

BAB IV

NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

4.1 Neraca Massa

Kapasitas produk per tahun = 100000 ton / tahun

Waktu operasi satu tahun = 330 hari

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas pabrik per jam} &= 100000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \\ &= 12.626,263 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Yield Magnesium Sulfat = 94,1%

Komposisi produk = MgSO₄·7H₂O = 11166,59 kg/jam

Air = 55,8386 kg/jam

Total = 11222,43 kg/jam

Komposisi umpan = 1 MgCO₃

MgCO₃ 98,8% = 8330,8160 kg/jam

CaO = 49,9849 kg/jam

SiO₂ = 49,9849 kg/jam

2. H₂SO₄

H₂SO₄ 98% = 9689,6519 kg/jam

Air = 193,7930 kg/jam

Umpan basis = 100 kgmol/jam

Produk Basis = 11222,4327 kg/jam

Produk Sebenarnya = 8881,6671 kg/jam

$$\text{Faktor koreksi} = \frac{\text{produk sebenarnya}}{\text{produk basis}} = \frac{8881,6671}{11222,4327} = 0,8888$$

MIXER - 120

Fungsi = Mengencerkan H_2SO_4 98% menjadi H_2SO_4 45%

Tabel 4.1.1 Neraca Massa disekitar Mixer-120

No	Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
		Arus 3	Arus 4	Arus 5
1	$H_2SO_{4(l)}$	9689,6519	0	9689,6519
2	$H_2O_{(l)}$	193,7930	6028,7335	6222,5266
Total		15912,1785		15912,1785

REAKTOR – 210

Fungsi = Mereaksikan $MgCO_3$ dan H_2SO_4 menjadi $MgSO_4$

Tabel 4.1.2 Neraca Massa disekitar Reaktor-210

No	Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
		Arus 2	Arus 5	Arus 6	Arus 7
1	$MgCO_{2(s)}$	8330,8160	0	491,5181	0
2	$CaO_{(s)}$	49,9849	0	49,9849	0
3	$SiO_{2(s)}$	49,9849	0	49,984896	0
7	$H_2SO_{2(l)}$	0	9689,6519	571,6895	0
8	$H_2O_{(l)}$	0	6222,5266	7897,4141	0
9	$MgSO_{4(l)}$	0	0	11190,52331	0
10	$CO_{2(g)}$	0	0	0	4091,849444
Total		24342,9643		24342,9643	

BAK PENGUAP - 310

Fungsi = Menguapkan Air keluaran reaktor dan mengendapkan slurry

Tabel 4.1.3 Neraca Massa sekitar Bak penguap 310

No	Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)		
		Arus 6	Arus 8	Arus 9	Arus 10
1	MgCO _{3(l)}	491,5181	491,518144	0	0
2	CaO _(s)	49,9849	0	0	49,9849
3	SiO _{2(s)}	49,9849	0	0	49,9849
7	H ₂ SO _{4(l)}	571,6895	571,6894633	0	0
8	H ₂ O _(l)	7897,4141	6284,0517	1610,6032	2,7592
9	MgSO _{4(l)}	11190,5233	11183,2855	0	7,2378
Total		20251,1148	20251,1148		

KRISTALIZER-330

Fungsi = Mengkristalkan MgSO₄ menjadi MgSO₄.7H₂O

Tabel 4.1.4 Neraca Massa sekitar Kristallizer

No	Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
		Arus 8	Arus 11	Arus 12
1	MgSO _{4(l)}	11183,2855	0	15,5746
2	H ₂ SO _{4(l)}	571,6895	0	571,6895
3	H ₂ O _(l)	6284,0517	1116,7711	5167,2806
4	MgSO ₄ .7H ₂ O _(s)	0	11167,7109	0
5	MgCO _{3(l)}	491,518144	0	491,5181
Total		18530,5448	18530,5448	

ROTARY DRYER-350

Fungsi = Mengeringkan kristal $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

Tabel 4.1.5 Neraca Massa sekitar Rotary dryer

No	Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
		arus 11		arus 13	arus 14
1	$H_2O_{(l)}$	1116,7711		1060,9325	55,8386
2	$MgSO_4 \cdot 7H_2O_{(s)}$	11167,7109		111,6771	11056,0338
Total		12284,4820		12284,4820	

CYCLONE-353

Fungsi = Memisahkan debu dengan produk $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

Tabel 4.1.6 Neraca Massa sekitar Cyclone

No	Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
		Arus 13		Arus 15	Arus 16
1	$H_2O_{(g)}$	1060,9325		1060,9325	0
2	$MgSO_4 \cdot 7H_2O_{(s)}$	111,6771		1,1168	110,5603
Total		1172,6096		1172,6096	

COOLING CONVEYOR-411

Fungsi = Mendinginkan produk $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

