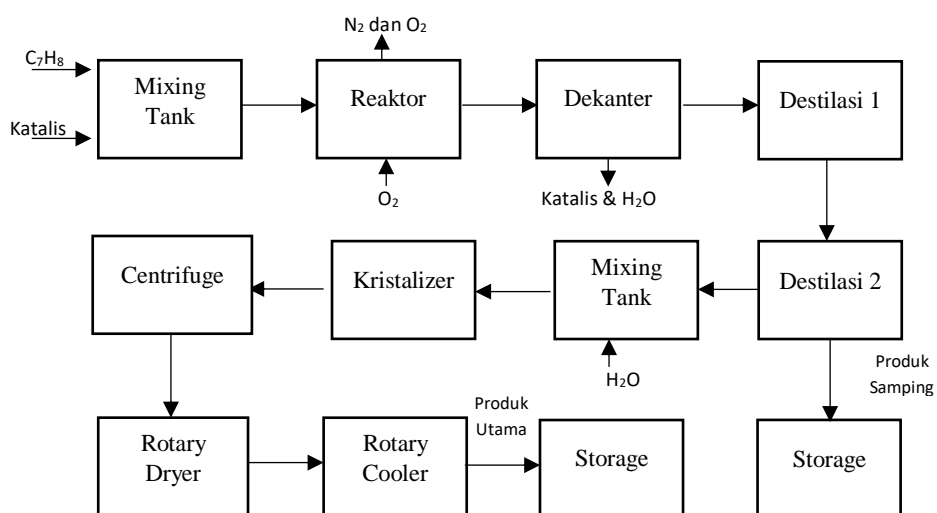


BAB II

NERACA MASSA DAN ENERGI

2.1 Flowsheet

Berikut ini adalah *flowsheet* dari proses pembuatan Asam Benzoat dari proses Oksidasi Toluena:

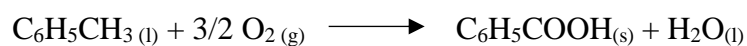


Gambar 3. Block Flow Diagram Pabrik Asam Benzoat dari Oksidasi Toluena

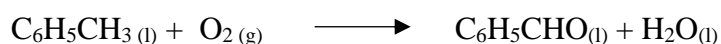
2.2 Deskripsi Proses

Secara garis besar pembuatan asam benzoat ($C_7H_6O_2$) dibagi menjadi 3 tahap, yaitu persiapan bahan baku, reaksi pembentukan asam benzoat ($C_7H_6O_2$) dan pemurnian asam benzoat ($C_7H_6O_2$).

Reaksi pembentukan asam benzoat:



Reaksi pembentukan benzaldehid



2.2.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku toluena disimpan dalam tangki penyimpanan bahan baku (T-101) pada kondisi fasa cair, temperatur 32°C dan tekanan 1 atm. Toluena ini dicampur terlebih dahulu dengan kobalt asetat dengan berat 1%wt dari toluena yang dimasukkan ke dalam *mixing tank* (M-101). Campuran ini selanjutnya dipanaskan menggunakan heater (E-102) sampai 177°C sebelum masuk ke dalam reaktor (R-101). Bahan baku oksigen di ambil dari lingkungan yang telah disaring dengan filter udara dikompresikan dengan kompresor. Udara yang telah dikondisikan tekanan dan suhunya yaitu pada tekanan 5 atm dari kompresor dan suhu 177°C dengan pemanas (E-101) kemudian dimasukkan ke dalam reaktor.

2.2.2 Reaksi Pembentukan Asam Benzoat (C₇H₆O₂)

Reaksi oksidasi toluen fase cair dilakukan di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (R-101) pada tekanan 5 atm dan suhu 177°C. Di dalam reaktor terjadi reaksi oksidasi toluen menjadi asam benzoat serta produk samping air. Pada reaktor terjadi reaksi samping membentuk benzaldehida dengan konversi sebesar 10%. Reaksi berjalan secara eksotermis dan untuk menjaga agar suhu reaktor tetap konstan maka reaktor dilengkapi dengan pendingin. Udara sisa yang keluar dari puncak reaktor kemudian dialirkan ke kondenser (CD-101) sampai suhu untuk mengembunkan gas yang terbentuk. Cairan dialirkan ke dekanter (D-202) untuk dipisahkan katalis dan produk yang ikut terbawa dengan air.

2.2.3 Pemurnian Asam Benzoat (C₇H₆O₂)

Untuk memisahkan campuran asam benzoat dari produk samping yang terbentuk dilakukan proses destilasi pada menara destilasi (MD-201). Temperatur operasi yang digunakan adalah 146°C dimana semua komponen kecuali asam benzoat dan sedikit benzaldehida berubah wujud menjadi fasa uap (destilat) pada tekanan 1 atm. Hasil keluaran atas MD-201 pada temperatur 137°C dialirkan menuju MD-202 untuk memurnikan produk samping benzaldehida dan memisahkan toluena yang tidak bereaksi untuk di *recycle*. Temperatur produk (*bottom*) yang dihasilkan dari keluaran reboiler sekitar 251,4°C, kemudian dialirkan menuju *mixing tank* (M-201) untuk menghomogenkan asam benzoat

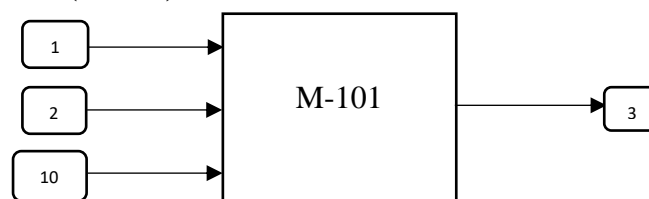
dengan air sebelum dialirkan ke kristalizer (CR-201) agar menjadi kristal asam benzoat. Kristal asam benzoat yang terbentuk kemudian dipisahkan dengan *mother liquornya* menggunakan centrifuge (CF-201) untuk memisahkan kristal asam benzoat dengan pelarutnya. Kemudian menghilangkan komposisi air yang masih terkandung dalam kristal asam benzoat, digunakan *rotary dryer* (RD-201) sebagai mesin pengering. Dilanjutkan *rotary cooler* untuk menurunkan suhu asam benzoat keluaran *rotary drier* sebelum menuju tangki penyimpanan.

