

BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

a. Na_2CO_3

Menurut Perry (2019), berikut sifat-sifat fisika sodium karbonat :

- Bentuk : Serbuk
- Warna : Putih
- Bau : Tidak Berbau
- Rumus Molekul : Na_2CO_3
- Berat Molekul : 105,99 gr/mol
- Titik Lebur : 851°C
- Densitas : $2,533 \text{ g/cm}^3$ pada 20°C
- Kelarutan dalam air : 48,5 g/100ml pada 104°F

Sifat kimia soda ash menurut Kirk & Othmer (1992), sebagai berikut:

- Soda ash memiliki rumus senyawa Na_2CO_3 dengan kemurnian 99,9% dan 0,1% berupa H_2O
- Bersifat basa dan memiliki pH berkisar 10 – 11,5
- Dapat larut di dalam air dan gliserol
- Sukar larut di dalam alkohol dan eter
- Senyawa yang tidak mudah terbakar

b. CO_2

Menurut Perry (2019), sifat fisika karbon dioksida sebagai berikut:

- Bentuk : Cair
- Rumus Molekul : CO_2
- Berat molekul : 44,01
- *Specific gravity* : 1,53
- Titik leleh : -56.6°C pada 5,2 atm
- Titik didih : $-78,5^\circ\text{C}$ (menyublim)
- Kelarutan dalam air : 90,1 cc pada 20°F
- Kelarutan dalam air : 179,7 cc pada 0°F

Sifat kimia karbon dioksida yakni sebagai berikut:

- Tidak memiliki bau dan warna
- Jenis gas yang mudah terbakar
- Bersifat tidak mudah korosi

c. H_2O

Menurut Perry (2019), sifat fisika karbon dioksida sebagai berikut:

- Bentuk : Cair
- Rumus Molekul : H_2O
- Berat Molekul : 18,02
- *Specific gravity* : 1,00
- Titik leleh : $0^{\circ}C$
- Titik didih : $100^{\circ}C$

Sifat kimia air yakni sebagai berikut:

- Pelarut universal yang bersifat polar
- bersifat netral ($pH = 7$)
- Mempunyai ikatan hidrogen
- Dalam keadaan murni bersifat netral

2.1.2 Spesifikasi Produk

a. $NaHCO_3$

Menurut Perry (2019), sifat fisika karbon dioksida sebagai berikut:

- Bentuk : Serbuk
- Warna : Putih
- Rumus molekul : $NaHCO_3$
- Berat molekul : 84,01
- *Specific gravity* : 2,20
- Kelarutan dalam air : 6,9 pada $0^{\circ}F$
- Kelarutan dalam air : 16,4 pada $60^{\circ}F$

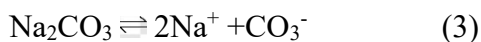
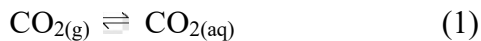
Sifat kimia sodium bikarbonat yakni sebagai berikut:

- Bereaksi dengan asam kuat seperti HCl membentuk garam, air, dan CO_2
- Jika dipanaskan akan terurai (dekomposisi termal)

- Bersifat amfoter lemah, bertindak sebagai basa lemah terhadap asam, dan sebagai asam lemah terhadap basa kuat
- Menetralkan bau dan zat asam
- memiliki nilai pH = 8

2.2 Konsep Proses

Proses produksi natrium bikarbonat murni dilakukan dengan dispersi gas CO₂ dalam larutan soda abu murni (Na₂CO₃) dalam reaktor kolom gelembung. Suhu operasi diasumsikan konstan sepanjang kolom karena panas reaksi yang rendah dan penggunaan jaket air di sekitarnya. Larutan tersebut mengandung air, natrium karbonat, dan natrium bikarbonat. Larutan ini memasuki kolom dari sisi atasnya dan campuran gas karbon dioksida dan udara terus menerus disuntikkan ke kolom dari bawahnya. Selama proses produksi sodium bikarbonat terjadi reaksi kesetimbangan sebagai berikut:



Ketika konsentrasi sodium bikarbonat yang dihasilkan mencapai batas kelarutannya dalam larutan (larutan menjadi jenuh dari sodium bikarbonat), sehingga reaksi (4) terjadi dan kristal mulai terbentuk di kolom.

2.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika dapat menentukan arah reaksi yang berjalan *reversible* atau *irreversible* dan juga untuk dapat mengetahui reaksi yang berlangsung endotermis atau eksotermis. Untuk mengetahui sifat reaksi tersebut perlu dilakukan pembuktian dengan menggunakan panas pembentukan standar (ΔH°_f) pada tekanan 1 atm dan suhu 298,15 K dari reaktan dan produk yang terbentuk. Berikut merupakan reaksi pembentukan soda kue dan tinjauan termodinamikanya.



2.3.1 Entalpi Pembentukan

Entalpi pembentukan merupakan nilai panas yang dilepas maupun diserap selama proses reaksi atau pembentukan produk. Harga entalpi pembentukan untuk setiap komponen dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Harga ($\Delta H^\circ f$) Masing - Masing Komponen (Yaws, L, 2003), (Smith et al., 2001), (Perry & Green, 1997)

Komponen	$\Delta H^\circ f$ (kJ/mol)
Na ₂ CO ₃	-1130,6
CO ₂	-393,5
H ₂ O	-241,8
NaHCO ₃	-950,8

$$\Delta H^\circ R \text{ reaksi} = \Delta H^\circ f \text{ produk} - \Delta H^\circ f \text{ reaktan}$$

$$\Delta H^\circ R \text{ reaksi} = \Delta H^\circ f \text{ NaHCO}_3 - (\Delta H^\circ f \text{ Na}_2\text{CO}_3 + \Delta H^\circ f \text{ CO}_2 + \Delta H^\circ f \text{ H}_2\text{O})$$

$$\Delta H^\circ R \text{ reaksi} = (2(-950,8)) - (-1130,6 - 241,8 - 393,5) \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ R \text{ reaksi} = -135,7 \text{ kJ/mol}$$

Diporoleh harga $\Delta H^\circ R$ negatif, sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi ini adalah eksotermis (melepas panas).

