

EXECUTIVE SUMMARY
TUGAS PRAPERANCANGAN PABRIK KIMIA



PRAPERANCANGAN PABRIK BIOETANOL BERBAHAN BAKU NIRA BATANG
SORGUM DENGAN KAPASITAS 10.000 KL/TAHUN

Oleh :

I Made Aditya Suryajaya	L2C008131
Wulan Sari Gusniawati	L2C008153

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2011

EXECUTIVE SUMMARY

JUDUL TUGAS	PRAPERANCANGAN PABRIK BIOETANOL BERBAHAN BAKU NIRA BATANG SORGUM DENGAN KAPASITAS 10.000 KL/TAHUN
	KAPASITAS PRODUKSI 10.000 m ³ /tahun

I. STRATEGI PERANCANGAN

Latar Belakang	<ul style="list-style-type: none">• Krisis energy.• Ketersediaan minyak bumi yang menipis yang mendorong kebutuhan untuk mencari sumber energi baru yang dapat diperbaharui.• Bioetanol memiliki keunggulan mampu menurunkan emisi gas rumah kaca, karena dengan mencampurkan etanol pada bahan bakar minyak menyebabkan bertambahnya suplai oksigen ekstra yang akan menurunkan kadar monoksida .• Kebijakan energi nasional untuk memenuhi target substitusi bahan bakar dengan bahan bakar nabati.• Nira batang sorgum merupakan bahan baku bioetanol yang dipilih pada pra perancangan pabrik ini karena yield yang tinggi, pertimbangan ekonomi, ketersediaan, dan mudahnya penanaman di Indonesia.
Dasar Penetapan Kapasitas Produksi	<ol style="list-style-type: none">1. Ketersediaan bahan baku. Produksi batang sorgum per tahun di pulau Jawa adalah 230.850 ton/tahun.2. Kebutuhan produk. Total kebutuhan bioetanol untuk energi di Indonesia yaitu 430.000 KL/Tahun, belum dapat dipenuhi oleh pabrik – pabrik yang sudah beroperasi, terdapat kekurangan kebutuhan bioetanol sebesar 116.000 KL/Tahun.3. Kapasitas minimum pabrik Kapasitas produksi salah satu pabrik bioetanol berbahan baku nira batang sorgum yang telah beroperasi di daerah Jawa Timur adalah sebanyak 14.400

	<p>kL/tahun</p> <p>Atas pertimbangan – pertimbangan tersebut, kapasitas untuk pabrik bioetanol yang akan kami rancang adalah 10.000 kiloliter/tahun.</p>
<p>Dasar penetapan lokasi pabrik</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ketersediaan Bahan Baku Utama Jawa Tengah merupakan salah satu penghasil tanaman sorgum terbesar di pulau Jawa, 2. Pemasaran Produk dan Fasilitas Transportasi Provinsi Jawa Tengah memiliki fasilitas pelabuhan yang dapat digunakan untuk memasok etanol ke daerah sekitarnya. Produk etanol dapat dipasarkan dengan mudah untuk memenuhi kebutuhan Pulau Jawa dan Bali baik melalui jalur darat maupun laut, 3. Ketersediaan Air dan Listrik serta Utilitas Lainnya Kebutuhan air diperoleh dari sungai maupun air PDAM setempat sedangkan kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN dan menggunakan generator listrik serta penyedia utilitas kawasan industri. Kabupaten Kudus dekat dengan beberapa kota besar yang memiliki jumlah penduduk yang padat sehingga mudah untuk memperoleh tenaga kerja. Kawasan pabrik di Kudus dipilih yang berada dekat dengan beberapa sungai yang bermuara ke Laut Jawa sehingga pembuangan limbah yang telah diolah terlebih dahulu dapat dilakukan di sungai tersebut.
<p>Dasar penetapan lokasi pabrik (cont)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ketersediaan Bahan Baku Utama Jawa Tengah merupakan salah satu penghasil tanaman sorgum terbesar di pulau Jawa, 2. Pemasaran Produk dan Fasilitas Transportasi Provinsi Jawa Tengah memiliki fasilitas pelabuhan yang dapat digunakan untuk memasok etanol ke daerah sekitarnya. Produk etanol dapat dipasarkan dengan mudah untuk memenuhi kebutuhan Pulau Jawa dan Bali baik melalui jalur darat maupun laut, 3. Ketersediaan Air dan Listrik serta Utilitas Lainnya Kebutuhan air diperoleh dari sungai maupun air PDAM setempat sedangkan kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN dan menggunakan generator listrik serta penyedia utilitas kawasan industri. Kabupaten Kudus dekat dengan beberapa kota besar yang memiliki jumlah penduduk yang padat sehingga mudah untuk memperoleh tenaga kerja. Kawasan pabrik di Kudus dipilih yang berada dekat dengan beberapa sungai yang bermuara ke Laut Jawa sehingga pembuangan limbah yang telah diolah terlebih dahulu dapat dilakukan di sungai tersebut.
<p>Pemilihan proses</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proses yang dipilih dalam produksi bioetanol ini adalah proses fermentasi yang melibatkan aktivitas yeast. • Proses pembentukan etanol dari molase berlangsung dalam tiga tahap yaitu proses persiapan bahan baku, fermentasi, dan pemurnian. <p>Proses pemurnian bioetanol berlangsung dalam dua tahap yaitu distilasi pertama menghasilkan etanol 75%, kemudian distilasi kedua untuk memperoleh etanol dengan kadar 95% dan dehidrasi menggunakan membrane pervaporasi sehingga diperoleh etanol dengan kadar 99,5%.</p>