2.3 Neraca Massa

Hasil perhitungan neraca massa pada proses pembuatan asam benzoat dari oksidasi toluena dengan kapasitas produksi 10,000 ton/tahun diuraikan sebagai berikut:

Basis perhitungan	: 1 jam operasi
Waktu bekerja/tahun	: 330 hari
Satu hari operasi	: 24 jam
Satuan perhitungan	: kg/jam dan kmol/jam
Produk	: Asam Benzoat
Konversi	: 50% Toluena
Kapasitas produksi/jam	: 1,262.62 kg/jam

2.3.1 *Mixing Tank* (M-101)



Gambar 4. Neraca Massa *Mixing Tank* (M-101)

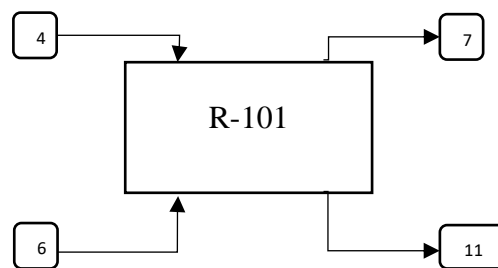
Fungsi : Mencampurkan bahan baku toluena, katalis dan *recycle* toluena sebelum dimasukkan ke dalam reaktor untuk dipanaskan melalui heater.

Tabel 12. Neraca Massa *Mixing Tank* (M-101)

Komponen	Input			Output
	1	2	10	3
C ₇ H ₈	1,048.66		856.65	1,905.31

Katalis		3.81063		3.81
C ₇ H ₆ O ₂			5.01	5.01
C ₇ H ₆ O			47.58	47.58
H ₂ O	5.27		77.37	82.64
Total	1,053.93	3.81	986.60	2,044.35
	2,044.35			2,044.35

2.3.2 Reaktor (R-101)



Gambar 5. Neraca Massa Reaktor (R-101)

Fungsi : Mereaksikan bahan baku toluena, oksigen dan katalis untuk menghasilkan asam benzoat dan produk samping air dan benzaldehida.

Reaksi Stokiometri:

	C ₆ H ₅ CH ₃ (l)	+	3/2 O ₂ (g)	↔	C ₆ H ₅ COOH(s)	+	H ₂ O(l)
Mula-mula	20.68		16.75		0.03		
Reaksi	10.34		15.51		10.34		10.34
Sisa	10.34		1.24		10.37		10.34

Konversi 50%

Reaksi Samping:

	C ₆ H ₅ CH ₃ (l)	+	O ₂ (g)	↔	C ₆ H ₅ CHO(l)	+	H ₂ O(l)
Mula-mula	10.34		1.24		0.44		10.34
Reaksi	1.03		1.03		1.03		1.03
Sisa	9.31		0.21		1.47		11.37

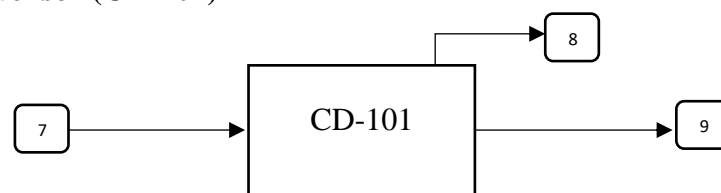
Konversi 10%

Tabel 13. Neraca Massa Reaktor (R-101)

Komponen	Input		Output	
	4	6	7	11
C ₇ H ₈	1905.31		149.87	707.52
O ₂		535.93	6.61	

N ₂		1764.33	1764.33	
Katalis	3.81			3.81
C ₇ H ₆ O ₂	5.01		4.05	1263.58
H ₂ O	82.64		96.33	191.20
C ₇ H ₆ O	47.58		5.49	151.80
Total	2044.35	2300.26	2026.70	2317.91
	4344.605		4344.605	

2.3.3 Kondensor (CD-101)



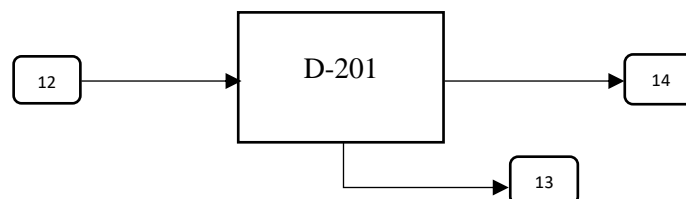
Gambar 6. Neraca Massa Kondensor (CD-101)

Fungsi : Mengkondensasikan keluaran produk atas reaktor sehingga dapat kembali ke dalam reaktor.