2.3.2 Energi Bebas Gibbs (ΔG°)

Reaksi dapat bersifat balik (*reversible*) atau searah (*irreversible*) dapat ditentukan berdasarkan termodinamika, yaitu persamaan Van't Hoff.

$$\frac{d \left(\frac{\Delta G^\circ}{dT} \right)}{dT} = \frac{-\Delta H^\circ}{RT^2}$$

Dengan,

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

Sehingga,

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{-\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Untuk mengetahui reaksi pembuatan *Sodium bicarbonate* termasuk reaksi *reversible* atau *irreversible*, maka harus dihitung harga tetapan

kesetimbangan (K) pada tekanan 1 atm dan suhu 298,15 K. Data energi Gibbs dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Harga ($\Delta G^\circ f$) Masing - Masing Komponen (Smith et al., 2001)

Komponen	$\Delta G^\circ f$ (kJ/mol)
Na ₂ CO ₃	-1044,4
CO ₂	-394,3
H ₂ O	-237,1
NaHCO ₃	-851,0

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ f \text{ produk} - \Delta G^\circ f \text{ reaktan}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ f \text{ NaHCO}_3 - (\Delta G^\circ f \text{ Na}_2\text{CO}_3 + \Delta G^\circ f \text{ CO}_2 + \Delta G^\circ f \text{ H}_2\text{O})$$

$$\Delta G^\circ = (2(-851,0) - (-1044,4 - 394,3 - 237,1)) \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = -26,2 \text{ kJ/mol}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan harga ΔG° negatif, menandakan reaksi berlangsung spontan.

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

$$\ln K = \frac{\Delta G^\circ}{-RT}$$

$$\ln K = \frac{-26,2 \text{ kJ/mol}}{-0,008314 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \times 298,15 \text{ K}}$$

$$\ln K = 10,569$$

$$K = \exp^{10,569}$$

$$K = 38909,74$$

Diperoleh nilai K yang sangat besar atau $K > 1$. Maka dapat dikatakan bahwa reaksi berlangsung secara *irreversible* atau searah ke arah produk.

2.4 Tinjauan Kinetika

Kinetika reaksi digunakan dalam menentukan suhu, tekanan, maupun spesifikasi alat. Konstanta kecepatan reaksi menggambarkan seberapa cepat sebuah reaksi berjalan dari reaktan menjadi produk (Levenspiel, 1999).

Stoikiometri reaksi pembentukan sodium bikarbonat melalui proses karbonasi sodium karbonat adalah sebagai berikut:



Menurut (Maharloo et al., 2017), hubungan antara suhu dan konstanta kecepatan reaksi pembentukan sodium bikarbonat dari sodium karbonat dan karbon dioksida dapat dinyatakan dalam hukum *Arrhenius* dibawah:

$$k = \left[2,2 \times 10^7 \times \exp\left(\frac{-71500}{RT}\right) \right] - \left[3,2 \times 10^{-6} \times \rho_{\text{H}_2\text{O}} \times \exp\left(\frac{-13800}{RT}\right) \right]$$

$$k = [0,000026] - [0,000015] \text{ s}^{-1}$$

$$k = 0,000011 \text{ s}^{-1}$$

2.5 Kondisi Operasi

Reaksi pembentukan sodium bikarbonat (NaHCO_3) dari natrium karbonat (Na_2CO_3) dan karbon dioksida (CO_2) merupakan reaksi antara fase cair dan gas yang berlangsung dalam reaktor gelembung (*Bubble Column Reactor*) dengan kondisi operasi sebagai berikut:

Suhu	: 40°C
Tekanan	: 3 atm
Sifat Reaksi	: Eksotermis, dengan perubahan entalpi standar $\Delta H^\circ \text{R} = -135,7 \text{ kJ/mol}$.
Reaksi Berlangsung	: <i>Irreversible</i> , karena perubahan energi bebas Gibbs $\Delta G^\circ = -26,2 \text{ kJ/mol}$.

2.6 Langkah Proses

2.6.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama berupa sodium karbonat (Na_2CO_3) disimpan terlebih dahulu di Tangki Penyimpanan Sodium Karbonat (T-110) pada kondisi lingkungan (1 atm, 30°C). Dari tangki ini, bahan dipindahkan menggunakan *Belt Conveyor* I (J-111) menuju *Bucket Elevator* I (J-112) untuk dinaikkan ke ketinggian tertentu, kemudian ditampung di *Bin* Na_2CO_3 (D-113) sebagai tempat penampungan sementara. Setelah itu, Na_2CO_3 dimasukkan ke dalam Tangki Pelarut (M-120), dan dicampurkan dengan air proses dari sistem PWS (*Process Water*

System) pada suhu sekitar 40°C dan tekanan 1 atm. Campuran larutan ini kemudian dialirkan menggunakan Pompa (P-121) menuju tahap reaksi.

Selain sodium karbonat, bahan baku penting lainnya dalam proses ini adalah gas karbon dioksida (CO₂), yang berperan sebagai reaktan dalam pembentukan sodium bikarbonat. CO₂ disimpan terlebih dahulu dalam Tangki Penyimpanan CO₂ (T-140) pada tekanan sekitar 10 atm dalam fase gas. Dari tangki ini, CO₂ dialirkan menuju *Expander* (G-141) untuk menurunkan tekanannya hingga mencapai tekanan proses sebesar 3,3 atm. Setelah mengalami penurunan tekanan, gas CO₂ dipanaskan menggunakan *Heater* (E-142) hingga suhu mencapai 40°C, agar energi kinetik molekul meningkat sehingga dapat mempercepat laju reaksi di tahap berikutnya. CO₂ yang telah dipanaskan kemudian dialirkan ke dalam Reaktor (R-210) dan dicampurkan dengan larutan sodium karbonat yang sudah dipersiapkan sebelumnya. Seluruh tahapan ini bertujuan memastikan kondisi CO₂ optimal agar reaksi karbonasi dapat berlangsung dengan efisien dan maksimal.

