<13>	kg/jam	<2>	kg/jam
NPK		NPK		NPK		NPK		NPK	
KCl	2,726.91	KCl	504.98	KCl	504.98	KCl	6,362.78	KCl	10,099.66
DAP	3,497.55	DAP	647.70	DAP	647.70	DAP	8,160.96	DAP	12,953.91
ZA	238.08	ZA	44.09	ZA	44.09	ZA	555.53	ZA	881.80
UREA	173.84	UREA	32.19	UREA	43.55	UREA	405.63	UREA	871.10
Clay	6,998.14	Clay	1,295.96	Clay	1,284.59	Clay	16,329.02	Clay	25,691.83
H2O	976.64	H2O	38.45	H2O	38.45	H2O	484.84	H2O	1,538.02
Subtotal	14,611.16	Subtotal	2,563.37	Subtotal	2,563.36	Subtotal	32,298.76	Subtotal	52,036.32
Total					52,036.65			Total	52,036.32

Tabel IV. 2 Perhitungan Neraca Massa Dryer

Massa Masuk				Massa Keluar			
<2>	kg/jam	<4>	kg/jam	<3>	kg/jam	<5>	kg/jam
NPK	50,498.29	Udara	87,566.06	NPK	50,498.29	Udara	87,566.06
H <sub>2</sub> O	1,538.02			H <sub>2</sub> O	769.01	H <sub>2</sub> O	769,01
Subtotal	52,036.31	Subtotal	87,566.06	Subtotal	51,267.30	Subtotal	88,335.07
Total	139,602.37		Total	139,602.37			

Tabel IV. 3 Perhitungan Neraca Massa Cooler

Massa Masuk				Massa Keluar			
<3>	kg/jam	<7>	kg/jam	<6>	kg/jam	<8>	kg/jam
NPK	51,267.30	Udara	62,375.82	NPK	51,267.30	Udara	62,375.82
Subtotal	51,267.30	Subtotal	62,375.82	Subtotal	51,267.30	Subtotal	62,375.82
Total	113,643.12		Total	113,643.12			

Tabel IV. 4 Perhitungan Neraca Massa Screen

Massa Masuk		Massa Keluar						
<6>	kg/jam	<9>	kg/jam	<10>	kg/jam	<11>	kg/jam	
NPK	51,267.30	NPK	46,140.57	NPK	2,563.37	NPK	2,563.37	
Subtotal	51,267.30	Subtotal	46,140.57	Subtotal	2,563.37	Subtotal	2,563.37	
Total	51,267.3	Total	51,267.3					

Tabel IV. 5 Perhitungan Neraca Massa Regulator Conveyor

Massa Masuk		Massa Keluar			
<9>	kg/jam	<13>	kg/jam	<12>	kg/jam
NPK	46,140.57	NPK	32,298.40	NPK	13,842.17
Subtotal	46,140.57	Subtotal	32,298.40	Subtotal	13,842.17
Total	46,140.57	Total	46,140.57		

Tabel IV. 6 Perhitungan Neraca Massa Coater

Massa Masuk				Massa Keluar	
<12>	kg/jam	<14>	kg/jam	<15>	kg/jam
NPK	13,842.17	Pigment	6.94	NPK	13,888.00
		Coating Powder	6.94		
		Coating Oil	31.94		
Subtotal	13,842.17	Subtotal	45.82	Subtotal	13,888.00
Total	13,888			Total	13,888

Tabel IV. 7 Perhitungan Neraca Massa Total Unit NPK Granulasi II

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
NPK Phonska		13,888.00
DAP	3,497.55	
UREA	173.84	
ZA	238.09	
KCl	2,726.91	
Clay	6,998.14	
Pigment	6.94	
Coating Powder	6.94	
Coating Oil	31.94	
H <sub>2</sub> O	976.64	769.01
Total	14,657.00	14,657.01

Berdasarkan perhitungan neraca massa di Unit NPK Granulasi II Departemen Produksi IIB PT Petrokimia Gresik dengan kapasitas 100.000 ton/ tahun dan laju alir sebesar 13.888 kg/jam pada pembuatan NPK subsidi dengan komposisi 15-10-12 diperlukan bahan baku yaitu 3.497,55 kg/jam DAP; 173,84 kg/jam Urea; 238,09 kg/jam ZA; 2.726,91 kg/jam KCl; 6.998,14 kg/jam Clay; 6,94 kg/jam Pigmen; 6,94 kg/jam coating powder; dan 31.94 kg/jam coating oil.