Tabel 14. Neraca Massa Kondensor (CD-101)

Komponen	Input		Output	
	7	8	8	9
N ₂	1764.33	1764.33		
O ₂	6.61	6.61		
C ₇ H ₈	149.87			149.87
C ₇ H ₆ O ₂	4.05			4.05
H ₂ O	96.33			96.33
C ₇ H ₆ O	5.49			5.49
Total	2026.70	1770.94		255.75
	2026.70	2026.70		

2.3.4 Dekanter (D-201)



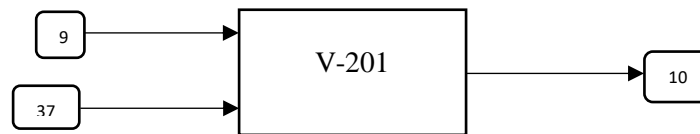
Gambar 7. Neraca Massa Dekanter (D-201)

Fungsi : Memisahkan toluena, asam benzoat serta benzaldehida dari air dan katalis.

Tabel 15. Neraca Massa Dekanter (D-201)

Komponen	Input		Output	
	12	13	13	14
C ₇ H ₈	707.52	0.10	707.42	
C ₇ H ₆ O ₂	1263.58	0.40	1263.18	
H ₂ O	191.20	191.20	0	
C ₇ H ₆ O	151.80	0.57	151.23	
Katalis	3.81	3.81	0.00	
Total	2317.91	196.08	2121.83	
	2317.91	2317.91		

2.3.5 Tangki *Recycle* Toluena (V-201)



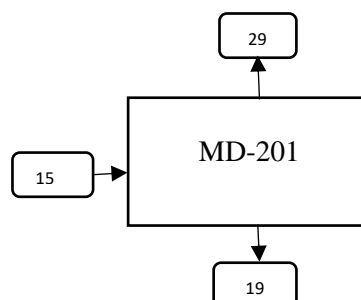
Gambar 8. Neraca Massa Tangki *Recycle* (V-201)

Fungsi : Menampung sementara toluena dan benzaldehida *recycle* sebelum menuju reaktor.

Tabel 16. Neraca Massa Tangki *Recycle* Toluena (V-201)

Komponen	Input		Output
	9	37	10
C ₇ H ₈	149.87	706.71	856.59
C ₇ H ₆ O ₂	4.05	0.00	4.05
H ₂ O	96.33	0.00	96.33
C ₇ H ₆ O	5.49	0.15108	5.65
Total	255.75	706.86	962.62
	962.62	962.62	

2.3.6 Destilasi (MD-201)



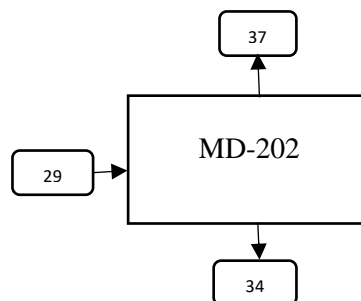
Gambar 9. Neraca Massa Destilasi (MD-201)

Fungsi : Memisahkan produk asam benzoat dari toluena sehingga didapatkan asam benzoat yang murni.

Tabel 17. Neraca Massa Destilasi (MD-201)

Komponen	BM	Input	Output	
		15	29	19
C ₇ H ₈	92	707.42	707.42	0.00
C ₇ H ₆ O ₂	122	1263.18	1.26	1261.91
C ₇ H ₆ O	106	151.23	151.08	0.15
Total		2121.83	859.76	1262.07
		2121.83	2121.83	

2.3.7 Destilasi (MD-202)



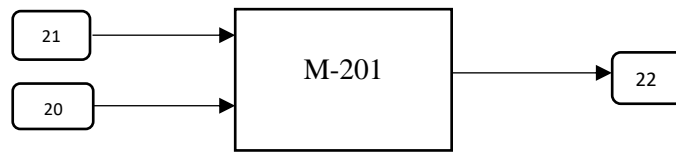
Gambar 10. Neraca Massa Destilasi (MD-202)

Fungsi : Untuk memisahkan antara benzaldehida dengan toluena sehingga didapatkan produk samping yang murni.

Tabel 18. Neraca Massa Destilasi (MD-202)

Komponen	BM	Input	Output	
		29	37	34
C ₇ H ₈	92	707.42	706.71	0.71
C ₇ H ₆ O ₂	122	1.26	0.00	1.26
C ₇ H ₆ O	106	151.08	0.15	150.93
Total		859.76	706.86	152.90
		859.76	859.76	

2.3.8 *Mixing Tank (M-201)*



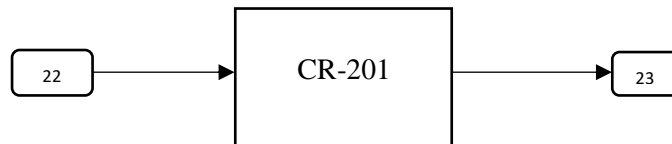
Gambar 11. Neraca Massa *Mixing Tank* (M-201)

Fungsi : Menghomogenkan antara asam benzoat dan air untuk kemudian dapat dilakukan kristalisasi dengan pelarut air sebelum masuk ke dalam kristaliser.

