

EXECUTIVE SUMMARY
TUGAS MATA KULIAH PERANCANGAN PABRIK KIMIA



PRA PERANCANGAN PABRIK PEMBUATAN BIODIESEL
DARI LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT

Disusun Oleh :

- 1. Ronald Alfianto L2C008100**
- 2. Siswanto L2C008105**

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2012

EXECUTIVE SUMMARY

JUDUL TUGAS	PERANCANGAN PABRIK PEMBUATAN BIODIESEL	
	DARI LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT	
	KAPASITAS	500.000 TON/TAHUN

1. STRATEGI PERANCANGAN

Latar Belakang	<p>Meningkatnya kebutuhan bahan bakar minyak menyebabkan persediaan minyak mentah semakin sedikit. Hal ini menyebabkan semakin berkembangnya usaha diversifikasi bahan bakar yang ramah terbarukan dan ramah lingkungan, seperti bahan bakar biodiesel. Bahan bakar biodiesel merupakan bahan bakar ramah lingkungan karena emisi gas buang dan kandungan gas beracunnya rendah.</p> <p>Biodiesel dapat diproduksi dari bahan baku minyak nabati seperti biji kanola, minyak kedelai, minyak kelapa sawit, dll. Perkembangan area perkebunan kelapa sawit yang diikuti dengan pembangunan pabrik yang cukup pesat akan mempengaruhi lingkungan sekitarnya terutama badan air penerima limbah sehingga perlu dikendalikan dengan cara pemanfaatan, pengurangan volume limbah, dan pengawasan mutu limbah.</p> <p>Limbah cair dari pabrik kelapa sawit sangat potensial untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Hal ini karena jumlah limbah cair dari pabrik kelapa sawit yang dihasilkan tiap tahunnya cukup besar dan jika tidak diolah dapat merusak lingkungan. Selain itu, harga limbah cair dari pabrik kelapa sawit relatif murah sehingga harga biodiesel dari bahan baku limbah cair dari pabrik kelapa sawit mampu bersaing dengan harga minyak solar. Oleh</p>
-----------------------	--

	<p>karena itu, perlu dilakukan kajian mengenai pembuatan biodiesel dari limbah cair dari pabrik kelapa sawit skala pabrik.</p>
<p>Dasar Penetapan Kapasitas Produksi</p>	<p>Untuk menentukan kapasitas pabrik yang akan didirikan harus mempertimbangkan beberapa hal, seperti:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Bahan baku b. Kebutuhan c. Kapasitas pabrik sejenis <p>Berdasarkan data dari APEC Biofuels, kebutuhan biodiesel setiap tahun mengalami peningkatan dan penurunan secara signifikan dan dari data tersebut dapat dicari perkiraan kebutuhan biodiesel pada tahun 2015. Berdasarkan pertimbangan – pertimbangan di atas, maka direncanakan pabrik biodiesel berkapasitas 500.000 ton/tahun yang diharapkan dapat mengurangi sebagian kekurangan konsumsi domestic biodiesel tahun 2015.</p>
<p>Dasar Penetapan Kapasitas Lokasi</p>	<p>Pendirian lokasi pabrik berdasarkan pertimbangan berikut ini :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bahan Baku <p>Bahan baku utama CPO diperoleh dari PTPN II yang ada di daerah tebing tinggi dengan kapasitas 236.000 ton/tahun, merupakan produksi kelapa sawit terbesar di daerah tersebut.</p> 2. Pemasaran Produk <p>Lokasi Bukit Tinggi yang dekat dengan laut memungkinkan produk biodiesel dapat diangkut ataupun dikapalkan dengan mudah ke dalam maupun luar negeri.</p> 3. Trasportasi <p>Lokasi yang dipilih merupakan kawasan perluasan industry dan direncanakan dekat dengan jalan raya, telah tersedia saran pelabuhan dan pengangkutan darat.</p>