2.6.2 Tahap Reaksi

Proses sintesis natrium bikarbonat dilakukan melalui reaksi antara larutan jenuh natrium karbonat (Na₂CO₃) dengan gas karbon dioksida (CO₂). Reaksi ini berlangsung di dalam reaktor bertipe gelembung (*bubble column reactor*) yang dioperasikan secara eksotermal pada suhu 40°C dan tekanan 3 atm. Reaksi menghasilkan natrium bikarbonat (NaHCO₃) dengan tingkat konversi reaktan mencapai 98%. Persamaan reaksi kimia yang berlangsung di dalam reaktor adalah sebagai berikut:



Larutan jenuh natrium karbonat dialirkan ke dalam reaktor melalui bagian atas reaktor, sementara gas karbon dioksida dimasukkan dari bagian bawah dengan melewati plat berlubang. Plat ini berfungsi untuk membentuk gelembung-gelembung gas CO₂ agar

dapat terdispersi secara merata ke dalam larutan. Reaksi yang berlangsung bersifat eksotermis, sehingga diperlukan sistem pendingin berupa air yang dialirkan melalui jaket reaktor untuk menjaga suhu tetap stabil. Hasil reaksi berupa natrium bikarbonat (NaHCO_3), air, dan sisa natrium karbonat dikeluarkan dari reaktor. Sedangkan gas CO_2 yang tidak bereaksi dikeluarkan melalui bagian atas reaktor. Hasil reaksi yang berupa *slurry* ini kemudian disalurkan ke Tangki Produk Reaktor (D-211). Dari tangki ini, *slurry* dipompa menggunakan Pompa (P-212) menuju tahap pemurnian.

2.6.3 Tahap Pemurnian

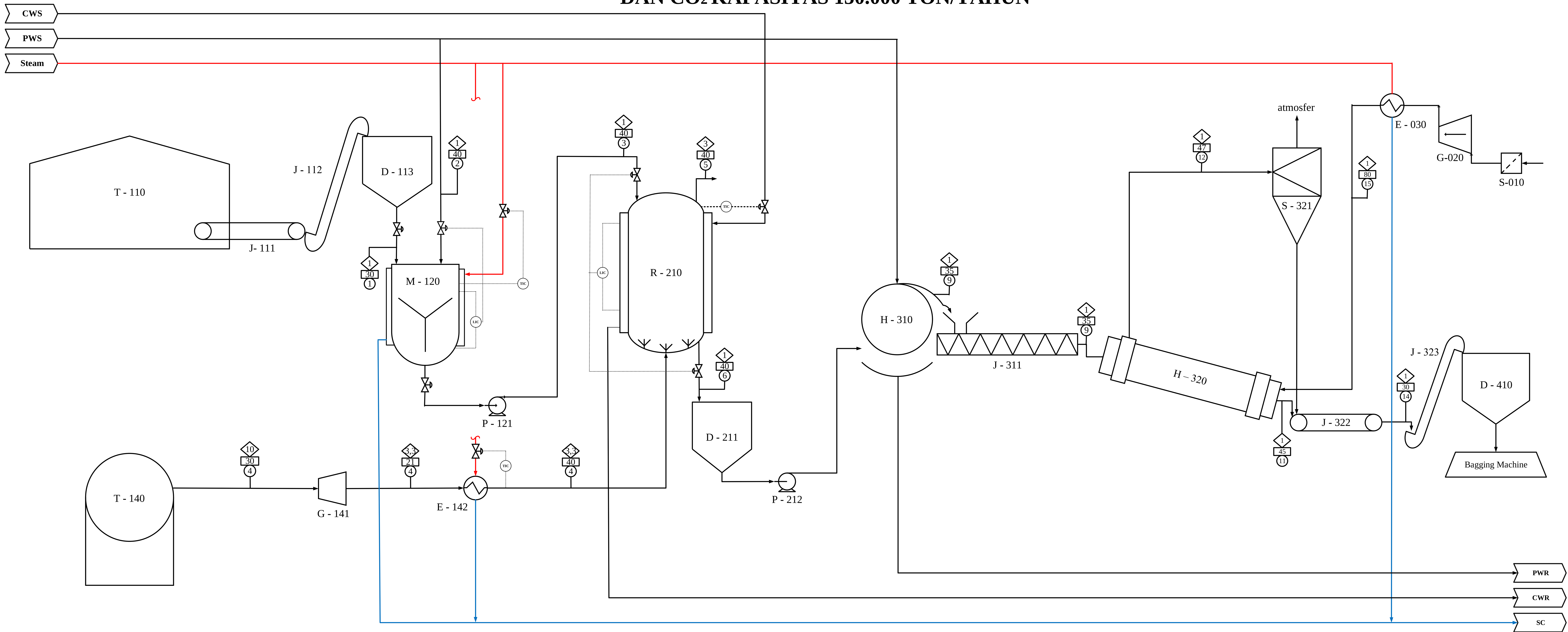
Setelah keluar dari reaktor, campuran berupa natrium bikarbonat (NaHCO_3), natrium karbonat (Na_2CO_3), dan air dialirkan melalui *expansion valve* untuk menurunkan tekanan produk cair, kemudian ditampung sementara di dalam Tangki Produk Reaktor (D-211). Dari tangki ini, campuran dialirkan menuju *Rotary Drum Vacuum Filter* (H-310) dengan bantuan Pompa (P-212) untuk proses pemisahan padatan dan cairan. Pada tahap filtrasi ini, padatan natrium bikarbonat dipisahkan dari larutan induk. Filtrat yang dihasilkan akan ditampung dalam Tangki Filtrat dan dapat dibuang atau didaur ulang, sedangkan padatan hasil pemisahan dikirim ke tahap pengeringan.