Tabel 19. Neraca Massa *Mixing Tank* (M-201)

Komponen	Input		Output
	21	20	22
C ₇ H ₆ O ₂	1261.91	0.00	1261.91
H ₂ O	0.00	757.15	757.15
C ₇ H ₆ O	0.15	0.00	0.15
Total	1262.07	757.15	2019.21
	2019.21		2019.21

2.3.9 *Kristalizer (CR-201)*



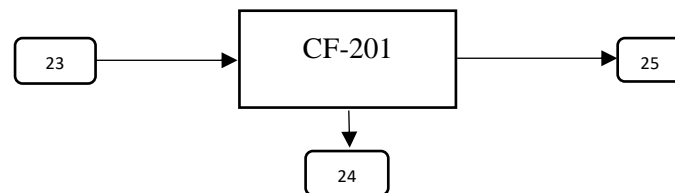
Gambar 12. Neraca Massa Kristalizer (CR-201)

Fungsi : Membentuk kristal – kristal asam benzoat dari larutan induk (*mother liquor*) asam benzoat yang telah dimurnikan.

Tabel 20. Neraca Massa Kristalizer (CR-201)

Komponen	Input	Output
	22	23
C ₇ H ₆ O ₂	1261.91	0.03
C ₇ H ₆ O ₂ (k)	0.00	1261.88
H ₂ O	757.15	757.15
C ₇ H ₆ O	0.15	0.15
Total	2019.21	2019.21
	2019.21	2019.21

2.3.10 Centrifuge (CF-201)



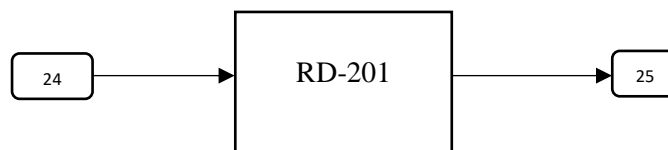
Gambar 13. Neraca Massa Centrifuge (CF-201)

Fungsi : Memisahkan kristal asam benzoat.

Tabel 21. Neraca Massa Centrifuge (CF-201)

Komponen	Input	Output	
	23	24	25
$C_7H_6O_2$	0.03	0.03	0.00
$C_7H_6O_2$ (k)	1261.88	0.00	1261.88
H_2O	757.15	719.29	37.86
C_7H_6O	0.15	0.15	0.00
Total	2019.21	719.48	1299.74
	2019.21	2019.21	

2.3.11 Rotary Dryer (RD-201)



Gambar 14. Neraca Massa *Rotary Dryer* (RD-201)

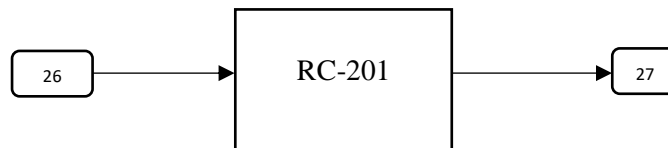
Fungsi : Mengurangi kandungan air dengan cara diuapkan dalam produk sehingga didapatkan produk asam benzoat dalam fasa padat yang murni

Tabel 22. Neraca Massa Rotary Dryer (RD-201)

Komponen	Input	Output	
	25	38	26
$C_7H_6O_2$ (k)	1261.88	0.00	1261.88

H ₂ O	37.86	37.10	0.76
Total	1299.74	37.10	1262.64
	1299.74	1299.74	

2.3.12 Rotary Cooler (RC-201)



Gambar 15. Neraca Massa *Rotary Cooler* (RC-201)

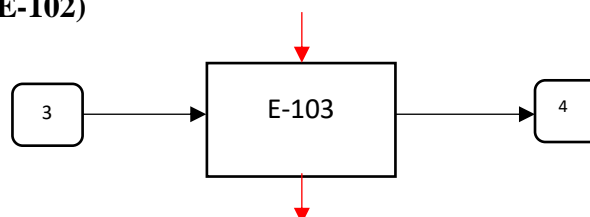
Fungsi : Menurunkan suhu produk keluaran rotary dryer.

Tabel 23. Neraca Massa *Rotary Cooler* (RC-201)

Komponen	Input	Output
	26	27
C ₇ H ₆ O ₂ (k)	1261.88	1261.88
H ₂ O	0.76	0.76
Total	1262.64	1262.64
	1262.64	1262.64

2.4 Neraca Energi

2.4.1 Heater (E-102)



Gambar 16. Neraca Energi *Heater* (E-102)

Fungsi : Menaikkan temperatur bahan baku agar tidak terjadi perbedaan temperatur yang sangat besar di dalam reaktor.

$$T_{in} = 32 \text{ } ^\circ\text{C} = 305 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_{out} = 177 \text{ } ^\circ\text{C} = 450 \text{ } ^\circ\text{K}$$

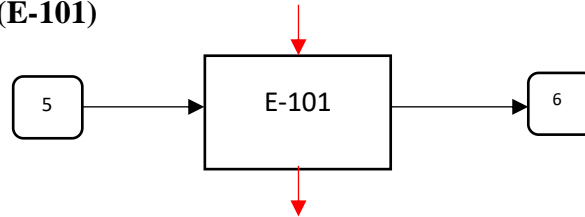
$$T_{ref} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Tabel 24. Neraca Energi *Heater* (E-102)

Energi	Jumlah	Energi	Jumlah
--------	--------	--------	--------

Masuk	(kJ/jam)	Keluar	(kJ/jam)
ΔH in	12774.41	ΔH out	303318.70
Q pemanas	290544.29		
Total	303318.70		303318.70

2.4.2 Heater (E-101)



Gambar 17. Neraca Energi Heater (E-101)

Fungsi : Menaikkan temperatur udara agar tidak terjadi perbedaan temperatur yang sangat besar di dalam reaktor.

$$T_{in} = 32 \text{ }^{\circ}\text{C} = 305 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