Bahan baku utama		
Jenis	Batang Sorgum varietas <i>sachartum</i>	
Spesifikasi	Komposisi	
	Nira Sorgum	
	Brix (%)	13,60 – 18,40
	Sukrosa (%)	10 – 14,40
	Gula reduksi (%)	0,75 – 1,35
	Gula total (%)	11 – 16
	Amilum (ppm)	209 - 1,764
	Asam akonitat (%)	0,56
Abu (%)	1,28 – 1,57	
Sumber: Direktorat Jendral Perkebunan RI (1996)		
Ketersediaan	230.850 ton/tahun	
Asal	Jawa Tengah dan Jawa Timur	
Produk		
Jenis	Bioetanol	
Spesifikasi	<i>Fuel grade</i> (kadar 99,5-100%)	
Laju produksi	10.000 KL/tahun	
Daerah pemasaran	Pulau Jawa dan sekitarnya	

I. DIAGRAM ALIR PROSES DAN PENERACAAN

2.1. DIAGRAM ALIR PROSES

(Diagram alir proses terlampir)

2.2. NERACA MASSA DAN PANAS

2.2.1. Neraca Massa

1. Neraca Massa di Unit *Roll Crusher* (RC)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	1	3	4	5
Air	34409	9139,05	30560,5	14559
Gula	5931,2	0	4099,4	2194,57
Selulosa	2431	0	0	899,47
Hemiselulosa	1709	0	0	632,33
Lignin	1215,5	0	0	449,73
Limbah padat	0	0	1439,4	0
Jumlah	45695,27	9139,05	36099,26	18735,06
	54834,33		54834,33	

2. Neraca Massa di Unit *Screening* (SC-101)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	4		6	7
Air	30560,45		262,82	30297,63
Gula	4099,4		41	4058,42
Limbah padat	1439,4		1439,4	0
Jumlah	36099,3		1743,22	34356
	36099,3		36099,3	

3. Neraca Massa di *tangki Hidrolisa* (T-201 A/B)

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)
	7	8	9	10
Air	30297,63	0	6228,15	36525,8
Gula	4058,42	0	0	3977,25
Enzim glucoamilase	0	8,12	0	8,12
Impuritas	0	0	0	81,17
Jumlah	34356,05	8,12	6290,433	40592,3
	40592,3			40592,3

4. Neraca Massa di *Plate and Frame Filter Press* (FP-201)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	10		11	12
Air	36525,78		0	36525,78
Gula	3977,25		0	3977,252
Total Impuritas	89,29		89,29	0
Jumlah	40592,32		89,29	40503,03
	40592,32		40592,32	