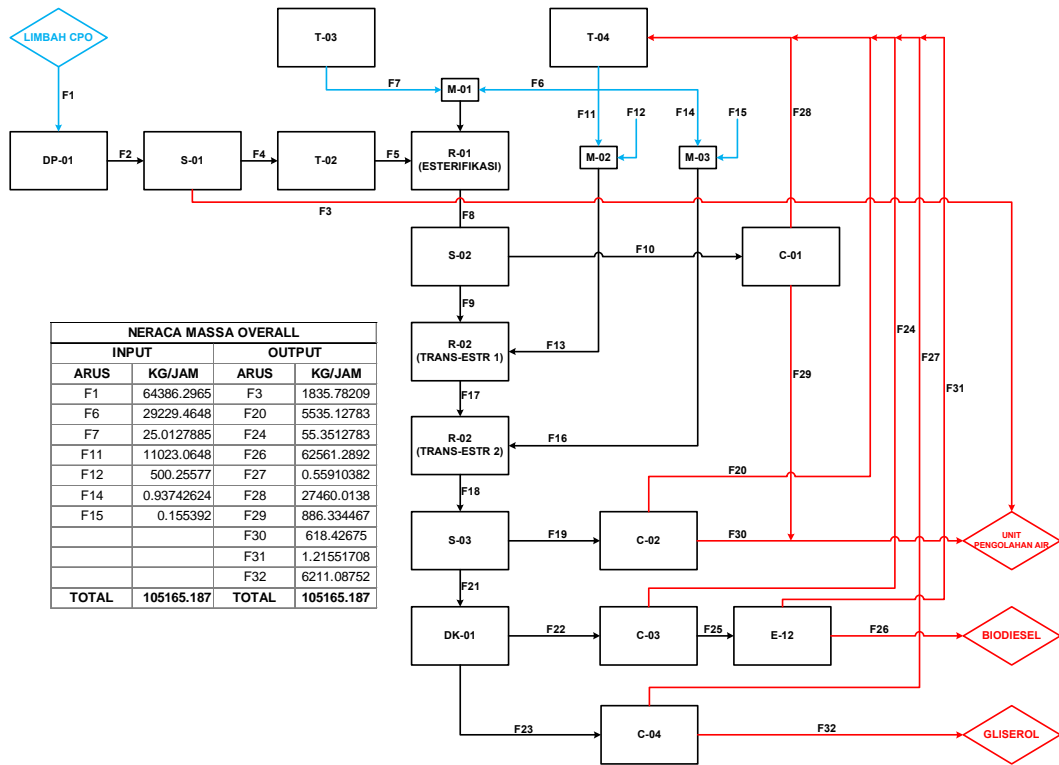
	<p>4. Tenaga Kerja</p> <p>Tenaga kerja direkrut dari perguruan tinggi local dan PT lainnya serta masyarakat sekitar.</p> <p>5. Utilitas</p> <p>Kebutuhan air baku dapat dipenuhi dari sungai Padang, sedangkan sumber listrik dapat dipenuhi dari PLN, disamping itu energi listrik juga dapat diproduksi sendiri menggunakan Diesel Generator Jet.</p>
Pemilihan Proses	<p>Dalam perancangan ini, dipilih proses transesterifikasi untuk memproduksi biodiesel. Hal ini karena proses tersebut sering digunakan karena relatif sederhana tanpa membutuhkan peralatan yang rumit, pnegendalian operasi dapat dilakukan dengan mudah karena suhu operasi relatif rendah yaitu 63°C, tekanan 1 atm (Susetiyono, 2006).</p>
Bahan Baku	
Jenis	<p>Limbah Cair (sludge) Industri Kelapa Sawit, lebih dikenal dengan limbah CPO</p>
Spesifikasi	<p><i>Limbah CPO :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Air : 2.26 % ▪ Kotoran : 0.62 % ▪ Minyak : 97.12 % <ul style="list-style-type: none"> ▪ FFA : 19.424 % ▪ Trigliserida : 77.696 % <p><i>Methanol (CH₃OH)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Berat molekul : 32.042 gr/mol ▪ Titik leleh : -97°C ▪ Titik didih : 67.7°C ▪ Specific gravity : 0.792 ▪ Densitas : 0.7918 × 10³ kg/m³ ▪ Viskositas : 0.59 mPa.s pada 20°C ▪ Merupakan cairan yang tidak berwarna. <p><i>Natrium Hidroksida (NaOH)</i></p>

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Berat molekul : 40 gr/mol ▪ Titik leleh : 318.4°C ▪ Titil didih : 1390°C ▪ Specific gravity : 2.130 ▪ Densitas : 1.5181 gr/ml ▪ Viskositas : 1.80 cP ▪ Merupakan cairan yang tidak berwarna. <p><i>Asam Sulfat (H₂SO₄)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Berat molekul : 98 gr/mol ▪ ΔH_f : -813989 J/gmol ▪ Freezing point : 10.31°C ▪ T_c : 650,85 °C ▪ P_c : 64 bar ▪ Cp : 139 J/gmol.K ▪ Merupakan cairan yang tidak berwarna (kuning cerah pada konsentrasi tinggi)
Kebutuhan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limbah CPO : 64386.30 kg/jam ▪ Methanol : 28644.88 kg/jam ▪ NaOH : 500.26 kg/jam ▪ H₂SO₄ : 24.26 kg/jam
Asal	PTPN II yang ada di daerah tebing tinggi.
Produk	
Jenis	Produk utama : Metil Ester (biodiesel) Produk samping : Gliserol (C ₈ H ₈ O ₃)
Spesifikasi	Produk utama : <i>Metil Etil Ester (biodiesel)</i> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Specific gravity : 0,87-0,89 ▪ Cetane number : 46-70 ▪ Sulfur (%wt) : 0.0-0,0024 ▪ Pour point (°C) : 15 ▪ Lower heating value (Btu/lb) : 15700 - 16735 ▪ Heating number (Btu/lb) : 16928 - 17996 ▪ Viskositas kinematik pada 40 °C : 1,9 – 6,0 (mm²/s) ▪ Flash Point (°C) : 17 Produk samping : <i>Gliserol (C₈H₈O₃)</i> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Berat molekul : 92.09 gr/mol ▪ Titik leleh : 18.17°C