Dimana pada perhitungan neraca massa ini diasumsikan ADBK atau Atas Dasar Bahan Kering. Pada *dryer* terjadi pengeringan produk NPK dimana produk out granulator yang memiliki kadar air sebesar 3% dikeringkan menjadi 1,5%. Dimana sebanyak 207,63 kg/jam air diuapkan. Pada *cooler* diasumsikan bahwa udara hanya berkontak saja dengan produk sehingga hanya terjadi perubahan suhu. Oleh karena itu pada alat *cooler* tidak terjadi perubahan massa. Pada perhitungan neraca massa pada alat regulator conveyor, table IV.5, terjadi *recycle* dengan perbandingan to granulator:to coater sebesar 7:3. Hal ini bertujuan agar hasil granul yang dihasilkan semakin stabil. Granul yang sudah terbentuk dapat menjadi *starter* untuk pembentukan granul selanjutnya. Jika tidak ada produk granul yang dikembalikan ke granulator maka hasil granulator yang selanjutnya tidak dapat maksimal. Pada *coater* terjadi penambahan *coating oil*, *coating powder*, dan *pigment*. Hal ini bertujuan untuk melindungi produk dari kemungkinan *scalling* atau menggumpal akibat dari suhu penyimpanan serta identitas dari produk NPK.

#### IV.2 Neraca Panas Proses Produksi Pupuk NPK Granulasi

Berikut ini merupakan hasil perhitungan neraca panas di unit NPK Granulasi II:

Tabel IV. 8 Perhitungan Neraca Panas Granulator

Panas Masuk		Panas Keluar	
Stream	kkal/jam	Stream	kkal/jam
Q Produk In	212.835,5343	Q Produk Out	346.796,4674
Q Steam	152.213,3787	Q Loss	18.252,44565
Total	365.048,913	Total	365.048,913

Tabel IV. 9 Perhitungan Neraca Panas Dryer

Panas Masuk		Panas Keluar	
Stream	kkal/jam	Stream	kkal/jam
Q Produk In	240.363,2	Q Produk Out	257.677,6
Q Gas In	3.608.236,4	Q Gas Out	3.017.567,6
		Q Loss	573.354,4
Total	3.848.599,7	Total	3.848.599,7



Tabel IV. 10 Perhitungan Neraca Panas Cooler

Panas Masuk		Panas Masuk	
Stream	kcal/jam	Stream	kcal/jam
Q Produk In	524.113,96	Q Produk Out	248.954,1347
Q Gas In	448,7162197	Q Gas Out	251,129458
		Q Loss	275.357,4199
Total	524.562,684	Total	524.562,684

Berdasarkan perhitungan neraca panas yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa pada granulator diperoleh nilai Q loss sebesar 18.252,44565 kkal/jam atau sekitar 5% dari panas total yang masuk pada granulator. Pada *dryer* diperoleh Q loss sebesar 573.354,4 kkal/jam atau sekitar 3,5% dari panas total yang masuk dalam *dryer*. Sedangkan pada *cooler* diperoleh nilai Q loss sebesar 275.357,4199 kkal/jam atau sekitar 0,524928 % dari panas total yang masuk dalam *cooler*. Nilai Q loss yang masih berada dibawah 10% menunjukkan bahwa panas yang berada dalam alat tidak banyak yang terbuang percuma ke lingkungan atau menunjukkan bahwa alat yang digunakan masih layak.