

## BAB IV

### NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

#### a. Neraca Massa

Kapasitas produk per tahun = 45000 ton / tahun

Waktu operasi satu tahun = 330 hari

Kapasitas pabrik per jam =  $45000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$   
 = 5681,8182 kg/jam

Kemurnian sodium nitrat = 99,5%

Komposisi produk = Natrium Nitrat = 5681,8182 kg/jam

Ca = 0,0173 kg/jam

H<sub>2</sub>O = 28,1640 kg/jam

Mg = 0,0070 kg/jam

Total = 5710,0065 kg/jam

Komposisi umpan = 1.HNO<sub>3</sub> (aq)

HNO<sub>3</sub> 60% = 5763,8871 kg/jam

Air 39,99% = 1097,87 kg/jam

NO<sub>2</sub> 0,01% = 0,46 kg/jam

2. NaCl (s)

NaCl 98% = 3906,63 kg/jam

H<sub>2</sub>O 2% = 25,85 kg/jam

Ca = 0,0173 kg/jam

Mg = 0,0070 kg/jam

Umpan basis = 100 kgmol/jam

Produk Basis = 2988,1015 kg/jam

Produk Sebenarnya= 5681,8181 kg/jam

$$\begin{aligned}\text{Faktor koreksi} &= \frac{\text{produk sebenarnya}}{\text{produk basis}} \\ &= \frac{5681,8181}{2307,1083} = 1,9015\end{aligned}$$

### MIXER - 120

Fungsi = Melarutkan NaCl dengan air dari recycle dan make up water

Tabel 4.1.1 Neraca Massa disekitar Mixer-120 adalah :

Nm Mixer	Input			Output
Komponen	arus 1	arus 3	arus 4	arus 5
	massa(kg/jam)			massa(kg/jam)
NaCl	3906,6260	0	205,6119	4112,2379
H <sub>2</sub> O	25,8460	447,1880	3636,4467	4109,4807
Ca	0,0173	0	0	0,0173
Mg	0,0070	0	0	0,0070
Nano <sub>3</sub>	0	0	1248,8807	1248,8807
Subtotal	3932,4963	447,1880	5090,9392	9470,6235
Total		9470,6235		9470,6235

### REAKTOR – 210

Fungsi = Mereaksikan NaCl dan HNO<sub>3</sub> menjadi NaNO<sub>3</sub>

Tabel 4.1.2 Neraca Massa disekitar Reaktor-210 adalah :

NM reaktor 1	input				Output	
komponen	arus 4	arus 2	arus 19	arus 21	arus 5	arus 20
	massa(kg/jam)				massa(kg/jam)	
NaCl	4112,2378	0	0,0000	0	411,2238	0
Nano <sub>3</sub>	1248,8806	0	0	0	6631,6558	0
Hno <sub>3</sub>	0	5617,5730	146,3141	0	443,3759	0
H <sub>2</sub> O	4109,4807	409,1276	23,3666	665,3757	5967,6047	0
Ca	0,0172	0	0	0	0,0173	0
Mg	0,0069	0	0	0	0,0069	0
NO <sub>2</sub>	0	0	0,4574	0	0,4575	0
NOCl	0	0	0	0	0	1381,8386
Cl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	1496,6576
subtotal	9470,6234	6026,7006	170,1381	665,3757	13454,3419	2878,4961
total		16332,8380			16332,8380	

### REAKTOR – 220

Fungsi = Mereaksikan NaCl dan HNO<sub>3</sub> menjadi NaNO<sub>3</sub>

Tabel 4.1. 3 Neraca Massa disekitar Reaktor-220 adalah :

NM reaktor 2 Komponen	Input		Output
	arus 6	arus 7	arus 16
	massa(kg/jam)		massa(kg/jam)
NaCl	411,2238	205,6119	0
Nano3	6631,6558	6930,6989	0
Hno3	443,3759	147,7920	0
H2O	5967,6047	6009,8410	0
Ca	0,0173	0,0173	0
Mg	0,0070	0,0070	0
NO2	0,4575	0,4575	0
NOCL	0	0	76,7688
CL2	0	0	83,1476
Subtotal	13454,3419	13294,4254	159,9165
Total	13454,3419		13454,3419