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Titil didih : 290°C ▪ Specific gravity : 1.260 ▪ Densitas : 1.2617 gr/cm³ ▪ Titik api (°C) : 204 ▪ Merupakan larutan berwarna jernih, kental, tidak berbau, tidak berwarna.
Laju Produksi	63131.31 kg/jam
Daerah Pemasaran	Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan luar negeri

2. DIAGRAM ALIR PROSES DAN PENERACAAN

2.1 Diagram Alir



NERACA MASSA OVERALL			
INPUT		OUTPUT	
ARUS	KG/JAM	ARUS	KG/JAM
F1	64386.2965	F3	1835.78209
F6	29229.4648	F20	5535.12783
F7	25.0127885	F24	55.3512783
F11	11023.0648	F26	62561.2892
F12	500.25577	F27	0.55910382
F14	0.93742624	F28	27460.0138
F15	0.155392	F29	886.334467
		F30	618.42675
		F31	1.21551708
		F32	6211.08752
TOTAL	105165.187	TOTAL	105165.187

2.2 Peneracaan

2.2.1 Neraca Massa

2.2.2.1 Deoling Pond (DP-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 1		Arus 2	
Air	1455.130302		1455.130302	
Kotoran	399.1950385		399.1950385	
FFA	12506.39424		12506.39424	
Trigliserida	50025.57696		50025.57696	
Jumlah	64386.29654		64386.29654	

2.2.2.2 Filter Press (S-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 2	Arus 3	Arus 3	Arus 4
trigliserida	50025.57696	0	50025.57696	50025.57696
FFA	12506.39424	0	12506.39424	12506.39424
kotoran	399.1950385	395.2030881	3.991950385	3.991950385
air	1455.130302	1440.578999	14.55130302	14.55130302
jumlah		1835.782087	62550.51445	62550.51445
	64386.29654		64386.29654	

2.2.2.3 Tangki Pengumpul CPO (T-02)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 4		Arus 5	
Trigliserida	50025.57696		50025.57696	
FFA	12506.39424		12506.39424	
Air	3.991950385		3.991950385	
Kotoran	14.55130302		14.55130302	
jumlah	62550.51445		62550.51445	

2.2.2.4 Reaktor Esterifikasi (R-01)

Komposisi	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)
	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8
Trigliserida	50025.57696	0	0	50025.57696
FFA	12506.39424	0	0	250.1278848
Methanol	0	28644.87546	0	27190.35234

Metil Ester	0	0	0	12892.62022
H ₂ SO ₄	0	0	24.26240482	24.26240482
Air	14.55130302	584.5892952	0.750383654	1418.060237
Kotoran	3.991950385	0	0	3.991950385
Jumlah	62550.51445	29229.46476	25.01278848	
			91804.992	91804.992

2.2.2.5 Centrifuge I (S-02)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10	
Trigliserida	50025.57696	50025.57696	0	
FFA	250.1278848	250.1278848	0	
Methanol	27190.35234	271.9035234	26918.44882	
Metil Ester	12892.62022	12892.62022	0	
H ₂ SO ₄	24.26240482	0.242624048	24.01978078	
Air	1418.060237	14.18060237	1403.879635	
Kotoran	3.991950385	3.991950385	0	
Jumlah		63458.64376	28346.34824	
	91804.992		91804.992	

2.2.2.6 Mixer II (M-02)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 11	Arus 12	Arus 13	
Methanol	10802.60351	0	10802.60351	
NaOH	0	500.2557696	500.2557696	
Air	220.4612961	0	220.4612961	
Jumlah	11023.06481	500.2557696		
		11523.32058	11523.32058	

2.2.2.7 Mixer III (M-03)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 14	Arus 15	Arus 16	
Methanol	0.836987713	0	0.836987713	
NaOH	0	0.155392	0.155392	
Air	0.100438526	0	0.100438526	
Jumlah	0.937426238	0.155392		
		1.092818238	1.092818238	

2.2.2.8 Reaktor Transesterifikasi I (R-02)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 9	Arus 13	Arus 17
Trigliserida	50025.57696	0	1000.511539
FFA	250.1278848	0	250.1278848
Methanol	271.9035234	10802.60351	5589.185029
Metil Ester	12892.62022	0	62146.24072
H ₂ SO ₄	0.242624048	0	0.242624048
Air	14.18060237	220.4612961	234.6418985
Kotoran	3.991950385	0	3.991950385
NaOH	0	500.2557696	500.2557696
Gliserol	0	0	5256.766921
Jumlah	63458.64376	11523.32058	
		74981.96434	74981.96434

2.2.2.9 Reaktor Transesterifikasi II (R-03)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 17	Arus 16	Arus 18
Trigliserida	1000.511539	0	20.01023078
FFA	250.1278848	0	250.1278848
Methanol	5589.185029	0.836987713	5480.315577
Metil Ester	62146.24072	0	63131.31313
H ₂ SO ₄	0.242624048	0	0.242624048
Air	234.6418985	0.100438526	234.742337
Kotoran	3.991950385	0	3.991950385
NaOH	500.2557696	0.155392	500.4111616
Gliserol	5256.766921		5361.90226
jumlah	74981.96434	1.092818238	
		74983.05716	74983.05716