Tabel 4.1.7 Neraca Massa sekitar Cooling Conveyor

No	Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
		Arus 14	Arus 16	Arus 17
1	$H_2O_{(l)}$	55,8386	0	55,8386
2	$MgSO_4 \cdot 7H_2O_{(s)}$	11056,0338	110,5603	11166,5942
Total		11222,4327		11222,4327

BALL MILL DAN SCREEN-410

Fungsi = Mengecilkan ukuran produk $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ menjadi 100 mesh

Tabel 4.1.8 Neraca Massa sekitar ballmill

No	Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
		Arus 17	Arus 19	Arus 18
1	$H_2O_{(l)}$	55,8386	2,7919	58,6305
2	$MgSO_4 \cdot 7H_2O_{(s)}$	11166,5942	558,3297	11724,9239
Total		11783,5544		11783,5544

Tabel 4.1.9 Neraca Massa sekitar screen

No	Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
		Arus 18	Arus 19	Arus 20
1	$H_2O_{(l)}$	58,6305	2,7919	55,8386
2	$MgSO_4 \cdot 7H_2O_{(s)}$	11724,9239	558,3297	11166,5942
Total		11783,5544	11783,5544	

4.2 Neraca panas

Basis perhitungan : 2 jam operasi

Suhu referensi : 298 K

Satuan Panas (energi) : kJ

Satuan Cp : kJ/mol.K

Tekanan : 1 atm

Data-data konstanta kapasitas panas masing-masing komponen dalam berbagai wujud:

Kapasitas panas padatan

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

$$C_p = A + BT + C/T^2 \dots\dots\dots(4-1)$$

Dalam bentuk integral:

$$\int Cp dT = A(T - 298) + \frac{B}{2}(T^2 - 298^2) + \frac{C}{3 \times (T^3 - 298^3)} \dots \dots \dots (4-2)$$

Keterangan:

Cp = Kapasitas panas (kJ/kmol K)

A,B,C = Koefisien regresi komponen

Tabel 4.2.1 Konstanta kapasitas panas padatan masing-masing komponen

Komponen	A	B	C
MgSO ₄	26,7	-	-
MgCO ₃	16,9	-	-
CaO	10	0,00484	-108000
SiO ₂	10,87	0,008712	-241200
MgSO ₄ .7H ₂ O	89	-	-

(Perry & Green, 1997)

a) Kapasitas panas cairan

Kapasitas panas bahan dipengaruhi suhu, Cp = f(T) mengikuti persamaan:

$$Cp = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4 \dots \dots \dots (4-3)$$

Dalam bentuk integral:

$$\int Cp dT = A(T - 298) + \frac{B}{2}(T^2 - 298^2) + \frac{C}{3}(T^3 - 298^3) + \frac{D}{4}(T^4 - 298^4) + \frac{E}{5}(T^5 - 298^5) \dots \dots \dots (4-4)$$

Keterangan:

Cp = Kapasitas panas (kJ/kmol K)

A,B,C,D,E = Koefisien regresi komponen

Tabel 4.2.2 Konstanta kapasitas panas cairan masing-masing komponen

komponen	A	B	C	D
H ₂ SO ₄	26,004	7,03E-01	-1,39E-03	1,03E-06
H ₂ O	92,053	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07

Kapasitas panas gas

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

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

Keterangan:

C_p = Kapasitas panas (kJ/kmol K)

A,B,C,D,E = Koefisien regresi komponen

Tabel 4.2.3 Konstanta kapasitas panas gas masing-masing komponen

Komponen	A	B	C	D	E
H ₂ O	33,933	-0,0084186	0,000029906	-1,7825E-08	3,6934E-12
H ₂ SO ₄	9,486	0,33795	-0,0003808	2,1308E-07	-4,6878E-11
CO ₂	27,437	0,042315	-0,000019555	3,9968E-09	-2,9872E-13
N ₂	29,414	-0,0046	0,000013004	-5,4759E-09	2,9239E-13
O ₂	29,526	-0,0088999	0,000038083	-3,2629E-08	8,8607E-12

(Yaws, 1999)

MIXER- 120

Fungsi = Mengencerkan H₂SO₄ 98% menjadi H₂SO₄ 45%

Tabel 4.2.4 Neraca Panas disekitar Mixer-120

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)
	Q2	Q3	Q4
H ₂ SO _{4(l)}	57971,4526	0	64962,8190
H ₂ O _(l)	3609,3704	16044,5	19937,3491
Panas Pelarutan	6274,8952	0	0
Total	83900,1682		83900,1682