### EVAPORATOR - 310

Tugas = Menguapkan HNO<sub>3</sub>, Air dan NO<sub>2</sub>

Tabel 4.1.4 Neraca Massa sekitar Evaporator 310

NM evap 1 Komponen	Input		Output
	arus 7	arus 8	arus 17
	massa(kg/jam)		massa(kg/jam)
NaCl	205,6119	205,6119	0
Nano3	6930,6989	6930,6989	0
Hno3	147,7920	0	147,7920
H2O	6009,8410	3673,1785	2336,6625
Ca	0,0173	0,0173	0
Mg	0,0070	0,0070	0
NO2	0,4575	0	0,4575
Subtotal	13294,4254	10809,5135	2484,9120
Total	13294,4254		13294,4254

### DISTILASI-610

Fungsi : memisahkan  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$

Tabel 4.1. 5 Neraca Massa sekitar Distilasi-610

komponen	INPUT	OUTPUT	
	Arus 18 massa(kg/jam)	Arus 19 massa(kg/jam)	Arus 20
Hno3	147,7920	146,31	1,48
H2O	2336,6625	23,37	2313,29
No2	0,4575	0,4575	0,0000
Subtotal	2484,9120	170,14	2314,77
Total	2484,9120	2484,9120	

### KRISTALIZER - 320

Tugas = Mengkristalkan Sodium Nitrat

Tabel 4.1.5 Neraca Massa sekitar Kristalizer 320

Nm crys 1	Input	Output
Komponen	arus 8 massa(kg/jam)	arus 9 massa(kg/jam)
NaCl(l)	205,6119	205,6119
NaCl(s)	0	0
Nano3(l)	6930,6989	1248,8807
Nano3(s)	0	5681,8182
H2O	3673,1785	3673,1785
Ca	0,0173	0,0173
Mg	0,0070	0,0070
Subtotal	10809,5135	10809,5135
Total	10809,5135	10809,5135

### CENTRIFUGE -330

Fungsi = Memisahkan padatan dengan *mother liquor*

Tabel 4.1. 6 Neraca massa sekitar Centrifuge 330

Nm Centrifuge 1 Komponen	Input		Output
	arus 9 massa(kg/jam)	arus 10 massa(kg/jam)	arus 4 massa(kg/jam)
NaCl(l)	205,6119	0	205,6119
NaCl(s)	0	0	0
Nano3(l)	1248,8807	0	1248,8807
Nano3(s)	5681,8182	5681,8182	0
H2O	3673,1785	36,7318	3636,4467
Ca	0,0173	0,0173	0
Mg	0,0070	0,0070	0
Subtotal	10809,5135	5718,5742	5090,9392
Total	10809,5135		10809,5135

### ROTARY DRYER – 420

Fungsi = Mengeringkan padatan dengan udara panas

Tabel 4.1.7 Neraca Massa sekitar Rotary Dryer 420

NM RD Komponen	Input	Output	
	Arus 10 massa(kg/jam)	Arus 12 massa(kg/jam)	Arus 11 massa(kg/jam)
Nacl	0	0	0
Nano3(s)	5681,8182	56,8182	5625
H2O	36,7318	8,1923	28,1640
Ca	0,0173	0	0,0173
Mg	0,0070	0	0,0070
Subtotal	5718,5742	65,0105	5653,1883
Total	5718,5742		5718,5742

### CYCLONE – 511

Fungsi = Menangkap padatan yang terbawa keluar oleh udara panas

Tabel 4.1.8 Neraca Massa sekitar Cyclone 511

NM cyc Komponen	Input		Output
	arus 12	arus 14	arus 13
	massa(kg/jam)		massa(kg/jam)
Nacl	0	0	0
H2O	8,1923	8,1923	0
Nano3(s)	56,8182	0	56,8182
Subtotal	65,0105	8,1923	56,8182
Total	65,0105		65,0105

### COOLING CONVEYOR (J-512)

Fungsi = Mendinginkan sebelum masuk ke silo penyimpanan

Tabel 4.1.9 Neraca Massa sekitar Cooling Conveyor J-512

Nm CC Komponen	Input		Output
	Arus 12	arus 13	Arus 15
	massa(kg/jam)		massa(kg/jam)
Nacl	0	0	0
Nano3(s)	5625	56,8182	5681,8182
H2O	28,1640	0	28,1640
Ca	0,0173	0	0,0173
Mg	0,0070	0	0,0070
Subtotal	5653,1883	56,81818182	5710,0065
Total	5710,0065		5709,7404

## 4.2. Neraca Panas

Basis perhitungan : 1 jam operasi

Suhu referensi : 298 K

Satuan Panas (energi) : KJ

Satuan Cp : J/mol K

Tekanan : atm

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

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

Dalam bentuk integral:

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

Keterangan:

$C_p$  = Kapasitas panas (J/kmol K)