Padatan natrium bikarbonat dari hasil filtrasi kemudian dipindahkan menggunakan *Screw Conveyor* (J-311) menuju *Rotary Dryer* (H-320). Proses pengeringan dilakukan menggunakan metode pengeringan langsung, yaitu mengontakkan udara panas secara langsung dengan padatan basah. Medium udara dipanaskan terlebih dahulu menggunakan heater udara, hingga mencapai suhu sekitar 80°C dan tekanan 1 atm. Setelah proses selesai, diperoleh produk natrium bikarbonat dalam bentuk serbuk kering dengan tingkat kemurnian hingga 99,9% (dengan sisa kandungan air hanya sekitar 0,1%).

Produk yang telah kering selanjutnya diangkut menggunakan *Belt Conveyor* (J-322) menuju *Silo Penyimpanan Sementara* (S-321), kemudian dinaikkan menggunakan *Bucket Elevator* (J-323) ke Tangki

Penyimpanan Produk Sodium Bikarbonat (D-140). Dari sini, produk siap dikemas dan didistribusikan sesuai kebutuhan pasar.

FLOWSHEET PRA-RANCANGAN PABRIK SODIUM BICARBONATE DENGAN PROSES KARBONASI CARBONATE
 DAN CO₂ KAPASITAS 150.000 TON/TAHUN



PROGRAM STUDI
 TEKNOLOGI REKAYASAKIMIA INDUSTRI
 SEKOLAH VOKASI
 UNIVERSITAS DIPONEGORO
 2025

FLOWSHEET PRA-RANCANGAN PABRIK SODIUM BICARBONATE
 DENGAN PROSES KARBONASI SODIUM CARBONATE DAN CO₂
 KAPASITAS 150.000 TON/TAHUN

Digambar oleh:
 Diah Amara Sully 40040121650012
 Annisa Rahmania Sabrina Afra 40040121650038

Dosen Pembimbing,

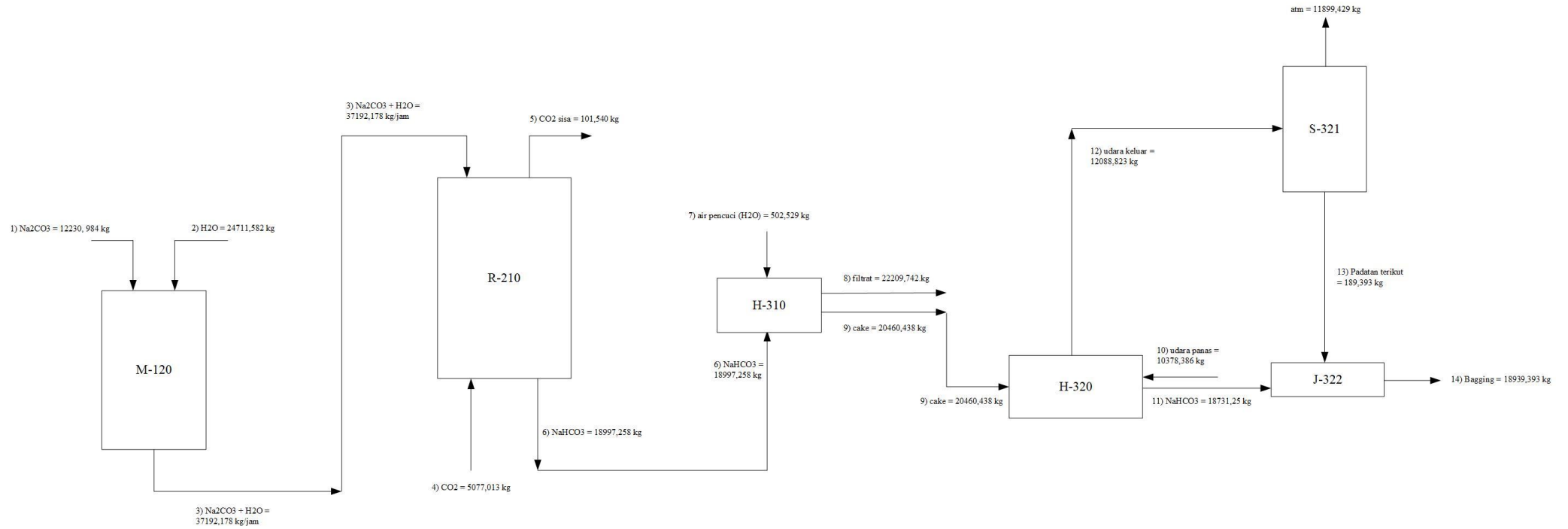
Hermawan Dwi Ariyanto, S.T., M.Sc., Ph.D.
 NIP. H.7. 199005152021021001

KETERANGAN

	Temperature (°C)		
	Aliran		
	Tekanan (atm)		
	Cooling Water System		Process Water Return
	Process Water System		Cooling Water Return
	Steam		Steam Condensate

- T-110 = Tangki Penyimpanan Sodium Karbonat
 T-140 = Tangki Penyimpanan Karbon Dioksida
 J-111 = Belt Conveyor
 J-112 = Bucket Elevator
 D-113 = Hopper Sodium Karbonat
 M-120 = Tangki Pelarutan Sodium Karbonat
 P-121 = Pompa
 G-141 = Expander
 E-142 = Heater
 R-210 = Reaktor
 D-211 = Tangki Produk Reaktor
 P-212 = Pompa
 H-310 = Rotary Drum Vacuum Filter
 J-311 = Screw Conveyor
 H-320 = Rotary Dryer
 J-322 = Belt Conveyor
 S-321 = Cyclone
 J-323 = Bucket Elevator
 D-410 = Silo Produk Sodium Bikarbonat
 E-030 = Heater
 G-020 = Blower
 S-010 = Filter