REAKTOR -210

Fungsi = Mereaksikan H₂SO₄ dengan MgCO₃ menjadi MgSO₄

Tabel 4.2.6 Neraca Panas sekitar Reaktor-210

Komponen	Input (kJ/jam)				Output (kJ/jam)	
	Q2	Q5	Q12	Q reaksi	Q lepas	Q6
MgCO _{3(s)}	29326,805	0	16548,9200	0	0	27581,5333
CaO _(s)	179,2352	0	0	0	0	2729,5517
SiO _{2(s)}	196,9873	0	0	0	0	3024,2615
H ₂ SO _{4(l)}	0	68962,819	33360,5187	0	0	56311,3555
H ₂ O _(l)	0	14937,349	862999,648	0	0	2198726,2870
MgSO _{4(l)}	0	0	580,35997	0	0	695960,4978

Komponen	Q2	Q5	Q12	Q reaksi	Q lepas	Q6
CO _{2(g)}	0	0	0	0	0	245251,5571
Sub Total	29703,028	708311,11	913489,45	9756379,89	9756379,89	3229585,0439
Total	11407883,4715				11407883,4715	

BAK PENGUAP-310

Fungsi = Menguapkan air keluaran reaktor dan mengendapkan slurry

Tabel 4.2.7 Neraca Panas sekitar Bak Penguap

komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)		
	Q7	Q8	Q9	Q loss	Q10
MgCO _{3(l)}	27581,53335	22866,92991	0	0	0
CaO _(s)	2900,692582	0	0	0	2077,4169
SiO _{2(s)}	3213,880429	0	0	0	2012,5945
H ₂ SO _{4(l)}	56311,35547	46441,71136	0	0	0
H ₂ O _(l)	2198726,287	1521584,888	449202,8383	0	668,3825
MgSO _{4(l)}	695960,4978	592655,7567	0	0	383,2806
sub total	2984694,247	2183549,286	449202,8383	747672,2629	5141,6745
Total	2984694,247		2984694,247		

KRISTALIZER-330

Fungsi = Mengkristalkan $MgSO_4$ menjadi $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

Tabel 4.2.9 Neraca Panas sekitar Kristallizer-330

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)	
	Q8	Qkristal	Q lepas	Q11	Q12
$H_2SO_{4(l)}$	18360,68	0	0	0	7209,439
$H_2O_{(l)}$	480069,53	0	0	41699,23	151242,38
$MgSO_{4(l)}$	231514,57	0	0	0	128,97
$MgSO_4 \cdot 7H_2O_{(s)}$	0	0	0	150540,50	0
$MgCO_{3(l)}$	10343,92	537886,27	923217	0	4137,57
Total	1278174,97			1278174,97	

ROTARY DRYER-350

Fungsi = Mengeringkan kristal $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

Tabel 4.2.12 Neraca Panas sekitar Rotary dryer

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)	
	Q11	Q17	Q13	Q14
$H_2O_{(l)}$	41699,228	362386,72	597215,69	1554,61
$MgSO_4 \cdot 7H_2O_{(s)}$	150540,50	0	11290,5374	1117763,20
Udara _(g)	0	5491374,99	4318177,404	0
Total	6046001,442		6046001,442	

CYCLONE

Fungsi = Memisahkan debu dengan produk

Tabel 4.2.13 Neraca Panas sekitar cyclone

No	Komponen	Input (kJ/jam)			Output (kJ/jam)	
		Q13	Q15	Q16	Q15	Q16
1	H ₂ O _(g)	309366,6550	309366,65	0		
2	MgSO ₄ .7H ₂ O _(s)	11290,5374	112,91	11177,632		
3	Udara _(g)	431817,404	431817,404	0		
Sub Total		463883,5966	4627657,0	11177,632		
Total		463883,5966	463883,5966			

COOLING CONVEYOR-411

Fungsi = Mendinginkan produk

Tabel 4.2.14 Neraca Panas sekitar cooling conveyor

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)	
	Q19	Q21	Q lepas	Q22
H ₂ O _(l)	1554,61	0		103,999
MgSO ₄ .7H ₂ O _(s)	1117763,20	11177,6320		75262,722
			1055128,72	
Total	1130495,4394		1130495,4394	

BALL MILL-410

Fungsi = Mengecilkan ukuran produk menjadi 100 mesh

Tabel 4.2.15 Neraca Panas sekitar ball mill

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)
	Q16	Q17	Q18
H ₂ O _(l)	103,9986	5,1999	109,1985
MgSO ₄ .7H ₂ O _(s)	75262,7222	3763,1361	79025,8583
Sub Total	75366,7208	3768,3360	79135,05684
Total	79135,0568		79135,05684

SCREEN

Fungsi = memisahkan produk yang sesuai ukuran dan yang tidak sesuai

Tabel 4.2.16 Neraca Panas sekitar Screen

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)	
	Q17	Q18	Q19
H ₂ O _(l)	109,1985	5,1999	103,9986
MgSO ₄ .7H ₂ O _(s)	79025,8583	3763,1361	75262,72
Sub Total	79135,0568	3768,3360	75366,72
Total	79135,0568	79135,0568	