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

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

**Tabel 4.2.1 Konstanta Kapasitas Panas**

Komponen	A	B	C	D	E
NaCl (s)	41,293	0,0336	-0,0000139		
NaCl (l)	95,016	-0,031081	9,6769E-07	5,5116E-09	
HNO3 (l)	214,478	-0,76762	0,001497	-3,028E-07	
HNO3 (g)	19,755	0,12415	-0,0000611	-1,2343E-08	1,1106E-11
NaNO3 (s)	53,756	0,0251	0,00001334		
NaNO3 (l)	124,856	-0,005214	-0,00000128	2,31E-08	
H2O (l)	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,3269E-07	
H2O (g)	33,933	-0,0084816	-0,000029906	-0,00017825	3,6934E-12
Ca (l)	57,358	-0,036594	0,000017589	-2,1846E-09	
Mg (l)	71,613	-0,062494	0,000016395	6,8222E-09	
NO2 (g)	32,791	-0,00074294	0,000081722	-8,2872E-08	2,4424E-11



### MIXER – 120

Fungsi = Melarutkan NaCl dengan penambahan *mother liquor* dan *make up water*

Tabel 4.2.1 Neraca Panas sekitar Mixer 120

KOMPONEN	Q masuk, kJ/jam			Q keluar, kJ/jam
	Arus 1	Arus 3	Arus 4	Arus 5
NaCl	931227,9756	0	27396,5533	1070,4491
NaNO <sub>3</sub>	0	0	37647,3999	321,8493
H <sub>2</sub> O	36214,6352	626585,1563	25235,0219	3048,5233
Ca	6,8339	0	0	0,0040
Mg	1,9846	0	0	0,0030
<b>Subtotal</b>	<b>967451,4293</b>	<b>626585,1563</b>	<b>90278,9751</b>	<b>4440,8281</b>
Subtotal		1684315,5606		4440,8281
		Panas yang dikeluarkan		1679874,7326
<b>TOTAL</b>		<b>1684315,5606</b>		<b>1684315,5606</b>

### HEATER-222

Fungsi = menaikkan suhu HNO<sub>3</sub> dari 30°C sampai 60°C

Tabel 4.2.2 Neraca Panas sekitar HEATER-222

Komponen	Qmasuk	Q keluar
HNO <sub>3</sub>	50660,9282	358312,879
H <sub>2</sub> O	22994,5924	160441,3074
NO	10,8535	77,7060
Sub Total	73666,3741	518831,8924
Q loss		23429,7641
Beban Pemanas	468595,2824	
Total	542261,6565	542261,6565

### HEATER-221

Fungsi = menaikkan suhu bahan dari mixer dari 25°C sampai 60°C

Tabel 4.2.3 Neraca Panas sekitar HEATER-221

Komponen	Qmasuk	Q keluar
NaCl	1070,4491	210476,8131
NaNO <sub>3</sub>	321,8493	63661,8298
Ca	0,0037	0,7159
Mg	0,0028	0,5401
H <sub>2</sub> O	3048,5233	600554,1993
Sub Total	4896,1094	874694,0983
Q loss		45802,8037
Beban Pemanas	916056,0740	
Total	920496,9020	927607,7951

### REAKTOR – 210

Fungsi = Mereaksikan NaCl dengan HNO<sub>3</sub> agar maenjadi NaNO<sub>3</sub>

Tabel 4.2.4 Neraca Panas sekitar Reaktor 210

Komponen	Q Masuk (Kj/Jam)		Q Keluar (Kj/jam)	
	Arus 5	Arus 2	Arus 6	Arus 16
NaCl	210476,813	0	21047,6813	
HNO <sub>3</sub>	0	358312,8790	27562,5292	
NaNO <sub>3</sub>	63661,8297	0	338049,3837	
Ca	0,7160	0	0,7160	
Mg	0,5401	0	0,5401	
NO <sub>2</sub>	0	77,7060	77,7060	
Cl <sub>2</sub>	0	0	0,0000	57714,11084
NOCl	0	0	0,0000	69577,6751
H <sub>2</sub> O	3048,5233	160441,3074	872098,0336	
Panas Reaksi			1496293,054	
P.pre heater	1384651,3560			
B. pendingin	701749,7584			
Sub Total	277188,4223	518831,8924	1386128,3760	127291,7860
Total	2882421,4290		2882421,4290	

