

BAB IV

NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

4.1 Neraca Massa

Kapasitas produk per tahun = 100000 ton / tahun

Waktu operasi satu tahun = 330 hari

Kapasitas pabrik per jam = $100000 \times \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$
= 12626,26263 kg/jam

Kemurnian asam fosfat = 99,5%

Komposisi produk = Asam fosfat = 12626,2626 kg/jam

Air = 144,6627 kg/jam

Asam sulfat = 434,1568 kg/jam

Komposisi umpan =

1. Batuan fosfat

P₂O₅ 33% = 2613,1485 kg/jam

CaO 49,71% = 2324,4247 kg/jam

CO₂ 5% = 183,4367 kg/jam

SO₃ 1,40% = 93,4560 kg/jam

SiO₂ 4% = 200,3796 kg/jam

MgO 0,50% = 16,8011 kg/jam

F 3,60% = 57,0021 kg/jam

Cl 0,25% = 7,3895 kg/jam

Na₂O 0,04% = 2,0671 kg/jam

H₂O 2,50% = 37,5211 kg/jam

2. H₂SO₄

H₂SO₄ 98% = 21927,1145 kg/jam

Air 2% = 82,1523 kg/jam

$$\begin{aligned}
 \text{Umpan basis} &= 100 \quad \text{kgmol/jam} \\
 \text{Produk Basis} &= 5534,7736 \quad \text{kg/jam} \\
 \text{Produk Sebenarnya} &= 12626,2626 \quad \text{kg/jam} \\
 \text{Faktor koreksi} &= \frac{\text{produk sebenarnya}}{\text{produk basis}} \\
 &= \frac{12626,2626}{5534,7736} \\
 &= 2,28
 \end{aligned}$$

a. Neraca massa screening 1

Fungsi : menyeragamkan ukuran

Tabel 4 Neraca massa di sekitar screening 1

Komponen	Masuk (kg/jam)		keluar (kg/jam)
	Arus 15	Arus 16	Arus 1
CaF₂.3Ca₃(PO₄)₂	2743,806	130,657427	2613,14
CaO	2440,646	116,221236	2324,42472
CO₂	192,6086	9,17183859	183,436
SO₃	98,12883	4,67280162	93,456
SiO₂	210,3986	10,018983	200,379
MgO	17,6412	0,84005703	16,801
F	59,85225	2,85010715	57,002
Cl	7,759063	0,36947918	7,389
Na₂O	2,170524	0,10335828	2,067
H₂O	39,39722	1,87605789	37,521
Subtotal	5812,408	276,781345	5535,62
TOTAL	5812,408		5812,408

b. Neraca massa *mixer*

Fungsi : mencampur batuan fosfat dengan air

Tabel 5. Neraca massa di sekitar mixer

Komponen	Masuk (kg/jam)		keluar (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
CaF₂.3Ca₃(PO₄)₂	2613,145		2613,145
CaO	2324,424		2324,424
CO₂	183,436		183,436
SO₃	93,456		93,456
SiO₂	200,379		200,379
MgO	16,801		16,801
F	57,002		57,002
Cl	7,389		7,389
Na₂O	2,067		2,067
H₂O	37,521		37,521
H₂O pelarut		11071,253	11071,253
Subtotal	5535,626	11071,253	16606,880
TOTAL		16606,880	16606,880

c. Neraca massa *reaktor*

Fungsi : mereaksikan batuan fosfat dan asam sulfat menjadi asam fosfat

Tabel 6. Neraca massa di sekitar reaktor

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6
CaF₂.3Ca₃(PO₄)₂	2613,145			532,429
CaO	2324,424			2324,424
CO₂	183,436		183,436	
SO₃	93,456		93,456	