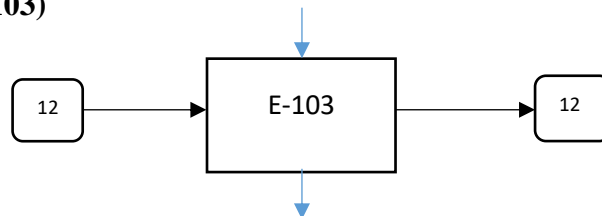
$$T_{out} = 177 \text{ }^{\circ}\text{C} = 450 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{ref} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Tabel 25. Neraca Energi Heater (E-101)

Energi Masuk	Jumlah	Energi Keluar	Jumlah
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
ΔH in	16281.42	ΔH out	356244.84
Q pemanas	339963.42		
Total	356244.84		356244.84

2.4.3 Cooler (E-103)



Gambar 18. Neraca Energi Cooler (E-103)

Fungsi : Menurunkan temperatur pada aliran 12 sebelum menuju dekanter.

$$T_{in} = 177 \text{ }^{\circ}\text{C} = 450 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

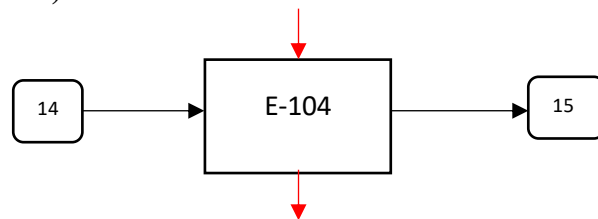
$$T_{out} = 90 \text{ }^{\circ}\text{C} = 363 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{ref} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Tabel 26. Neraca Energi *Cooler* (E-103)

Energi Masuk	Jumlah	Energi Keluar	Jumlah
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
		ΔH out	305555.33
ΔH in	751841.13	Q pendingin	446285.80
Total	751841.13		751841.13

2.4.4 Heater (E-104)

Gambar 19. Neraca Energi *Heater* (E-104)

Fungsi : Menaikkan temperatur pada aliran 13 sebelum menuju destilasi.

$$T_{in} = 90 \text{ }^{\circ}\text{C} = 363 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

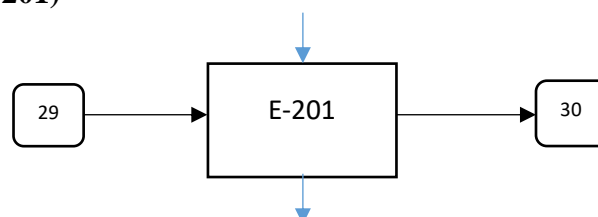
$$T_{out} = 146 \text{ }^{\circ}\text{C} = 419 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{ref} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Tabel 27. Neraca Energi Heater (E-104)

Energi Masuk	Jumlah	Energi Keluar	Jumlah
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
ΔH in	253541.08	ΔH out	490157.69
Q pemanas	236616.62		
Total	490157.69		490157.69

2.4.5 Cooler (E-201)



Gambar 20. Neraca Energi *Cooler* (E-201)

$$T_{in} = 137,5 \text{ } ^\circ\text{C} = 410 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_{out} = 116 \text{ } ^\circ\text{C} = 389 \text{ } ^\circ\text{K}$$

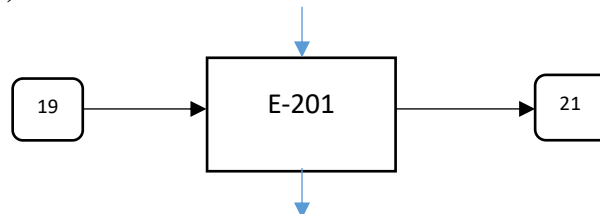
$$T_{ref} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Fungsi : Menurunkan temperatur pada aliran 29 sebelum menuju MD-202.

Tabel 28. Neraca Energi *Cooler* (E-201)

Energi Masuk	Jumlah	Energi Keluar	Jumlah
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
		ΔH out	140367.07
ΔH in	175108.59	Q pendingin	34741.52
Total	175108.59		175108.59

2.4.6 *Cooler* (E-202)

Gambar 21. Neraca Energi *Cooler* (E-202)

$$T_{in} = 110,6 \text{ } ^\circ\text{C} = 384 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_{out} = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 303 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_{ref} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298 \text{ } ^\circ\text{K}$$

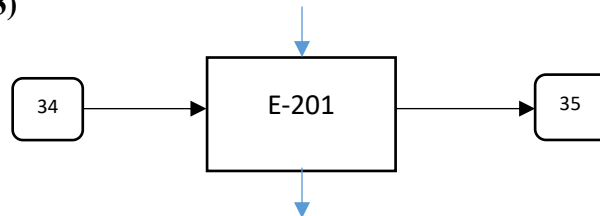
Fungsi : Menurunkan temperatur keluaran bottom destilasi sebelum menuju *Mixing Tank* (M-201).

Tabel 29. Neraca Energi *Cooler* (E-202)

Energi Masuk	Jumlah	Energi Keluar	Jumlah
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
		ΔH out	231875.53
ΔH in	598247.69	Q pendingin	366372.16

Total	598247.69		598247.69
--------------	------------------	--	------------------

2.4.7 Cooler (E-203)



Gambar 22. Neraca Energi *Cooler* (E-203)

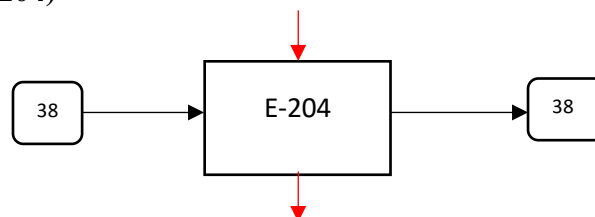
$$\begin{aligned} T_{in} &= 178,7 \text{ }^{\circ}\text{C} &= 452 \text{ }^{\circ}\text{K} \\ T_{out} &= 32 \text{ }^{\circ}\text{C} &= 305 \text{ }^{\circ}\text{K} \\ T_{ref} &= 25 \text{ }^{\circ}\text{C} &= 298 \text{ }^{\circ}\text{K} \end{aligned}$$

Fungsi : Menurunkan temperatur keluaran bottom destilasi MD-202 sebelum menuju tangki penyimpanan benzaldehida.