5. Neraca Massa di *Tangki Penampung hasil hidrolisa* (T-301)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)		
	13		14	21	24
Air	36525,78		1095,77	2556,81	32873,2
Gula	3977,252		119,32	278,41	3579,53
Jumlah	40503,03		1215,09	2835,21	36452,73
	40503,03		40503,03		

6. Neraca Massa di *Fermentor Bibit Yeast* (F-301)

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)	
	14	15	16	17	18
Air	1095,77	0	0	0	1095,77
Gula	119,32	0	0	0	119,32
Urea	0	2,39	0	0	2,39
TSP	0	5,97	0	0	0
Yeast	0	$1,89 \times 10^{-4}$	0	0	5,97
CO ₂	0	0	0	$6,42 \times 10^{-5}$	0
Udara	0	0	$3,3 \times 10^{-4}$	$3,3 \times 10^{-4}$	0
Jumlah	1215,09	8,35	$3,3 \times 10^{-4}$	$3,94 \times 10^{-4}$	1223,44
		1223,44		1223,44	

7, Neraca Massa di *PreFermentor* (F-302)

Komponen	Input (kg/jam)				Output (kg/jam)	
	18	19	20	21	22	23
Air	1095,77	0	0	2556,8	0	3652,58
Gula	119,32	0	0	278,41	0	397,73
Urea	2,39	0	5,57	0	0	7,95
TSP	0	0	13,92	0	0	0
Yeast	$1,89 \times 10^{-4}$	0	0	0	0	13,92
CO ₂	0	0	0	0	$6,29 \times 10^{-4}$	0
Udara	0	$3,23 \times 10^{-3}$	0	0	$3,23 \times 10^{-3}$	0
Jumlah	1217,48	$3,23 \times 10^{-3}$	19,5	2835,21	$3,87 \times 10^{-3}$	4883,83
	4072,18				4072,18	

8, Neraca Massa di *Fermentator Utama* (F-303)

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)	
	23	24	25	26	27
Air	3652,58	32873,2	0	0	36553,19
C ₆ H ₁₂ O ₆	397,73	3579,53	0	0	2082,67
Urea	7,95	0	71,59	0	68,97
TSP	0	0	178,98	0	0
Yeast	$1,85 \times 10^{-3}$	0	0	0	178,98
CO ₂	0	0	0	921,6	0
C ₂ H ₅ OH	0	0	0	0	995,2
C ₂ H ₄ O	0	0	0	0	$4,22 \times 10^{-4}$
C ₃ H ₈ O	0	0	0	0	0,121
C ₄ H ₁₀ O	0	0	0	0	0,145
C ₅ H ₁₂ O	0	0	0	0	0,605
Jumlah	4058,26	36452,73	250,57	921,6	39839,87
	40761,6			40761,6	

9, Neraca Massa di Tangki Penampung Cairan Mash (T-401)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	27	28
C ₆ H ₁₂ O ₆	2082,67	2082,67
Urea	68,97	68,97
TSP	0	0
Air	36553,19	36553,19
Yeast	178,98	178,98
C ₂ H ₅ OH	955,2	955,2
C ₂ H ₄ O	4,22x 10 ⁻⁴	4,22x 10 ⁻⁴
C ₃ H ₈ O	0, 121	0, 121
C ₄ H ₁₀ O	0,145	0,145
C ₅ H ₁₂ O	0, 605	0, 605
Jumlah	39839,87	39839,87
	39839,87	39839,87

10, Neraca Massa di Plate and Frame Filter Press (FP-401)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	28	29	30
C ₆ H ₁₂ O ₆	2082,67	0	2082,67
Urea	68,97	0	68,97
Air	36553,19	36500	53,19
Yeast	178,98	0	178,98
C ₂ H ₅ OH	955,2	955,2	0
C ₂ H ₄ O	4,22 x 10 ⁻⁴	0	4,22 x 10 ⁻⁴
C ₃ H ₈ O	0,121	0	0,121
C ₄ H ₁₀ O	0,145	0	0,145
C ₅ H ₁₂ O	0,605	0	0,605
Jumlah	39839,87	37455,2	2384,67
	39839,87	39839,87	