2.2.2.10 Centrifuge II (S-03)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 18	Arus 19	Arus 21
Trigliserida	20.01023078	0	20.01023078
FFA	250.1278848	0	250.1278848
Methanol	5480.315577	5425.512421	54.80315577
Metil Ester	63131.31313	0	63131.31313
H ₂ SO ₄	0.242624048	0.240197808	0.00242624

Air	234.6367435	232.2903761	2.346367435
Kotoran	3.991950385	0	3.991950385
NaOH	500.4111616	495.40705	5.004111616
Gliserol	5361.90226	0	5361.90226
Jumlah		6153.450045	68829.50257
	74983.05716		74983.05716

2.2.2.11 Dekanter (DK-01)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 21	Arus 22	Arus 23	
Trigliserida	20.01023078	0.200102308	19.81012847	
FFA	250.1278848	2.501278848	247.6266059	
Methanol	54.80315577	54.25512421	0.548031558	
Metil Ester	63131.31313	62500	631.3131313	
H ₂ SO ₄	0.00242624	0.002401978	2.42624E-05	
Air	2.34742337	2.323949137	0.023474234	
Kotoran	3.991950385	0	3.991950385	
NaOH	5.004111616	4.9540705	0.050041116	
Gliserol	5361.90226	53.6190226	5308.283237	
Jumlah		62617.85595	6211.646624	
	68829.50257		68829.50257	

2.2.2.12 Kolom Pemurnian Biodiesel (C-03)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 22	Arus 24	Arus 25	
Trigliserida	0.200102308	0	0.200102308	
FFA	2.501278848	0	2.501278848	
Methanol	54.25512421	54.24425275	0.010871456	
Metil Ester	62500	0	62500	
H ₂ SO ₄	0.002401978	0	0.002401978	
Air	2.323949137	1.107025566	1.21692357	
Kotoran	0	0	0	
NaOH	4.9540705	0	4.9540705	
Gliserol	53.6190226	0	53.6190226	
Jumlah		55.35127832	62562.50467	
	62617.85595		62617.85595	

2.2.2.13 Kolom Pemurnian Gliserol (C-04)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 23	Arus 27	Arus 32	
Trigliserida	19.81012847	0	19.81012847	
FFA	247.6266059	0	247.6266059	
Methanol	0.548031558	0.547921745	0.000109813	
Metil Ester	631.3131313	0	631.3131313	
H ₂ SO ₄	2.42624E-05	0	2.42624E-05	
Air	0.023474234	0.011182076	0.012292157	
Kotoran	3.991950385	0	3.991950385	
NaOH	0.050041116	0	0.050041116	
Gliserol	5308.283237	0	5308.283237	
Jumlah		0.559103821	6211.087521	
	6211.646624		6211.646624	

2.2.2.14 Kolom Recovery Methanol I (C-01)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 10	Arus 28	Arus 29	
Methanol	26918.44882	26910.81349	7.635326495	
Air	1403.879635	549.2002754	854.6793596	
H ₂ SO ₄	24.01978078	0	24.01978078	
Jumlah		27460.01377	886.3344668	
	28346.34824		28346.34824	

2.2.2.15 Kolom Recovery Methanol II (C-02)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 19	Arus 20	Arus 30	
Methanol	5425.512421	5424.425275	1.087145568	
Air	232.3949137	110.7025566	121.692357	
H ₂ SO ₄	0.240197808	0	0.240197808	
NaOH	495.40705	0	495.40705	
Jumlah		5535.127832	618.4267504	
	6153.554582		6153.554582	

2.2.2.16 Evaporator (E-12)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 25	Arus 31	Arus 26	
Trigliserida	0.200102308	0	0.200102308	
FFA	2.501278848	0	2.501278848	
Methanol	0.010871456	0.010762741	0.000108715	
Metil Ester	62500	0	62500	
H ₂ SO ₄	0.002401978	0	0.002401978	
Air	1.21692357	1.204754334	0.012169236	
Kotoran	0	0	0	
NaOH	4.9540705	0	4.9540705	
Gliserol	53.6190226	0	53.6190226	
Jumlah		1.215517076	62561.28915	
	62562.50467		62562.50467	

2.2.2 Neraca Energi

2.2.2.1 Reaktor Esterifikasi (R-01)

Komposisi	Input (kJ/jam)				Output (kJ/jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus Utilitas	Arus 8	
Trigliserida	3380401.517	0	0	0	3380401.517	
FFA	873003.007	0	0	0	17460.06014	
Methanol	0	2638784.655	0	0	2504793.035	
Metil Ester	0	0	0	0	890373.7757	
H ₂ SO ₄	0	0	1384.649502	0	1384.649502	
Air	175.0284916	95738.21879	109.8339694	0	205432.1898	
Kotoran	2347.974124	0	0	0	2347.974124	
Steam	0	0	0	8961.131791	0	
Jumlah	4255927.527	2734522.874	1494.483471	8961.131791		
				7002193.201	7002193.201	