REAKTOR – 220

Fungsi = Mereaksikan NaCl dengan HNO<sub>3</sub> agar maenjadi NaNO<sub>3</sub>

Tabel 4.2.5 Neraca Panas sekitar Reaktor 220

Komponen	Q masuk(kj/jam)			Q keluar(kj/jam)		
	Arus 6			Arus 7		Arus 17
NaCl	21047,6813			10523,8407		0
HNO <sub>3</sub>	27562,5292			9187,5097		0
NaNO <sub>3</sub>	338049,3837			353293,1367		0
Ca	0,7160			0,7160		0
Mg	0,5401			0,5401		0
NO <sub>2</sub>	77,7060			77,7060		0
Cl <sub>2</sub>	0,0000			0		3206,3395
NOCl	0,0000			0		3865,4264
H <sub>2</sub> O	872098,0336			878270,3962		0
Panas Reaksi				84811,6709		
Pemanas untuk pre heater						
Beban pendingin	84400,6923					
Sub Total	1258836,59			1251353,85		7071,77
Total	1343237,28			1343237,28		

### EVAPORATOR - 310

Tugas = Menguapkan  $\text{HNO}_3$ , Air dan  $\text{NO}_2$

Tabel 4.2.6 Neraca Panas sekitar Evaporator 310

Komponen	Q Masuk (Kj/Jam)		Q Keluar (Kj/jam)	
	Arus 7		Arus 18	Arus 8
$\text{HNO}_3$	9187,5097		20154,5861	0
NaCl	10523,8407		0	22400,3052
$\text{NaNO}_3$	353293,1367		0	757266,3079
Ca	0,7160		0	1,5178
Mg	0,5401		0	1,1361
$\text{NO}_2$	77,7060		170,1506	0
$\text{H}_2\text{O}$	878270,3962		736681,6442	1149738,5250
<b>Sub total</b>	<b>1251353,8450</b>		<b>736681,6442</b>	<b>1929407,7920</b>
beban pemanas	1489195,3590			
Q loss			74459,7679	
total	2740549,2040		2740549,2040	

### DISTILASI -610

Tugas = Memisahkan  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$

Tabel 4.2.7 Neraca Panas sekitar Distilasi 610

Komponen	masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)	
		atas	bawah
Hno3	112928,1069	114574,8	2477,67
$\text{H}_2\text{O}$	3800086,101	77175,64	4016847
$\text{No}_2$	134,3741394	127,6328	
subtotal	3913148,582	4211202,569	
Qkondesor		3529392,49	
Qreboiler	3827446,476		
total	7740595,058	7740595,058	

### KONDESOR - 312

Tugas = Mengkondensasikan  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  untuk di distilasi

Tabel 4.2.7 Neraca Panas sekitar Kondesor 312

Komponen	Q, masuk	Q, keluar
$\text{HNO}_3$	20154,5861	14588,3296
$\text{NO}_2$	170,1506	123,4745
$\text{H}_2\text{O}$	731396,7938	693765,6175
Subtotal	751721,5304	708477,4217
Beban Pendingin		43244,1088
Total	751721,5304	751721,5304

### COOLER E-321

Fungsi = Menurunkan suhu larutan dari evaporator  $100^\circ\text{C}$  sampai  $30^\circ\text{C}$

Tabel 4.2.8 Neraca Panas sekitar E-322

Komponen	Q masuk	Q keluar
$\text{NaCl}$	9327,3898	1511,0234
$\text{HNO}_3$	0	0
$\text{NaNO}_3$	312911,3513	50466,0679
Ca	0,6349	0,1031
Mg	0,4793	0,0782
$\text{NO}_2$	0	0
$\text{H}_2\text{O}$	475587,1136	76933,7343
Sub Total	797826,9688	128911,0069
Beban pendingin		668915,9619
Total	797826,9688	797826,9688

COOLER E-322

Fungsi = Menurunkan suhu larutan dari distilat 90°C sampai 30°C

Tabel 4.2.9 Neraca Panas sekitar E-614

<b>Komponen</b>	<b>Q masuk (kj/jam)</b>	<b>Q keluar (kj/jam)</b>
Hno3	114574,7706	98846,7240
H2O	77175,6429	65481,0997
No2	127,6328	104,4487
Subtotal	191878,0463	164432,2725
beban pendingin		27445,7738
Total	191878,0463	191878,0463

COOLER E-321

Fungsi = Menurunkan suhu larutan dari bottom 114,5°C sampai 30°C

Tabel 4.2.10 Neraca Panas sekitar E-615

<b>Komponen</b>	<b>Q masuk (kj/jam)</b>	<b>Q keluar (kj/jam)</b>
Hno3	2477,6696	2223,3048
H2O	4016846,8530	3581097,4
No2	0	0
Subtotal	4019324,5220	3583320,7050
beban pendingin		436003,8174
Total	4019324,5220	4019324,5220

