



## BAB IX

### URAIAN TUGAS KHUSUS

#### IX.1 Uraian Tugas Khusus

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

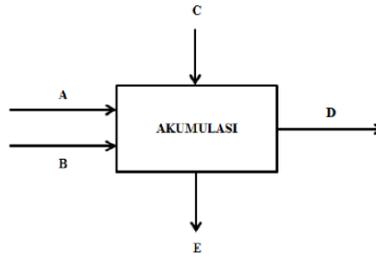
#### IX.2 Teori Tugas Khusus

##### IX.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.

##### IX.2.2 Neraca Massa

Neraca massa adalah suatu perhitungan yang tepat dari semua bahanbahan yang masuk, yang terakumulasi dan yang keluar dalam waktu tertentu. Pernyataan tersebut sesuai dengan hukum kekekalan massa yakni massa tak dapat dijelmakan 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 IX. 1 Diagram neraca massa

Neraca massa dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Massa Masuk} = \text{Massa Keluar} + \text{Massa Terakumulasi}$$

$$M_A + M_B + M_C = M_D + M_E + M_{\text{Akumulasi}}$$

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

$$\text{Massa Masuk} = \text{Massa Keluar}$$

$$M_A + M_B + M_C = M_D + M_E$$

### IX.2.3 Neraca Panas

Neraca panas adalah persamaan matematis yang menyatakan hubungan antara panas masuk dan panas keluar suatu sistem 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:

$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$

$$Q = m \times \lambda$$

Dimana Q adalah kalor (kkal); m adalah massa (kg);  $C_p$  adalah kapasitas panas (kkal/kg $^{\circ}$ C); dan  $\Delta T$  adalah perubahan temperatur ( $^{\circ}$ C). Neraca panas dapat ditulis sesuai dengan hukum termodinamika 1 yaitu:



$$\text{Akumulasi} = \text{Panas Masuk} - \text{Panas Keluar} + \text{Panas yang Timbul} \\ - \text{Panas yang digunakan}$$

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 energi panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu sejumlah zat sebesar 1°C atau 1°F atau 1 K. Hal ini karena panas bisa dipindahkan dengan cara perpindahan panas dalam suatu proses. Satuan kapasitas panas: kal/gr°C, BTU/lb°F, atau J/gK. Hubungan antara kapasitas panas gas ideal adalah rangkaian pemuaian suhu.

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

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 temperatur (K). Berdasarkan termodinamika, perubahan entalpi,  $\Delta T$ , pada tekanan konstan.

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

### Neraca Panas Dryer

Padatan masuk dengan rate  $L_s$  kg dry solid/jam memiliki kadar air bebas  $X_1$ , dan temperatur  $T_{s1}$ . 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<sub>2</sub>O/kg dry air dan temperatur  $T_{g2}$ . Gas keluar dryer pada  $T_{g1}$  dan  $H_1$ . Untuk neraca massa berdasarkan kelembapan berlaku:

$$GH'_{G2} + LsH'_{S1} = GH'_{G1} + LsH'_{S2} + Q$$

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 pembahasan biasanya diabaikan. Entalpi gas  $H'g$  pada kJ/kg adalah

$$H'_G = Cp_s(T_G - T_0) + H\lambda_0$$

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

$$C_s = 1,005 + 1,88H$$

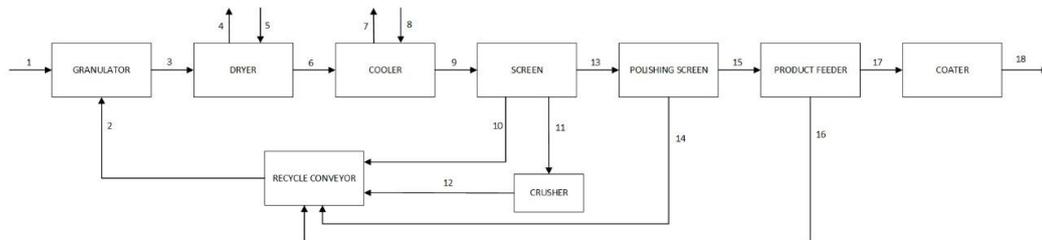
Entalpi padatan basah  $H_s$  dalam kJ/kg dry solid dimana  $(T_s - T_0)^\circ\text{C} = (T_s - T_0)K$

$$H'_s = Cp_s(T_s - T_0) + X Cp_A(T_s - T_0)$$

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<sub>2</sub>O 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 IX. 2 Diagram Alir Unit NPK Granulasi II