Tabel 30. Neraca Energi *Cooler* (E-203)

Energi Masuk	Jumlah	Energi Keluar	Jumlah
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
		ΔH_{out}	1791.89
ΔH_{in}	42023.80	Q pendingin	40231.92
TOTAL	42023.80	TOTAL	42023.80

2.4.8 Heater (E-204)



Gambar 23. Neraca Energi *Heater* (E-204)

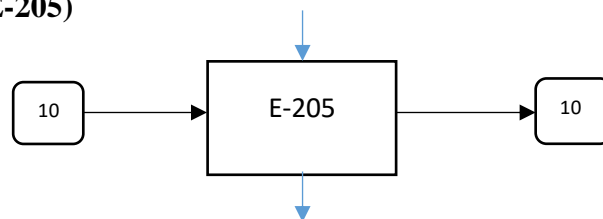
$$\begin{aligned} T_{in} &= 32 \text{ }^{\circ}\text{C} &= 305 \text{ }^{\circ}\text{K} \\ T_{out} &= 130 \text{ }^{\circ}\text{C} &= 403 \text{ }^{\circ}\text{K} \\ T_{ref} &= 25 \text{ }^{\circ}\text{C} &= 298 \text{ }^{\circ}\text{K} \end{aligned}$$

Fungsi : Menaikkan suhu udara sebelum menuju *rotary dryer*.

Tabel 31. Neraca Energi *Heater* (E-204)

Energi Masuk	Jumlah	Energi Keluar	Jumlah
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
ΔH in	21117.12	ΔH out	318077.33
Q pemanas	296960.21		
Total	318077.33		318077.33

2.4.9 Cooler (E-205)

Gambar 24. Neraca Energi *Cooler* (E-205)

$$T_{in} = 111 \text{ }^{\circ}\text{C} = 384 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{out} = 32 \text{ }^{\circ}\text{C} = 305 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

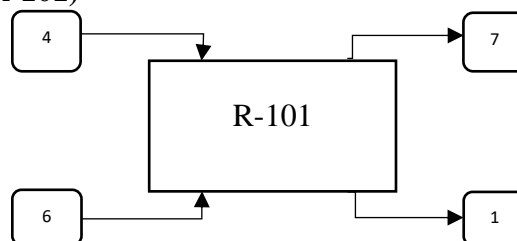
$$T_{ref} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Fungsi : Menurunkan temperatur toluena *recycle* sebelum menuju ke tangki *mixing*.

Tabel 32. Neraca Energi *Cooler* (E-205)

Energi Masuk	Jumlah	Energi Keluar	Jumlah
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
ΔH in	167447.43	ΔH out	13226.15
		Q pendingin	154221.27
TOTAL	167447.43	TOTAL	167447.43

2.4.10 Reaktor (R-101)



Gambar 25. Neraca Energi Reaktor (R-101)

$$T_{in} = 177 \text{ } ^\circ\text{C} = 450 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_{out} = 177 \text{ } ^\circ\text{C} = 450 \text{ } ^\circ\text{K}$$

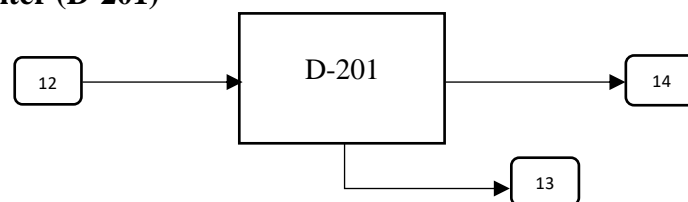
$$T_{ref} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Fungsi : Menjaga temperatur operasi dalam reaktor.

Tabel 33. Neraca Energi Reaktor (R-101)

Energi Masuk	Jumlah	Energi Keluar	Jumlah
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
ΔH in	659563.54	ΔH out	1094800.34
Panas Reaksi	6294328.16	Q pendingin	5859091.37
Total	6953891.71		6953891.71

2.4.11 Dekanter (D-201)



Gambar 26. Neraca Energi Dekanter (D-201)

$$T_{in} = 90 \text{ } ^\circ\text{C} = 363 \text{ } ^\circ\text{K}$$

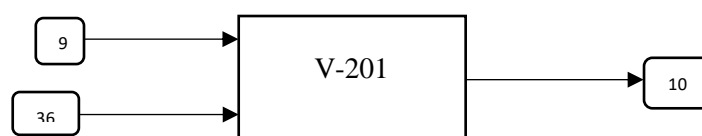
$$T_{out} = 90 \text{ } ^\circ\text{C} = 363 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_{ref} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Tabel 34. Neraca Energi Dekanter (D-201)

Energi Masuk	Jumlah	Energi Keluar	Jumlah
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
ΔH in	305555.33	ΔH out	253541.08
			52014.26
Total	305555.33		305555.33