11, Neraca Massa di Unit Distilasi 1 (D-501)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	31	32	33	33
Air	36500	328,5	36171,5	
C ₂ H ₅ OH	955,2	950,42	4,78	
Jumlah	37455,2	1278,92	36176,28	
	37455,2		37455,2	

12, Neraca Massa di Unit Distilasi 2 (D-502)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	32	34	35	35
Air	328,5	279,22	49,28	
C ₂ H ₅ OH	950,42	0,95	949,47	
Jumlah	1279	280,18	998,74	
	1279		1279	

13, Neraca Massa di Tangki hasil Distilasi (T-501)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	35	36	36	36
Air	49,28		49,28	
C ₂ H ₅ OH	949,47		949,47	
Jumlah	998,74		998,74	
	998,74		998,74	

14, Neraca Massa di Membran Pervaporasi (MP-501)

2	Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
		36	37	38	
2	Air	49,28	44,53	4,75	
2	C ₂ H ₅ OH	949,47	0	949,47	
2	Jumlah	998,74	44,53	945,2	
		998,74	998,74		

2,2,2, Neraca Panas

1. Neraca Panas di HE-101 (Heater)

	ΔH in (kJ/jam)	ΔH out (kJ/jam)
H	130608,28	1171233,41
Q suplai	1040625,14	0
Jumlah	1171233,41	1171233,41

2, Neraca Panas di Tangki Hidrolisa (T-201)

No	Komponen	Panas (kJ/jam)	
		Masuk	Keluar
1	Sukrosa	13095606,16	-
2	Air	1546779,19	5345130,24
3	Glukosa	-	182698239,23
	Jumlah	14642385,35	188043369,47
4	Panas Reaksi 25oC	-	1817042
5	Panas yang dibutuhkan HW	175218026,6	-
	Total	189035665,05	189035665,05

3, Neraca Panas di HE-201 (Cooler)

	ΔH in (kj/jam)	ΔH out (kj/jam)
H	184389404,69	25149987,45
Q yang diserap	0	159239417,23
Jumlah	184389404,69	184389404,69

4, Neraca Panas di Fermentor Bibit Yeast (F-301)

Komponen	H in	H out
H ₂ O	32161,75	32161,75
C ₆ H ₁₂ O ₆	1027472,31	1027472,31
NH ₃	3,69x10 ⁻⁵	0
CH _{1,8} N _{0,5} O _{0,2}	3,08 x10 ⁻³	135,79
Udara (O ₂)	0	0
CO ₂	0	3,93x10 ⁻⁴
JUMLAH	1059634,06	1059769,85
Panas Reaksi	-474626	0
Q serap	0	-474,761
TOTAL	585008,37	585008,37

5, Neraca Panas di Tangki Prefermentor (F-302)

Komponen	H in	H out
H ₂ O	74960,79	43856,93
C ₆ H ₁₂ O ₆	2397435,38	3424907,69
NH ₃	133,66	133,66
CH _{1,8} N _{0,5} O _{0,2}	4,31x10 ⁻³	316,88
Udara (O ₂)	0	0
CO ₂	0	13157,08
JUMLAH	2472529,84	3469215,16
Panas Reaksi	-474626	0
Q serap	0	-1471311,01
TOTAL	1997904,15	1997904,15

6, Neraca Panas di Fermentor Utama (F-303)

Komponen	H in	H out
CO ₂	0	5647,83
H ₂ O	1008709,44	438898,43
C ₆ H ₁₂ O ₆	34249076,91	17697356,16
CH _{1,8} N _{0,5} O _{0,2}	0,042	4073,6
NH ₃	1718,52	2324,95
C ₂ H ₅ OH	0	15631,5
C ₂ H ₄ O	0	0,011
C ₃ H ₈ O	0	1,1437361216
C ₄ H ₁₀ O	0	2,86
C ₅ H ₁₂ O	0	10648,67
JUMLAH	35259504,91	18174585,15
Panas Reaksi	-567592	0
Q serap	0	16517327,68
TOTAL	34691912,83	34691912,83

7, Neraca Panas di HE-401 (Heater)