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



Tabel IX. 1 Perhitungan Neraca Massa Granulator

Komponen	Masuk		Komponen	2	Keluar
	1				3
KCl	6250,0000		N	1362,0858	3167,6413
DAP	0,0000		P2O5	628,6550	1461,9883
Urea	3925,1208		K2O	2828,9474	6578,9474
ZA	0,0000		S	0,0000	0,0000
Phospate Rock	2604,1667		H2O	209,5517	990,9032
Brusit	653,5948		Mg	68,1043	158,3821
Boron	161,2103		B	419,1033	974,6589
Clay	239,2408		Filler	4919,2251	11440,0585
H2O	503,5737				
<b>Total</b>				24772,5796	24772,5796

Tabel IX. 2 Perhitungan Neraca Massa Dryer

Komponen	Masuk		Keluar	
	3	5	4	6
N	3167,6413	0	0	3167,6413
P2O5	1461,9883	0	0	1461,9883
K2O	6578,9474	0	0	6578,9474
S	0,0000	0	0	0,0000
H2O	990,9032	53330,85812	53834,4319	487,3294
Mg	158,3821	0	0	158,3821
B	974,6589	0	0	974,6589
Filler	11440,0585	0	0	11440,0585
N2	0,0000	47175,84366	47175,84366	0,0000
O2	0,0000	12540,41414	12540,41414	0,0000
<b>Total</b>		137819,6955		137819,6955

Tabel IX. 3 Perhitungan Neraca Massa Cooler

Komponen	Masuk		Keluar	
	6	8	7	9
N	3167,6413	0	0	3167,6413
P2O5	1461,9883	0	0	1461,9883
K2O	6578,9474	0	0	6578,9474
S	404,8008	0	0	404,8008
H2O	487,3294	1088,819782	1088,819782	487,3294
Mg	158,3821	0	0	158,3821
B	974,6589	0	0	974,6589



Filler	11035,2577	0	0	11035,2577
N <sub>2</sub>	0,0000	38486,24733	38486,24733	0,0000
O <sub>2</sub>	0,0000	10230,52144	10230,52144	0,0000
<b>Total</b>	74074,5944		74074,5944	

Tabel IX. 4 Perhitungan Neraca Massa Recycle Conveyor

Komponen	Masuk				Keluar
	10	12	14	16	
N	95,0292	221,7349	142,5439	902,7778	1362,0858
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	43,8596	102,3392	65,7895	416,6667	628,6550
K <sub>2</sub> O	197,3684	460,5263	296,0526	1875,0000	2828,9474
S	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> O	14,6199	34,1131	21,9298	138,8889	209,5517
Mg	4,7515	11,0867	7,1272	45,1389	68,1043
B	29,2398	68,2261	43,8596	277,7778	419,1033
Filler	343,2018	800,8041	514,8026	3260,4167	4919,2251
<b>Total</b>	10435,6725				10435,6725

Tabel IX. 5 Perhitungan Neraca Massa Crusher

Komponen	Masuk	Keluar
	11	12
N	221,7349	221,7349
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	102,3392	102,3392
K <sub>2</sub> O	460,5263	460,5263
S	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> O	34,1131	34,1131
Mg	11,0867	11,0867
B	68,2261	68,2261
Filler	800,8041	800,8041
<b>Total</b>	1698,8304	1698,8304

Tabel IX. 6 Perhitungan Neraca Massa Process Screen

Komponen	Masuk	Keluar		
		13	11	10
N	3167,6413	2850,8772	221,7349	95,0292
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1461,9883	1315,7895	102,3392	43,8596
K <sub>2</sub> O	6578,9474	5921,0526	460,5263	197,3684
S	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> O	487,3294	438,5965	34,1131	14,6199



Mg	158,3821	142,5439	11,0867	4,7515
B	974,6589	877,1930	68,2261	29,2398
Filler	11440,0585	10296,053	800,8041	343,2018
<b>Total</b>	24269,0058	24269,0058		

Tabel IX. 7 Perhitungan Neraca Massa Polishing Screen

Komponen	Masuk	Keluar	
	13	14	15
N	2850,8772	142,5439	2708,3333
P2O5	1315,7895	65,7895	1250,0000
K2O	5921,0526	296,0526	5625,0000
S	0,0000	0,0000	0,0000
H2O	438,5965	21,9298	416,6667
Mg	142,5439	7,1272	135,4167
B	877,1930	43,8596	833,3333
Filler	10296,0526	514,8026	9781,2500
<b>Total</b>	21842,1053	21842,1053	

Tabel IX. 8 Perhitungan Neraca Massa Regulator Conveyor

Komponen	Masuk	Keluar	
	15	17	16
N	2708,3333	1805,5556	902,7778
P2O5	1250,0000	833,3333	416,6667
K2O	5625,0000	3750,0000	1875,0000
S	0,0000	0,0000	0,0000
H2O	416,6667	277,7778	138,8889
Mg	135,4167	90,2778	45,1389
B	833,3333	555,5556	277,7778
Filler	9781,2500	6520,8333	3260,4167
<b>Total</b>	20750,0000	20750,0000	