Kebutuhan steam = 3.97054889 kg/jam

2.2.2.2 Reaktor Transesterifikasi I (R-02)

Komposisi	Input (kJ/jam)			Output (kJ/jam)	
	Arus 9	Arus 13	Arus Utilitas	Arus 17	
Trigliserida	2897487.015	0	0	73403.00437	
FFA	14965.76583	0	0	18956.63672	
Methanol	21324.44541	9.95×10 ⁰⁵	0	561387.4087	
Metil Ester	763177.522	0	0	4599875.884	

H ₂ SO ₄	10.38487126	0	0	49.84738205
Air	1777.959131	32269.01214	0	37302.60434
Kotoran	165.3865045	0	0	209.4895723
NaOH	0	243095.4893	0	248267.7337
Gliserol	0	0	0	462843.3799
Steam	0	0	4794914.937	0
Jumlah	63458.64376	11523.32058	4794914.937	
			6002295.989	6002295.989

Kebutuhan steam = 2124.55799 kg/jam

2.2.2.3 Reaktor Transesterifikasi II (R-03)

Komposisi	Input (kJ/jam)			Output (kJ/jam)
	Arus 17	Arus 16	Arus Utilitas	Arus 18
Trigliserida	57949.74029	0	0	73403.00437
FFA	14965.76583	0	0	18956.63672
Methanol	438340.2964	7.71×10 ⁰¹	0	561387.4087
Metil Ester	3631480.961	0	0	4599875.884
H ₂ SO ₄	12.11568314	0	0	14.88498214
Air	29419.3219	14.70122899	0	37302.60434
Kotoran	165.3865045	0	0	209.4895723
NaOH	234475.0819	75.51156142	0	248267.7337
Gliserol	365402.6684	0	0	462843.3799
Steam	0	0	1.23×10 ⁰⁶	0
Jumlah	4772211.338	167.3166457	1.23×10 ⁰⁶	
			6002261.026	6002261.026

Kebutuhan steam = 545.502728 kg/jam

2.2.2.4 Heater (E-01)

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)
	Arus 5 ⁽¹⁾	Arus Utilitas	Arus 5 ⁽²⁾
Trigliserida	482914.5024	0	3380401.517
FFA	124714.7153	0	873003.007
Air	24.89974635	0	175.0284916
Kotoran	335.4248749	0	2347.974124
Steam	0	3647937.984	0
jumlah	607989.5423	3647937.984	
		4255927.527	4255927.527

Kebutuhan steam = 1616.34897 kg/jam

2.2.2.5 Heater (E-05)

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)
	Arus 13 ⁽¹⁾	Arus Utilitas	Arus 13 ⁽²⁾
NaOH	191373.0448	0	243095.4893
Metanol	1.37×10 ⁰⁵	0	9.95×10 ⁰⁵
Air	36389.64967	0	64068.03653
Steam	0	937445.9645	0
jumlah	364860.4593	937445.9645	
		1302306.424	1302306.424
Kebutuhan steam = 415.368853 kg/jam			

2.2.2.6 Heater (E-07)

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)
	Arus 16 ⁽¹⁾	Arus Utilitas	Arus 16 ⁽²⁾
NaOH	59.44527176	0	75.51156142
Metanol	1.06×10 ⁰¹	0	1.14×10 ⁰³
Air	16.5785234	0	29.18833933
Steam	0	1157.835577	0
jumlah	86.64615526	1157.835577	
		1244.481732	1244.481732
Kebutuhan steam = 0.51302033 kg/jam			

2.2.2.7 Heater (E-09)

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)
	Arus 22 ⁽¹⁾	Arus Utilitas	Arus 22 ⁽²⁾
Trigliserida	11.58994806	0	15.83959568
FFA	149.6576583	0	204.5321331
Metanol	4255.040243	0	5905.469273
Metil Etser	3652152.687	0	4991275.339
H ₂ SO ₄	0.119945263	0	0.157642346
Air	291.375957	0	398.7708182
Kotoran	0	0	0
NaOH	2322.024365	0	2509.83516
Gliserol	3727.107217	0	5093.713197
Steam	0	1342494.055	0
jumlah	3662909.603	1342494.055	
		5005403.657	5005403.657
Kebutuhan steam = 594.839849 kg/jam			

2.2.2.8 Heater (E-10)

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)
	Arus 23 ⁽¹⁾	Arus Utilitas	Arus 23 ⁽²⁾
Trigliserida	1147.404858	0	1568.119972
FFA	14816.10818	0	20248.68117
Metanol	42.98020448	0	59.65120478
Metil Ester	36890.43119	0	50416.92262
H ₂ SO ₄	0.001211568	0	0.001592347
Air	2.943191485	0	4.027988063
Kotoran	0	0	0
NaOH	23.45479157	0	25.3518703
Gliserol	368983.6145	0	504277.6065
Steam	0	154693.4248	0
jumlah	421906.9381	154693.4248	
		576600.3629	576600.3629