2.4.12 Tangki *Recycle* Toluena (V-201)

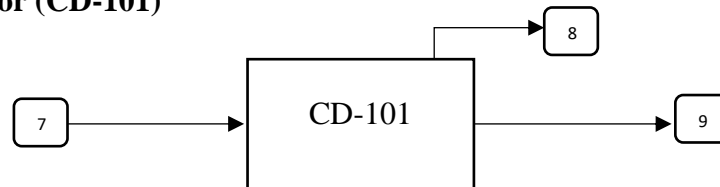
Gambar 27. Neraca Energi Tangki *Recycle* (V-201)

$$\begin{aligned} T_{in} &= 111\text{ }^{\circ}\text{C} &= 384\text{ }^{\circ}\text{K} \\ T_{out} &= 111\text{ }^{\circ}\text{C} &= 384\text{ }^{\circ}\text{K} \\ T_{ref} &= 25\text{ }^{\circ}\text{C} &= 298\text{ }^{\circ}\text{K} \end{aligned}$$

Tabel 35. Neraca Energi *Tangki* Recycle (V-201)

Energi Masuk	Jumlah	Energi Keluar	Jumlah
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
ΔH in	77814.49	ΔH out	167447.43
	108469.52		
TOTAL	186284.01	TOTAL	167447.43

2.4.13 Kondensor (CD-101)



Gambar 28. Neraca Energi Kondensor (CD-101)

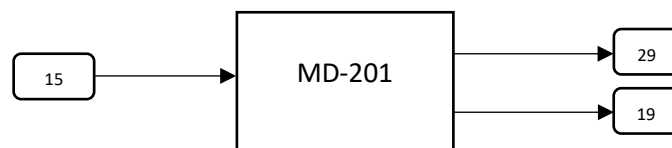
$$\begin{aligned} T_{in} &= 177\text{ }^{\circ}\text{C} &= 450\text{ }^{\circ}\text{K} \\ T_{out} &= 137\text{ }^{\circ}\text{C} &= 410\text{ }^{\circ}\text{K} \\ T_{ref} &= 25\text{ }^{\circ}\text{C} &= 298\text{ }^{\circ}\text{K} \end{aligned}$$

Fungsi : Mengkondensasikan hasil top produk reaktor.

Tabel 36. Neraca Energi Kondensor (CD-101)

Energi Masuk	Jumlah	Energi Keluar	Jumlah
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
ΔH in	342959.20	ΔH out	77814.49
		Q pendingin	265144.71
Total	342959.20		342959.20

2.4.14 Menara Destilasi (MD-201)



Gambar 29. Neraca Energi Destilasi (MD-201)

$$T_{in} = 146 \text{ }^{\circ}\text{C} = 419 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{out,d} = 132,7 \text{ }^{\circ}\text{C} = 406 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{out,b} = 251 \text{ }^{\circ}\text{C} = 524 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

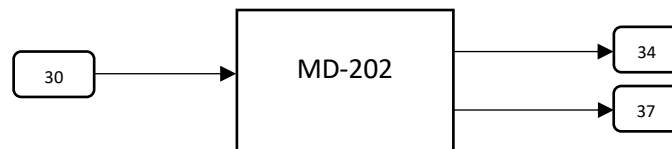
$$T_{ref} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Fungsi : Memisahkan asam benzoat dengan toluena dan benzaldehida.

Tabel 37. Neraca Energi Destilasi (MD-201)

Energi Masuk	Jumlah	Energi Keluar	Jumlah
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
ΔH feed	490157.69	ΔH distilat	175108.59
		ΔH bottom	598247.69
Q reboiler	912227.37	Q kondensor	629028.78
Total	1402385.06		1402385.06

2.4.15 Menara Destilasi (MD-202)



Gambar 30. Neraca Energi Destilasi (MD-202)

$$T_{in} = 116 \text{ }^{\circ}\text{C} = 389 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{out,d} = 111 \text{ }^{\circ}\text{C} = 384 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{out,b} = 179 \text{ }^{\circ}\text{C} = 452 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{ref} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

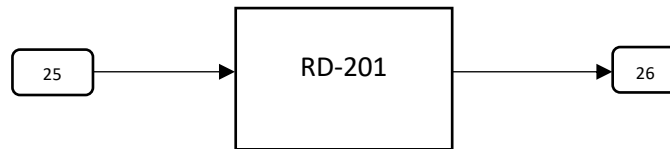
Fungsi : Memisahkan benzaldehida dengan toluena.

Tabel 38. Neraca Energi Destilasi (MD-202)

Energi Masuk	Jumlah	Energi Keluar	Jumlah
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
ΔH feed	140367.07	ΔH distilat	108469.52
		ΔH bottom	42023.80
Q reboiler	332169.89	Q kondensor	322043.64

Total	472536.96		472536.96
--------------	------------------	--	------------------

2.4.16 Rotary Dryer (RD-201)



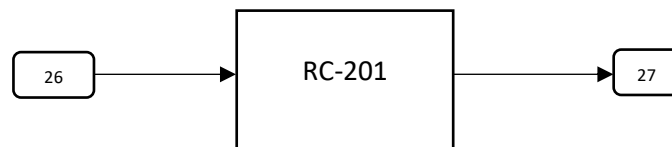
Gambar 31. Neraca Energi *Rotary Dryer* (RD-201)

T_{in}	= 32 °C	= 305,2 °K
T_{out}	= 100 °C	= 373,2 °K
T_{ref}	= 25 °C	= 298 °K

Tabel 39. Neraca Rotary Dryer (RD-201)