Tabel IX. 9 Perhitungan Neraca Massa Coater

Komponen	Masuk		Keluar
	17	18	19
N	1805,5556		1805,5556
P2O5	833,3333		833,3333
K2O	3750,0000		3750,0000
S	0,0000		0,0000
H2O	277,7778		277,7778



Mg	90,2778		90,2778
B	555,5556		555,5556
Filler	6520,8333		6520,8333
Coating Powder		27,7778	27,7778
Coating Oil		27,7778	27,7778
<b>Total</b>	13888,8889		13888,8889

Tabel IX. 10 Perhitungan Neraca Massa Total Unit NPK Granulasi II

Neraca Massa Overall			
Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (Kg/Jam)	Komponen	Massa (Kg/Jam)
KCl	6250,0000	N	1805,5556
DAP	0,0000	P2O5	833,3333
Urea	3925,1208	K2O	3750,0000
ZA	0,0000	S	0,0000
Phospate rock	2604,1667	H2O	277,7778
Brusit	653,5948	B	90,2778
Boron	161,2103	Mg	555,5556
Clay	239,2408	Filler	6520,8333
Coating Powder	27,7778	Coating Powder	27,7778
Coating Oil	27,7778	Coating Oil	27,7778
H2O	503,5737	Outlet Dryer	
		H2O	503,5737
<b>Total</b>	14392,4626	<b>Total</b>	14392,4626

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 Kebomas dengan komposisi 13-6-27 + 4 Mg + 0,65 B diperlukan bahan baku yaitu KCl 6.250 kg/jam; Urea 3.486,2199 kg/jam; 961,4019 kg/jam; Phospate rock 2604,1667 kg/jam; Brusit 653,5948 kg/jam; Boron 161,2103 kg/jam; Clay 283,2602 kg/jam; Coating oil dan Coating powder masing – masing 27,7778 kg/jam. 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 4% dikeringkan menjadi 2%. Dimana sebanyak 566.5205 kg/jam air diuapkan. Pada cooler diasumsikan bahwa



udara hanya berkontak dengan produk saja sehingga hanya terjadi perubahan suhu. Oleh karena itu pada alat cooler tidak terjadi perubahan massa. Pada perhitungan neraca massa alat regulator conveyor, tabel IX.8, terjadi recycle dengan perbandingan granulator : coater sebesar 3:1. Hal ini bertujuan agar 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 maksimal. Pada coater terjadi penambahan coating oil dan coating powder. Hal ini bertujuan untuk melindungi produk dari kemungkinan scalling atau menggumpal akibat dari suhu penyimpanan.

### Neraca Panas Proses Produksi Pupuk NPK Granulasi

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

Tabel IX. 11 Perhitungan Neraca Panas Granulator

Panas Masuk		Panas Keluar	
Stream	kkal/jam	Stream	kkal/jam
Q produk in	32594,7992	Q produk out	230564,7500
Q steam	130679,9394	Q loss	12134,9868
Q recycle	79424,9981		
<b>Total</b>	<b>242699,7368</b>	<b>Total</b>	<b>242699,7368</b>

Tabel IX. 12 Perhitungan Neraca Panas Dryer

Panas Masuk		Panas Keluar	
Stream	kkal/jam	Stream	kkal/jam
Q solid in	661197,6475	Q solid out	731582,1702
Q udara in	82187752,5900	Q udara out	30596071,7300
		Q loss	51521296,34
<b>Total</b>	<b>82848950,2400</b>	<b>Total</b>	<b>82848950,2400</b>

Tabel IX. 13 Perhitungan Neraca Panas Cooler

Panas Masuk		Panas Keluar	
Stream	kkal/jam	Stream	kkal/jam
Q produk in	301936,6938	Q produk out	249097,7724



---

Q udara in	140783,8316	Q udara out	181341,4289
		Q loss	12281,32411
Total	442720,5254	Total	442720,5254

Berdasarkan perhitungan neraca panas yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa pada granulator diperoleh nilai Q loss sebesar 12134,98684 kkal/jam atau sekitar 5% dari panas total yang masuk pada granulator. Pada dryer diperoleh Q loss sebesar 51521296,34 kkal/jam atau sekitar 6% dari panas total yang masuk kedalam dryer. Sedangkan pada cooler diperoleh nilai Q loss sebesar 12281,32411 kkal/jam atau sekitar 2% dari panas total yang masuk kedalam 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.