2.8 Neraca Massa



Gambar 2. 2 Blok Flow Diagram Neraca Massa

Kapasitas Produksi NaHCO_3 (Sodium Bikarbonat)

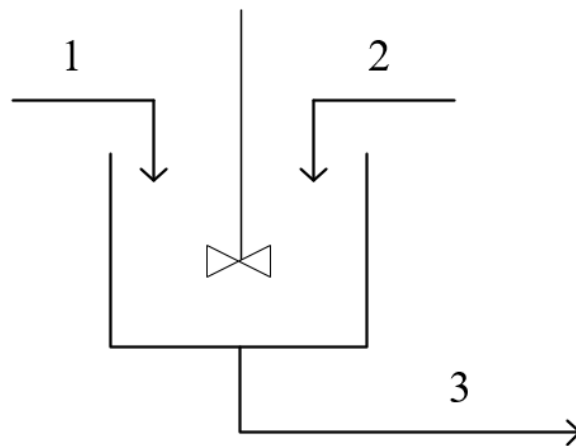
Basis Operasi = 1 jam

Kapasitas Produksi = 150.00 ton/tahun

Waktu Operasi = 330 hari/tahun

Rate Produksi = $150.00 \text{ ton/tahun} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \times \frac{100 \text{ kg}}{1 \text{ ton}}$
 = 18.939 kg/jam

2.8.1 Mixer

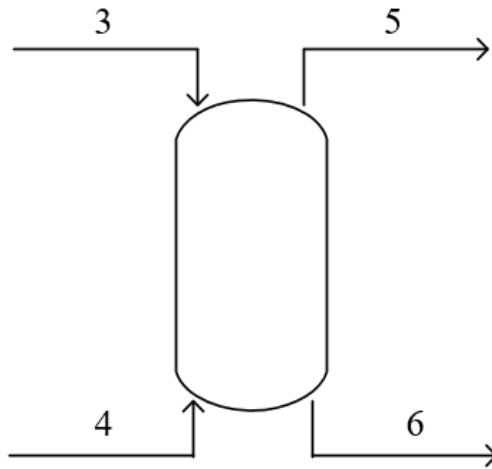


Gambar 2. 3 Blok Diagram Neraca Massa *Mixer*

Tabel 2. 3 Neraca Massa *Mixer*

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	1	2	3
Na_2CO_3 (s)	12230.98486		
Na_2CO_3 (l)			12230.98486
H_2O (l)	249.6119359	24711.58165	24961.194
	12480.597	24711.582	
Total	37192.178		37192.178

2.8.2 Reaktor *Bubble Coloumn*

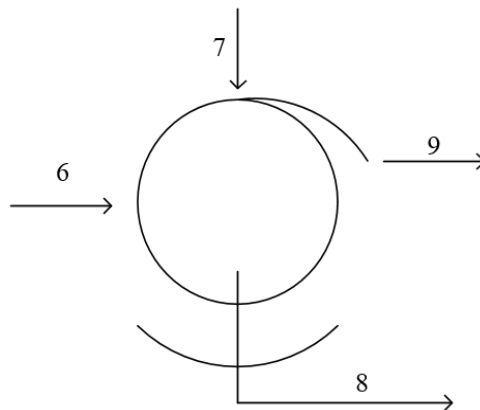


Gambar 2. 4 Blok Diagram Neraca Massa Reaktor

Tabel 2. 4 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	3	4	5	6
Na ₂ CO ₃ (l)	12230.98486			246.239
H ₂ O (l)	24961.194			22924.154
CO ₂ (g)		5077.013	101.540	
NaHCO ₃ (s)				18997.258
	37192.17845	5077.013	101.540	42167.651
Total	42269.191		42269.191	

2.8.3 Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF)

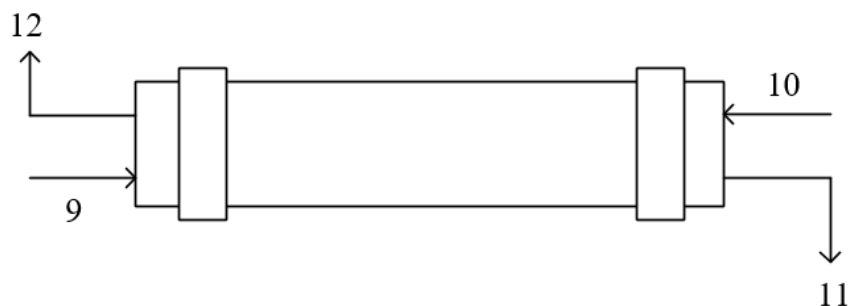


Gambar 2. 5 Blok Diagram Neraca Massa RDVF

Tabel 2. 5 Neraca Massa RDVF

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	6	7	8	9
Na ₂ CO ₃ (l)	246.239		246.2392045	
H ₂ O (l)	22924.154	502.5289889	21907.72235	1518.960438
NaHCO ₃ (l)			55.78071776	
NaHCO ₃ (s)	18997.258			18941.47727
	42167.651	502.529	22209.742	20460.438
Total	42670.180		42670.180	

2.8.4 Rotary Dryer

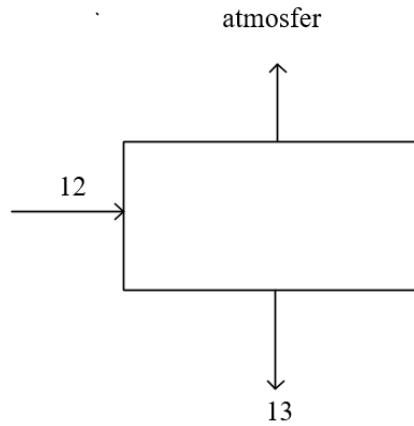


Gambar 2. 6 Blok Diagram Neraca Massa Rotary Dryer

Tabel 2. 6 Neraca Massa Rotary Dryer

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	9	10	12	11
NaHCO ₃ (s)	18941.47727		210.2272727	18731.25
Udara Panas		10378.38614	10378.38614	
H ₂ O (l)	1518.960438		1500.210438	18.75
	20460.43771	10378.38614	12088.82386	18750
Total	30838.82386		30838.82386	