SiO₂	200,379			200,379
MgO	16,801			16,801
F	57,002		57,002	
Cl	7,389		7,389	
Na₂O	2,067			2,067
H₂O	37,521			
H₂O pelarut	11071,253			
H₂O keseluruhan				321,472
H₂SO₄		21927,114		438,542
H₂O (H₂SO₄)		82,125		
HF			876,807	
CaSO₄.2H₂O				20443,501
H₃PO₄				12882,626
Subtotal	16606,880	22009,239	1218,091	37162,245
TOTAL		38616,1206		38616,1206

d. Neraca massa *filter*

Fungsi : memisahkan produk asam fosfat cair dan slurry gypsum

Tabel 7. Neraca massa di sekitar filter

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	Arus 6		Arus 7	Arus 10
CaF₂.3Ca₃(PO₄)₂	532,429			128,826
CaO	2324,424			20443,501
SiO₂	200,379			532,429
MgO	16,801			4,385
Na₂O	2,067			16,801
H₂O	321,472		289,325	200,379
H₂SO₄	438,542		434,156	2324,424

CaSO₄.2H₂O	20443,501		2,067
H₃PO₄	12882,626	12753,800	32,147
Subtotal	37162,245	13477,283	23684,962
TOTAL	37162,245		37162,245

e. Neraca massa dryer

Fungsi : mengurangi kadar air pada produk gypsum

Tabel8. Neraca massa di sekitar dryer

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar(kg/jam)	
	Arus 10		Arus 11	Arus 12
CaF₂.3Ca₃(PO₄)₂	532,429			532,429
CaO	2324,424			2324,424
SiO₂	200,379			200,379
MgO	16,801			16,801
Na₂O	2,067			2,067
H₂O	321,472		28,932	3,214
H₂SO₄	438,542			438,542
CaSO₄.2H₂O	20443,501			20443,501
H₃PO₄	12882,626			12882,626
Subtotal	23684,962		28,932	23656,030
TOTAL	23684,9626			23684,9626

f. Neraca massa screening 2

Fungsi : menyeragamkan ukuran gypsum

Tabel 9. Neraca massa di sekitar screening 2

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar(kg/jam)	
	Arus 10		Arus 13	Arus 14
CaF₂.3Ca₃(PO₄)₂	532,429		505,807563	26,62145

Cao	2324,424	1,96380737	0,103358
SiO₂	200,379	2008,20349	116,2212
MgO	16,801	15,9610837	0,840057
Na₂O	2,067	3,05399215	0,160736
H₂O	321,472	3,05399215	125,7723
H₂SO₄	438,542	4,16615176	0,219271
CaSO₄.2H₂O	20443,501	19421,3269	1022,174
H₃PO₄	12882,626	122,384956	77,9947
Subtotal	23684,962	22285,9219	1370,108
TOTAL	23684,9626	23684,9626	

g. Neraca massa *evaporator*

Fungsi : memekatkan larutan asam fosfat

Tabel 10. Neraca massa di sekitar evaporator

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9
H₃PO₄	12753,800	127,538	12626,26
H₂SO₄	434,156		434,156
H₂O	289,325	144,622	144,622
Subtotal	13477,283	272,200	13205,283
TOTAL	13477,283	13477,283	

4.2 Neraca Panas

Basis perhitungan : 1 jam operasi

Kapasitas Panas bahan dipengaruhi suhu, $C_p=f(T)$ mengikuti persamaan:

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

$$\int C_p dT = A (T - 298) + B/2 (T^2 - 298^2) + C/3 (T^3 - 298^3) + D/4 (T^4 - 298^4)$$

Keterangan :

C_p = kapasitas panas(J/mol K)

Satuan Panas(energi) = kJ

Suhu referensi = $T_{ref} = 298$ K

Kapasitas Panas =(joule/mol K)

Tabel 11. Tabel kapasitas panas cairan

Komponen	A	B	C	D	E
CaF₂.3Ca₃(PO₄)₂	20,081	0,0135	-6,09E-06		
HF	29,085	0,000961	-4,47E-06	6,78E-09	
SiO₂	2,478	0,165	-9,68E-05		
MgO	10,461	0,112	-8,01E-05		
CO₂	27,437	0,0423	-1,96E-05	4E-09	-2,99E-13
H₂O	92,053	-0,04	-2,11E-04	5,35E-07	
H₂SO₄	26,004	0,703	-1,39E-03	1,03E-06	
Cl	37,173	0,073	-1,70E-02		
F	17,167	0,520	-6,09E-04		
Cao	10,2				
CaSO₄.2H₂O	40,8				
H₃PO₄	44,3				
Na₂O	16,4				