Kebutuhan steam = 68.5424364 kg/jam

2.2.2.9 Cooler (E-04)

Komposisi	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)	
	Arus 9 ⁽¹⁾	Arus 9 ⁽²⁾	Arus Utilitas	
Trigliserida	3670150.22	2897487.015	0	
FFA	18956.6367	14965.76583	0	
Methanol	27310.46	21324.44541	0	
Metil Ester	966691.528	763177.522	0	
H ₂ SO ₄	13.1541703	10.38487126	0	
Air	2254.38595	1777.959131	0	
Kotoran	209.489572	165.3865045	0	
Air Pendingin	0	0	986677.3945	
Jumlah		3698908.478	986677.3945	
	4685585.87		4685585.87	

Kebutuhan air pendingin = 7868.24079 kg/jam

2.2.2.10 Cooler (E-06)

Komposisi	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)	
	Arus 17 ⁽¹⁾	Arus 17 ⁽²⁾	Arus Utilitas	
Trigliserida	73403.00437	57949.74029	0	
FFA	18956.63672	14965.76583	0	
Methanol	561387.4087	438340.2964	0	

Metil Ester	4599875.884	3631480.961	0
H ₂ SO ₄	26.30834053	20.76974252	0
Air	37302.60434	29419.3219	0
Kotoran	209.4895723	165.3865045	0
NaOH	131030.1928	103444.8891	0
Gliserol	462843.3799	365402.6684	0
Air Pendingin	0	0	1243845.11
Jumlah		4641189.799	1243845.11
	5885034.909		5885034.909
Kebutuhan air pendingin = 9919.02001 kg/jam			

2.2.2.11 Cooler (E-11)

Komposisi	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)	
	Arus 26 ⁽¹⁾	Arus 26 ⁽²⁾	Arus Utilitas	
Trigliserida	27.04321214	15.83959568	0	
FFA	349.2012028	204.5321331	0	
Methanol	0.011039817	0.006316288	0	
Metil Ester	8521788.464	4991333.243	0	
H ₂ SO ₄	0.257025564	0.157642346	0	
Air	1.599469461	0.934333429	0	
Kotoran	0	0	0	
NaOH	3004.972708	2509.83516	0	
Gliserol	8696.583507	5093.713197	0	
Air Pendingin	0	0	3534709.871	
Jumlah		4999158.262	3534709.871	
	8533868.133		8533868.133	
Kebutuhan air pendingin = 28187.479 kg/jam				

2.2.2.12 Evaporator (E-12)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 25	Arus Utilitas	Arus 31	Arus 26
Trigliserida	11.58994806	0	0	27.04321214
FFA	149.6576583	0	0	349.2012028
Methanol	0.852610368	0	1.18	0.011039817
Metil Ester	3652195.056	0	0	8521788.464
H ₂ SO ₄	0.119945263	0	0	0.257025564
Air	152.5774658	0	169.7130991	1.599469461
Kotoran	0	0	0	0
NaOH	2322.024365	0	0	3004.972708

Gliserol	3727.107217	0	0	8696.583507
Steam	0	4.88×10^{06}	0	0
Jumlah	3658558.985	4.88×10^{06}	1.71×10^{02}	8533868.133
	8.53×10^{06}		8.53×10^{06}	
Kebutuhan steam = 2160.17951 kg/jam				

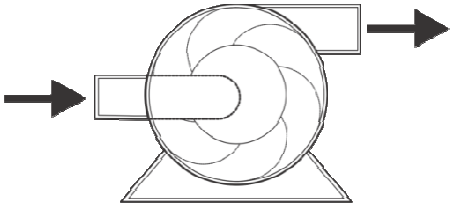
2.2.2.13 Kolom Destilasi (C-011)

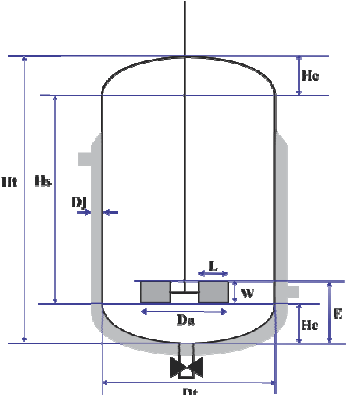
Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)		
	$Q_{reboiler}$	Q_F	Q_w	Q_D	Q_c
Air	0.0	205432.2	1261337.6	240897.0	0.0
Methanol	0.0	2504793.0	18916.9	8447754.6	0.0
Steam	44529311.6	0.0	0.0	0.0	0.0
H ₂ SO ₄	0.0	1384.649502	11035.3	0.0	0.0
Air Pendingin	0.0	0.0	0.0	0.0	37260980.0
Jumlah	44529311.6	2711609.9	1291289.8	8688651.6	37260980.0
Total	47240921.4		47240921.4		
Kebutuhan steam	= 21,373.3 kg/jam				
Kebutuhan air pendingin	= 891,411.0 kg/jam				

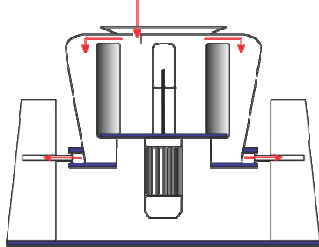
3. PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