2.8.5 Cyclone

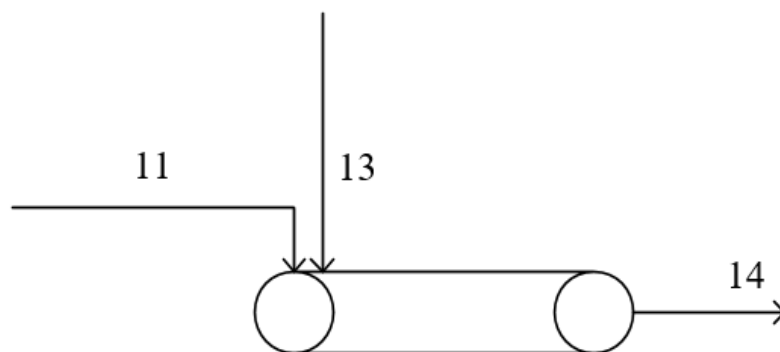


Gambar 2. 7 Blok Diagram Neraca Massa *Cyclone*

Tabel 2. 7 Neraca Massa *Cyclone*

Komponen	Keluar (kg/jam)		Masuk (kg/jam)
	13	atmosfer	12
NaHCO ₃ (s)	189.2045455	21.02272727	210.2272727
H ₂ O (l)	0.189393939	1500.021044	1500.210438
Udara panas		10378.38614	10378.38614
	189.3939394	11899.42992	
Total	12088.82386		12088.82386

2.8.6 Conveyor



Gambar 2. 8 Blok Diagram Neraca Massa *Conveyor*

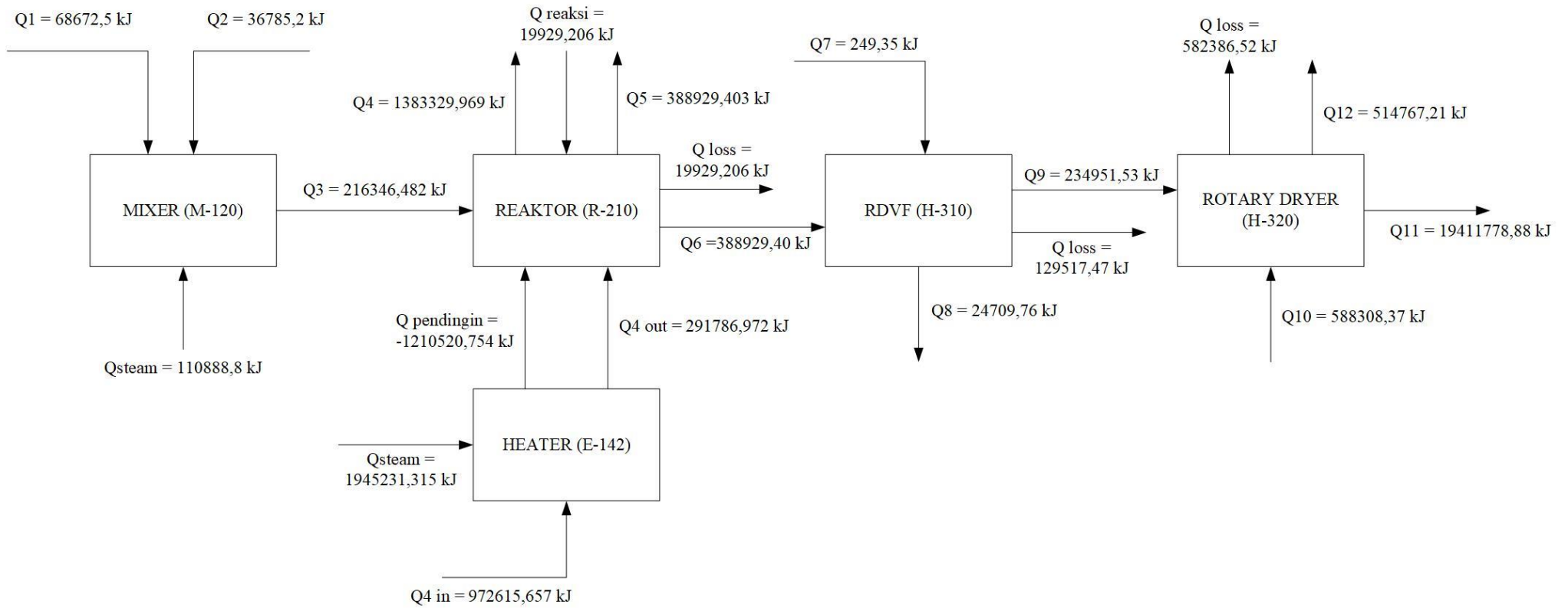
Tabel 2. 8 Neraca Massa *Conveyor*

	Keluar (kg/jam)	Masuk (kg/jam)	
Komponen	14	13	11
NaHCO ₃ (s)	189.20,45455	189,2045455	187.31,25
H ₂ O (l)	18,93939394	0,189393939	18.75
		189,3939394	187.50
Total	18939,39394	18939,39394	
%Efisiensi massa produk	=	$\frac{\text{Hasil Produk (soda ash)}}{\text{Bahan Baku Yang Dibutuhkan}} \times 100\%$	
%Efisiensi massa produk	=	44,762%	