a. Neraca panas *mixer*

Fungsi : mencampur batuan fosfat dengan air

Tabel 12. Neraca panas di sekitar mixer

Komponen	Masuk (kj/jam)		Keluar
	Arus 1	Arus 2	(kj/jam) Arus 3
CaF₂.3Ca₃(PO₄)₂	3245,177		42701,361
CaO	2113,866		27480,270
CO₂	802,510		10684,223
SO₃	1229,883		17757,594
SiO₂	723,811		10079,432
MgO	76,605		1044,661
F	1775,733		23832,574
Cl	60,026		805,587
Na₂O	2,734		35,553
H₂O	786,873		3006944,824
H₂O pelarut		232180,419	
Beban pemanas	3061641,222		3151556,803
Q loss			153082,061
Sub total	242997,642		3151556,803
TOTAL	3304638,865		3304638,865

b. Neraca panas *heater*

Fungsi : memanaskan larutan asam sulfat sampai 90 °C

Tabel 13. Neraca panas di sekitar heater

Komponen	Q masuk	Q keluar
H₂SO₄	156865,134	2097581,25
H₂O	1722,289	22305,991
Sub total	158587,424	2119886,449

Q loss		103226,264
Beban pemanas	2064525,289	
TOTAL	2223112,714	2223112,714

c. Neraca panas *reaktor*

Fungsi : mereaksikan batuan fosfat dan asam sulfat menjadi asam fosfat

Tabel 14. Neraca panas di sekitar reaktor

Komponen	Masuk (kj/jam)		Keluar (kj/jam)	
	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6
CaF₂.3Ca₃(PO₄)₂	42701,361			8700,402
CaO	27480,270			27480,270
CO₂	10684,223		10684,223	
SO₃	17757,594		17757,594	
SiO₂	10079,432			9238,050
MgO	1044,661			1044,661
F	23832,574		23832,574	
Cl	805,587		806,01	
Na₂O	35,553			35,553
H₂O	10190,720	22305,199		87311,804
H₂O pelarut	3006944,824			
CaSO₄.2H₂O				581032,764
H₂SO₄		2097581,2		41951,625
H₃PO₄				378525,75
HF			82977,40	
Subtotal	3151556,80	2119886,4	136057,3	1135320,8
Panas reaksi			1360169,818	
Beban pendingin	2639895,15			

TOTAL	2631548,094	2631548,094
--------------	-------------	-------------

d. Neraca panas *evaporator*

Fungsi : memekatkan larutan asam fosfat

Tabel 16. Neraca panas di sekitar evaporator

Komponen	Masuk	Keluar (kj/jam)		
	(kj/jam)	Arus 7	Arus 8	Arus 9
H₂O	78580,623	2656,278	2656,278	
H₃PO₄	374740,499	4900,452	485144,815	
H₂SO₄	41532,108		54746,395	
Subtotal	494853,231	7557,330	542548,089	
Beban pemanas	58160			
Q loss		2908		
TOTAL	553013,43	553013,43		

e. Neraca panas *dryer*

Fungsi : mengurangi kadar air pada produk gypsum

Tabel 17. Neraca panas di sekitar dryer

Komponen	Masuk (kj/jam)		Keluar (kj/jam)		
	Arus 10	Arus udara	Arus 11	Arus 12	Arus udara
CaF₂.3Ca₃(PO₄)₂	661,204			11421,55	
CaO	2113,866			35935,73	
SiO₂	1973,036			13458,16	
MgO	76,605			1385,848	
Na₂O	2,734			46,492	
H₂O	32,602	226148,4	597,07	1142,993	178232,5

H₂SO₄	31,373			552,993	
CaSO₄.2H₂O	44694,82			759812,7	
H₃PO₄	291,713			4949,952	
Udara		3423969			2692460
Subtotal	49887,42	3650118	597,07	828705,8	2870692
TOTAL	369995,564			369995,564	