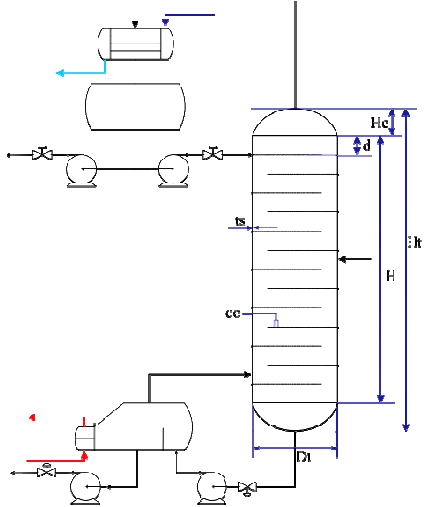
3.1 Peralatan Proses

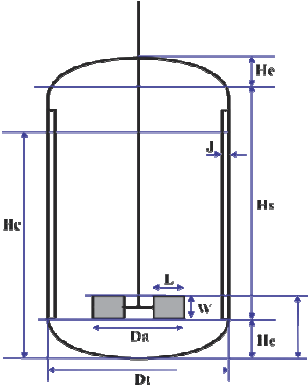
Tangki	Picture :
Kode	T-04
Fungsi	Menyimpan produk metanol
Tipe tangki	Silinder vertikal dengan flat bottom dan head conical
Bahan konstruksi	Carbon Steel SA 283 Grade D

Jumlah	1 buah
Kapasitas	4082680.416 lb
Volume	703332.4697 gallon
Dimensi tangki :	
❖ Tinggi (H)	40 ft
❖ Diameter (D)	100 ft
❖ Tinggi head (h)	13.22 ft
❖ Tebal head (t _h)	1 in
❖ Jumlah course	5 buah
• Ukuran course 1	31.411 ft × 8 ft × 0.91 in
• Ukuran course 2	31.408 ft × 8 ft × 0.8 in
• Ukuran course 3	31.402 ft × 8 ft × 0.57 in
• Ukuran course 4	31.399 ft × 8 ft × 0.46 in
• Ukuran course 5	31.394 ft × 8 ft × 0.26 in
Pompa	Picture : 
Kode	P-05
Fungsi	Mengalirkan metanol dari Tangki Metanol (T-04) ke Mixer II (M-02)
Tipe pompa	Sentrifugal
Bahan konstruksi	<i>cast iron</i>
Jumlah	1 buah
Kapasitas	44.389574475 gal/mnt
Dimensi pipa :	
❖ D nominal	5 in
❖ ID	5.047 in
❖ OD	5.563 in
❖ Tebal Pipa	0.258 in
❖ Sch	40
Tenaga motor	1 HP

<p style="text-align: center;">Reaktor Esterifikasi</p>	<p>Picture :</p> 
<p>Kode</p>	<p>R-01</p>
<p>Fungsi</p>	<p>Tempat berlangsungnya reaksi antara CPO, metanol dan H₂SO₄.</p>
<p>Tipe Reaktor</p>	<p>Reaktor berpengaduk <i>marine propeller</i> tiga daun dengan tutup <i>Ellipsoidal</i>. serta dilengkapi dengan <i>jacket</i> pemanas.</p>
<p>Bahan Konstruksi</p>	<p><i>Carbon steel</i>. SA – 283 Gr.C</p>
<p>Jumlah Reaktor Transesterifikasi</p>	<p>1 buah</p>
<p>Kapasitas</p>	<p>106.5264642 m³/jam</p>
<p>Kondisi operasi :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Temperature ❖ Tekanan 	<p>55°C 1 atm</p>
<p>Dimensi reaktor :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Tinggi total tangki ❖ Volume tangki ❖ Tebal <i>shell</i> ❖ Pengaduk <ul style="list-style-type: none"> Jenis Diameter impeler (Da) Lebar daun impeler (W) Tinggi pengaduk dari dasar tangki Tenaga motor ❖ <i>Jacket</i> <ul style="list-style-type: none"> D_{in} D_{out} Luas yang dilalui steam (A) 	<p>6.484116118 m 127.831757 m³ 0.585940583 in <i>Marine propeller</i> tiga daun 1.729097631 m 0.345819526 m 1.729097631 m 130 HP 5.196820696 m 5.222220696 m 0.208859084 m²</p>

Centrifuge	Picture : 
Kode	S-02
Fungsi	Memisahkan metil ester dari campuran yang berasal dari reaktor esterifikasi (R-01) berdasarkan perbedaan densitas komponennya.
Tipe <i>Centrifuge</i>	<i>Laboratory super centrifuge</i> , jenis Horizontal silinder
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel. SA – 283 Gr.C</i>
Jumlah Centrifuge	1 buah
Kapasitas <i>Centrifuge</i>	482.6022188 gal/menit
Kondisi operasi :	
❖ Daya penggerak motor (P)	1/20 HP
❖ Temperature	55°C
❖ Tekanan	1 atm
Dimensi <i>Centrifuge</i> :	
❖ R ₁	1 ¾ in
❖ R ₂	7 ¼ in
❖ γ	10.000 rpm = 166.67 rps
❖ Σ	528 ft ² (tubular disk 1 ¾ in. ID 7 ¼ in. long operating at 10.000 rpm)
❖ Tinggi sentrifusi (b)	1.7754 ft = 0.5411 m
Kinerja alat :	
❖ Kecepatan pemisahan (v _t)	3.665365082 ft/jam = 1.117734954 m/jam
❖ Waktu tinggal (θ)	1.78017744 detik
❖ Volume bahan dalam sentifusi (V)	1.914 ft ³