NERACA MASSA OVERALLTabel 2. 9 Neraca Massa *Overall*

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
Mixer (M-120)		
Na ₂ CO ₃ (s)	12230.985	
Na ₂ CO ₃ (l)		12230.985
H ₂ O (l)	24961.194	24961.194
Reaktor (R-210)		
Na ₂ CO ₃ (l)	12230.985	246.239
H ₂ O (l)	24961.194	22924.154
CO ₂ (g)	5077.013	101.540
NaHCO ₃ (s)		18997.258
RVDF (H-310)		
Na ₂ CO ₃ (l)	246.239	246.239
H ₂ O(l)	23426.683	23426.683
NaHCO ₃ (l)		55.781
NaHCO ₃ (s)	18997.258	18941.477
Rotary Dryer (H-320)		
NaHCO ₃ (s)	18941.477	18941.477
H ₂ O(l)	1518.960	1518.960
Udara panas	10378.386	10378.386
Cycone (S-321)		
NaHCO ₃ (s)	210.227	210.227
H ₂ O(l)	1500.210	1500.210
Udara panas	10378.386	10378.386
Conveyor (J-111)		
NaHCO ₃ (s)	18920.455	18920.455
H ₂ O(l)	18.939	18.939
Total	183998.59	183998.59

2.9 Neraca Panas



Gambar 2. 9 Blok Flow Diagram Neraca Panas

Basis Operasi = 1 jam

Suhu Standar = 25°C

Diketahui Data Untuk Perhitungan Neraca Panas:

Data Entalpi Pembentukan (ΔH°_f 25°C)

Tabel 2. 10 Entalpi Pembentukan

Komponen	ΔH°_f 25°C (kkal/kmol)			
	<i>s</i>	<i>aq</i>	<i>l</i>	<i>g</i>
Na ₂ CO ₃	-269460	-295130		
H ₂ O			-68317	-57797
CO ₂				-94052
NaHCO ₃	-226000	-222100		

Sumber: Tabel 2-220, (Perry & Green, 1997)

Data Kapasitas Panas (Cp)

a. Fase Gas

$$Cp_{gas} = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

Keterangan.

Cp gas = kapasitas panas gas

A, B, C, D = konstanta

T = suhu (K) → T reff = 25°C = 298,15 K

Tabel 2. 11 Fase Gas

Komponen	A	B	C	D	E	Cp
CO ₂	27.437	0.04232	-1.96E-05	3.99E-19	-2.98E-13	3.83E+01
H ₂ O	33.933	-0.00884	2.90E-05	-1.78E-08	3.69E-12	3.34E+01

Sumber: (Yaws, L, 2003)

b. Fase Liquid

$$Cp_{liq} = A + BT + CT^2 + DT^3$$

Keterangan.

Cp liq = kapasitas panas *liquid*

A, B, C, D = konstanta

T = suhu (K) → T reff = 25°C = 298,15 K

Tabel 2. 12 Fase Liquid

Komponen	A	B	C	D	Cp
Na ₂ CO ₃	-	-			103.53
NaHCO ₃	-	-			84.9
H ₂ O	1.83E+01	-4.00E-02	-2.11E-04	5.35E-07	1.786298

Sumber: (Perry & Green, 1997)

c. Fase Padat

$$Cp \text{ padat} = A + BT + CT^2$$

Keterangan.

Cp padat = kapasitas panas padat

A, B, C, D = konstanta

T = suhu (K) → T reff = 25°C = 298,15 K

Tabel 2. 13 Fase Padat

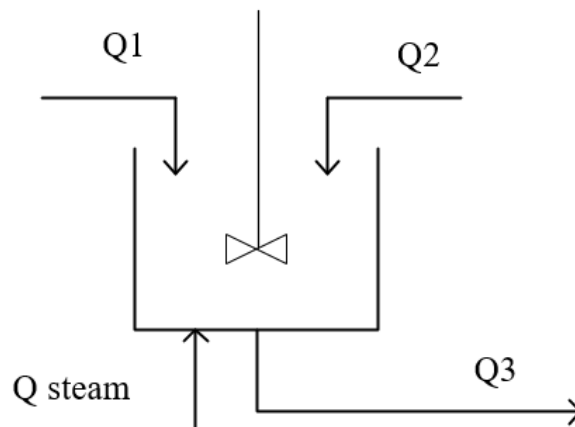
Komponen	A	B	C	Cp
Na ₂ CO ₃	109.11	3.39E-02	-4.52E-06	1.19E+02
NaHCO ₃	94	0.0316	-2.09E-06	1.04E+02

d. Tabel BM masing-masing komponen

Tabel 2. 14 BM Komponen

Komponen	BM
CO ₂	44
H ₂ O	18
Na ₂ CO ₃	106
NaHCO ₃	84

2.9.1 Mixer

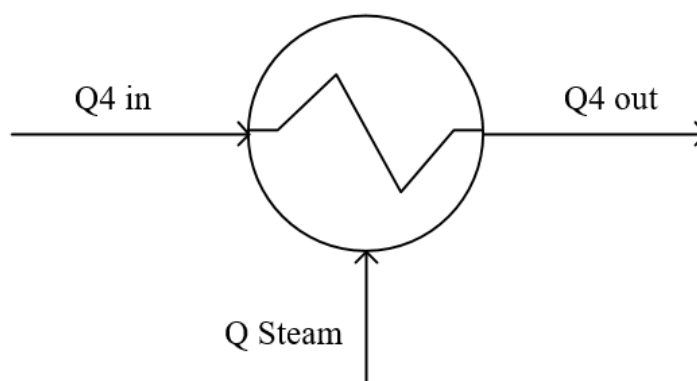


Gambar 2. 10 Blok Diagram Neraca Panas Mixer

Tabel 2. 15 Neraca Panas *Mixer*

Komponen	Input	Output
Q1	68672.46062	
Q2	36785.2	
Q3		216346.482
Qsteam	110888.8	
Total	216346.5	216346.5