Energi Masuk	Jumlah (kJ/jam)	Energi Keluar	Jumlah (kJ/jam)
ΔH_{in}	33362.94	ΔH_{out}	150111.86
Q udara in	544268.94	Q udara out	427520.01
TOTAL	577631.87	TOTAL	577631.87

2.4.17 Rotary Cooler (RC-201)



Gambar 32. Neraca Energi *Rotary Cooler* (RC-201)

T_{in}	= 100 °C	= 373 °K
T_{out}	= 32 °C	= 305 °K
T_{ref}	= 25 °C	= 298 °K

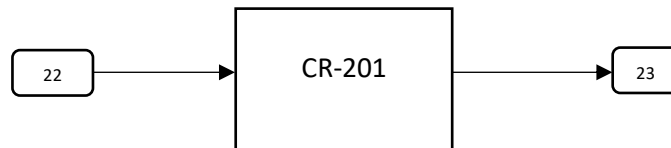
Fungsi : Menurunkan temperatur asam benzoat sebelum menuju ke tangki penyimpanan.

Tabel 40. Neraca Rotary Cooler (RC-201)

Energi Masuk	Jumlah (kJ/jam)	Energi Keluar	Jumlah (kJ/jam)
ΔH_{in}	150111.86	ΔH_{out}	12635.56
Q udara in	430977.52	Q udara	568453.83

		out	
Total	581089.39		581089.39

2.4.18 Kristalizer (CR-201)



Gambar 33. Neraca Energi Kristalizer (CR-201)

$$T_{in} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C} = 343 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{out} = 32 \text{ }^{\circ}\text{C} = 305 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

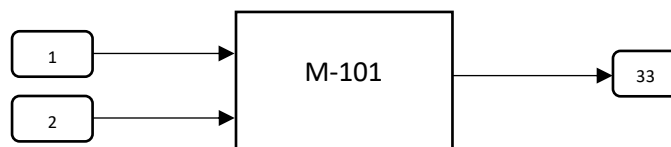
$$T_{ref} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Fungsi : Menurunkan suhu dan membentuk kristal asam benzoat.

Tabel 41. Neraca Energi Kristalizer (CR-201)

Energi Masuk	Jumlah	Energi Keluar	Jumlah
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
ΔH_{in}	255794.11	ΔH_{out}	33362.94
		Q pendingin	222431.17
Total	255794.11		255794.11

2.4.19 Mixing Tank (M-101)



Gambar 34. Neraca Energi *Mixing Tank* (M-101)

$$T_{in} = 32 \text{ }^{\circ}\text{C} = 305 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{out} = 39 \text{ }^{\circ}\text{C} = 305 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{ref} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

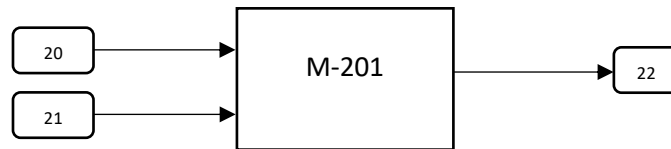
Fungsi : Menghomogenisasi bahan baku dan katalis sebelum masuk reaktor.

Tabel 42. Neraca Energi *Mixing Tank* (M-101)

Energi Masuk	Jumlah	Energi Keluar	Jumlah
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
ΔH_{in}	12774.41	ΔH_{out}	26197.01

Q pengaduk	13422.60		
Total	26197.01		26197.01

2.4.20 *Mixing Tank (M-201)*



Gambar 35. Neraca Energi *Mixing Tank (M-201)*

$$T_{in,bd} = 120 \text{ }^{\circ}\text{C} = 393 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{in,air} = 32 \text{ }^{\circ}\text{C} = 305 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{out} = 71 \text{ }^{\circ}\text{C} = 344 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

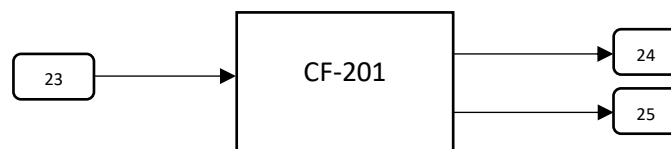
$$T_{ref} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Fungsi : Menghomogenisasi dan melarutkan asam benzoat dengan pelarut air proses sebelum masuk kristalizer.

Tabel 43. Neraca Energi *Mixing Tank (M-201)*

Komponen	Input		Output
	21	20	22
C ₇ H ₆ O ₂	1261.91	0.00	1261.91
H ₂ O	0.00	757.15	757.15
C ₇ H ₆ O	0.15	0.00	0.15
Total	1262.07	757.15	2019.21
	2019.21		2019.21

2.4.21 *Centrifuge (CF-201)*



Gambar 36. Neraca Energi *Centrifuge (CF-201)*

$$T_{in} = 32 \text{ }^{\circ}\text{C} = 305 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{out} = 32 \text{ }^{\circ}\text{C} = 305 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{ref} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Fungsi : Memisahkan kristal asam benzoat dari larutan induk sehingga membentuk endapan kristal.

Tabel 44. Neraca Energi Centrifuge (CF-201)

Komponen	Input	Output	
	23	24	25
C ₇ H ₆ O ₂	0.03	0.03	0.00
C ₇ H ₆ O ₂ (k)	1261.88	0.00	1261.88
H ₂ O	757.15	719.29	37.86
C ₇ H ₆ O	0.15	0.15	0.00
Total	2019.21	719.48	1299.74
	2019.21	2019.21	