<p style="text-align: center;">Kolom Destilasi</p>	<p>Picture :</p> 
<p>Kode</p>	<p>C-01</p>
<p>Fungsi</p>	<p>Memisahkan campuran metanol dengan air dan katalis</p>
<p>Tipe Kolom</p>	<p><i>Sieve tray</i></p>
<p>Bahan Konstruksi</p>	<p><i>Carbon steel SA-285 grade C</i></p>
<p>Jumlah</p>	<p>1 buah</p>
<p>Kapasitas kolom</p>	<p>880.64738 kg/jam</p>
<p>Kondisi operasi :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Temperature ❖ Tekanan 	<p>66.32016 °C = 339.47016 K 106.3913 kPa</p>
<p>Dimensi kolom :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Tinggi kolom (H_t) ❖ Tinggi tutup (H_c) ❖ <i>Joint efficiency</i> ❖ Tebal <i>shell</i> kolom (t_s) ❖ Factor korosi ❖ Jumlah tray ❖ <i>Tray spacing</i> (d) ❖ <i>Hole diameter</i> (d_o) ❖ <i>Pitch</i> 	<p>4.080094152 m 0.009 m 0.8 3/16 in 0.125 13 buah 0.15 m 4.5 mm <i>triangular</i> ¾ in</p>

<p style="text-align: center;">Mixer</p>	<p>Picture :</p> 
<p>Kode</p>	<p>M-01</p>
<p>Fungsi</p>	<p>mencampur H₂SO₄ dan Methanol</p>
<p>Tipe <i>mixer</i></p>	<p>silinder vertical dengan alas dan tutup <i>ellipsoidal</i></p>
<p>Bahan Konstruksi</p>	<p><i>carbon steel SA-113 Grade C</i></p>
<p>Jumlah</p>	<p>1 buah</p>
<p>Kapasitas <i>mixer</i></p>	<p>2013.772609 m³/jam</p>
<p>Kondisi operasi :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Temperature ❖ Tekanan ❖ Kecepatan pengadukan ❖ Daya motor penggerak 	<p>30°C 1 atm 2 putaran/detik 5.393111974 HP</p>
<p>Dimensi tangki <i>mixer</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Tinggi mixer ❖ Tinggi ellipsoidal head ❖ Tinggi <i>shell</i> ❖ Diameter dalam mixer <p>Dimensi pengaduk :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Jenis pengaduk ❖ Jarak pengaduk dari dasar tangki ❖ Lebar baffle ❖ Jumlah baffle ❖ Lebar impeller ❖ Panjang impeller 	<p>19.96344656 m 4.99086164 m 9.98171732 m 14.97258492 m</p> <p><i>flat 6 blade turbin impeller</i> 4.99086164 m 0.415905136 m 4 buah 0.998172328 m 1.24771541 m</p>

3.2 Utilitas

Air	Kapasitas
Air umpan ketel + make up	935.830 m ³ /hari
Air untuk pendingin + make up	21465.100 m ³ /hari
Air untuk perkantoran dan perumahan	25.500 m ³ /hari
Make-up air akibat	1121.320 m ³ /hari
Total kebutuhan air	23547.740 m ³ /hari
Steam	Kapasitas
Kebutuhan steam	38993.01 kg/jam
Jenis Boiler	<i>Water Tube Boiler</i> Kondisi Operasi : P = 15.58 atm, T = 200°C
Listrik	Kapasitas
Kebutuhan listrik total	148.025 kW
Kebutuhan listrik yang disediakan	200 kW
Dipenuhi dari	PLN
Bahan Bakar Generator	Kapasitas
Jenis bahan bakar	solar
Kebutuhan	104.2619318 ft ³ /jam

4. PERHITUNGAN EKONOMI

Capital Investment	
Physical Plant Cost	US\$ 29.576.061,36
Fixed Capital	US\$ 83.922.074,10
Working Capital	US\$ 525.513.408,48
Total Capital Investment	US\$ 617.827.690,00
Total Manufacturing Cost	US\$ 386.618.329,45
Total Production Cost	US\$ 858.714.782,26
Analisis Kelayakan	
Return on Investment (ROI)	- Sebelum pajak : 45.31 % - Setelah pajak : 35,45 %
Pay Out Time (POT)	- Sebelum pajak : 0.46 tahun - Setelah pajak : 0.58 tahun
Break Even Point (BEP)	17.74 %
Shut Down Point (SDP)	15.02 %
Cash Flow (C)	US\$ 281.626.978,17