2.9.2 Heater

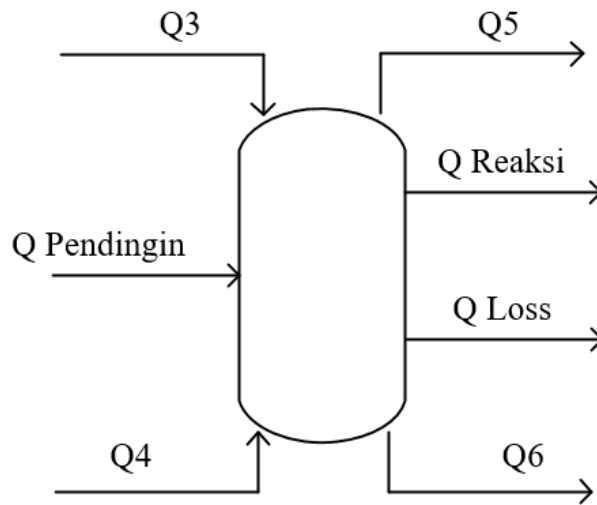


Gambar 2. 11 Blok Diagram Neraca Panas Heater

Tabel 2. 16 Neraca Panas *Heater*

Komponen	Input	Output
Q4 in	972615.657	
Q4 out		2917846.972
Q steam	1945231.315	
Total	2917846.972	2917846.972

2.9.3 Reaktor

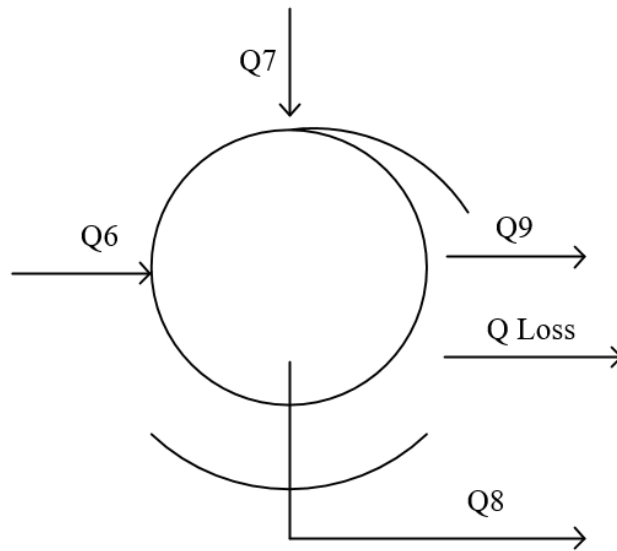


Gambar 2. 12 Blok Diagram Neraca Panas Reaktor

Tabel 2. 17 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Input	Output
Q3	216346.482	
Q4	1384429.969	
Q5		388929.403
Q6		1326.294
Q Reaksi	19929.206	
Q Pendingin	-1210520.754	
Q Loss		19929.206
Total	410184.904	410184.904

2.9.4 Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF)

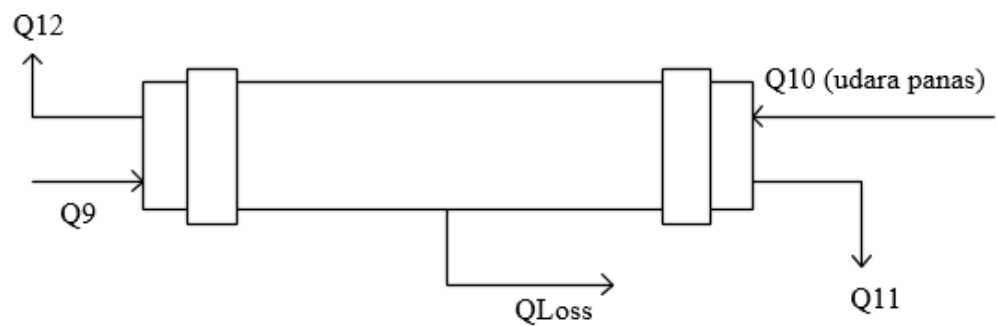


Gambar 2. 13 Blok Diagram Neraca Panas RDVF

Tabel 2. 18 Neraca Panas RDVF

Komponen	Input	Output
Q6	388929.40	
Q7	249.35	
Q8		24709.76
Q9		234951.53
Q Loss		129517.47
Total	389178.76	389178.76

2.9.5 Rotary Dryer



Gambar 2. 14 Blok Diagram Neraca Panas Rotary Dryer

Tabel 2. 19 Neraca Panas *Rotary Dryer*

Komponen	Input	Output
Q9	234951.53	
Q10 (udara panas)	588308.37	
Q11		230890.40
Q12 (udara panas out)		9982.97
Q Loss		582386.52
Total	823259.89	823259.89

NERACA PANAS *OVERALL*

Tabel 2. 20 Neraca Panas Overall

Komponen	Input (kJ)	Output (kJ)
<i>Mixer (M-120)</i>		
Q1	68672.5	
Q2	36785.2	
Q3		216346.5
Qsteam	110888.8	
<i>Heater (E-142)</i>		
Q4 in	972615.7	
Q4 out		2917847.0
Qsteam	1945231.3	
<i>Reaktor (R-210)</i>		
Q3	216346.5	
Q4	1384430.0	
Q6		388929.4
Q5		1326.3
Q Reaksi	19929.2	
Q Pendingin	-1210520.8	
Q Loss		19929.2
<i>RDVF (H-310)</i>		
Q6	388929.4	

Q7	249.4	
Q8		24709.8
Q9		234951.5
Q Loss		129517.5
<i>Rotary Dryer (H-320)</i>		
Q9	234951.5	
Q10 (udara panas)	588308.4	
Q11		230890.4
Q12		9983.0
Q Loss		582386.5
Total	4756817.0	4756817.0