### KRISTALIZER H-320

Fungsi = Mengkristalkan sodium nitrat

Tabel 4.2.11 Neraca Panas sekitar H-320

Komponen	Q masuk	Q keluar
NaCl (l)	1511,0234	-1513,5767
NaNO <sub>3</sub> (l)	50466,0679	-9093,6905
NaCl (s)	0	0
NaNO <sub>3</sub> (s)	0	-20834,0723
Ca	0,1031	-0,0508
Mg	0,0782	-0,0357
H <sub>2</sub> O	76933,7343	-76284,1595
panas kristalisasi	-1413158,6124	
Sub Total	-1284247,6050	-107725,5855
Beban pendingin		-1176522,02
Total	-1284247,6050	-1284247,6050

### CENTRIFUGE -330

Fungsi = Memisahkan padatan dengan *mother liquor*

Tabel 4.2.12 Neraca Panas sekitar CF- 330

Komponen	Q Masuk (Kj/Jam)		Q Keluar (Kj/jam)	
	Arus 9	Arus 10	Arus 4	
NaCl (l)	1511,0234	0	1511,0234	
NaNO <sub>3</sub> (l)	9093,7578	0	9093,7578	
NaCl (s)	0	0	0	
NaNO <sub>3</sub> (s)	20889,3041	20889,3041	0	
Ca	0,1031	0,1031	0	
Mg	0,0782	0,0782	0	
H <sub>2</sub> O	76933,7343	76933,7343	76164,3969	
<b>Sub total</b>	<b>108428,0010</b>	<b>21658,8229</b>	<b>86769,17816</b>	
total	108428,0010	108428,0010		

### ROTARY DRYER – 420

Fungsi = Memisahkan padatan dengan *mother liquor*

Tabel 4.2.13 Neraca Panas sekitar Rotary Dryer 420

Komponen	Q Masuk (Kj/Jam)		Q Keluar (Kj/jam)	
	Arus 10		Arus 12	Arus 11
NaCl	0		0	0
NaNO <sub>3</sub>	20889,3041		3192,6373	146200,7739
Ca	0,0504		0	0,3416
Mg	0,0358		0	0,2527
H <sub>2</sub> O	761,4733		2564,2579	4123,5855
Udara		602364,6907	467933,7053	0
<b>Sub total</b>	<b>21650,8635</b>	<b>602364,6907</b>	<b>473690,6006</b>	<b>150324,9537</b>
total		624015,5543		624015,5543

### CYCLONE – 511

Fungsi = Menjerap produk yang keluar proses karena terkena udara panas keluar

Tabel 4.2.14 Neraca Panas sekitar Cyclone 511

Komponen	Q Masuk (Kj/Jam)		Q Keluar (Kj/jam)	
	Arus 12		Arus 14	Arus 13
NaCl	0		0	0
NaNO <sub>3</sub>	3192,6373		0	3192,6373
H <sub>2</sub> O	2564,2579		2564,2579	0
<b>Sub total</b>	<b>5756,8953</b>		<b>2564,2579</b>	<b>3192,6373</b>
total	5756,8953		5756,8953	



### HEATER UDARA – 424

Fungsi = Menjerap produk yang keluar proses karena terkena udara panas keluar

Tabel 4.2.15 Neraca Panas sekitar heater udara 424

Komponen	Q Masuk (Kj/Jam)	Q Keluar (Kj/jam)
Udara	6214,3822	595065,7434
uap air	2462,0762	46655,8764
Steam	666363,3278	0
Q loss	0	33318,1664
<b>Total</b>	<b>675039,7862</b>	<b>675039,7862</b>

### COOLING CONVEYOR J – 512

Fungsi = Mendinginkan produk keluar dari Rotary Dryer dan Cyclone

Tabel 4.2.16 Neraca Panas sekitar J-512

Komponen	Q Masuk (Kj/Jam)		Q Keluar (Kj/jam)
	Arus 13	Arus 11	Arus PRODUK
NaCl	0	0	0
NaNO <sub>3</sub>	3192,6373	146200,7739	20889,3041
Ca	0	0,3416	0,0504
Mg	0	0,2527	0,0358
H <sub>2</sub> O	0	4123,5855	589,8882
Q LEPAS			132038,3125
<b>Sub total</b>	<b>3192,6373</b>	<b>150219,0014</b>	<b>153517,5910</b>
total	153517,5910		153517,5910