	ΔH in (kj/jam)	ΔH out (kj/jam)
H	1086933,16	11057158,05
Q suplai	9970224,9	0
Jumlah	11057158,05	11057158,05

8, Neraca Panas di Unit Distilasi I (D-501)

Komponen	H in	H out
H ₂ O	5221874,78	5344123,95
C ₂ H ₅ OH	5835283,27	5050870,39
JUMLAH	11057158,05	10394994,34
Steam yang dibutuhkan	-662163,72	0
TOTAL	10394994,34	10394994,34

9, Neraca Panas di Unit Distilasi II (D-502)

Komponen	H in	H out
H ₂ O	89865,38	94562,65
C ₂ H ₅ OH	5021202,74	4307175,67
JUMLAH	5111068,12	4401738,32
Steam yang dibutuhkan	-709329,8	0
TOTAL	4401738,32	4401738,32

10, Neraca Panas di HE-501 (Heater)

	ΔH in (kj/jam)	ΔH out (kj/jam)
H	4313395,08	6711885,83
Q suplai	2398490,76	0
Jumlah	6711885,83	6711885,83

11, Neraca Panas di Unit Condenser (C-501)

	ΔH in (kj/jam)	ΔH out (kj/jam)
H	6704786,79	21573,72
Q yang diserap	0	6683213,08
Jumlah	6704786,79	6704786,79

III. PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

3.1. Perancangan Alat Proses

1. Belt Conveyor

Kode	: CV-101
Fungsi	: Untuk mengangkut batang sorgum dari gudang menuju unit penggilingan nira
Kecepatan Belt	: 200 ft/min
Tripper	: 2 HP
Lebar Belt	: 14 in
Panjang Belt	: 400 ft
Tenaga Motor	: 43,86 HP

2. Pompa

Kode	: P
Fungsi	: Memindahkan larutan nira dari tangki T-03 menuju mixer (MX-01)
Tipe	: Centrifugal Pump
Material	: Carbon stell type SA – 283 grade C
Kapasitas Pompa	: 0,2123 ft ³ /detik
Tenaga Pompa	: 11,024 ft lbf/lbm

Power :
• Pompa : 2 HP
• Motor : 2 HP
Ukuran pipa
Nominal pipe size : 5 in
Schedule number : 40
ID : 5,047 in = 0,42058 ft
OD : 5 in
Flow area per pipe : 0,139 ft²

3. Tangki Penyimpanan

Kode : T-05
Fungsi : Untuk menampung produk etanol *fuel grade*
Tipe : Silinder
Material : Stainless steel 304 grade 3 (SA-167)
Jumlah : 2 buah
Kondisi : Tekanan : 1 atm
Suhu : 30°C
Tinggi : 11,47 ft
Diameter : 6,016 ft
Volume : 256,72 ft³
Jenis *head* dan *bottom* : *Thorispherical*
Head dan bottom : Tebal : 0,18 in
Tinggi : 12,2725 in

4. Kolom Distilasi

Kode : D-502
Fungsi : Memurnikan etanol menjadi 95 %
Tipe : Sieve tray
Jumlah : 1 buah
Material : Carbon Steel SA 285 Grade C
Tinggi : 28,76 Ft
Diameter : 2,139 m

Jenis *head* dan *bottom* : *Thorispherical*
Head dan *bottom* : Tebal : 0,25 in
Tinggi : 10,66 in

Kondisi operasi :

Puncak

Tekanan : 1 atm
Suhu : 355,030 K

Umpan

Tekanan : 1,1 atm
Suhu : 363,62 K

Dasar

Tekanan : 1,3 atm
Suhu : 369,150 K

5. Fermentor

Kode : F-03
Fungsi : Sebagai tempat terjadinya proses fermentasi pembentukan etanol
Tipe : *Stired Tank* Bioreaktor
Jumlah : 20 buah
Material : Carbon Steel SA 285 grade C
Kondisi : Tekanan : 1 atm
Suhu : 30°C
Fase reaksi : Cair
Yeast : *Saccaromyces cereviceae*
Tinggi : 29,12 ft
Diameter : 10,90 ft
Volume : 2038,07 ft³
Jenis *head* dan *bottom* : *Thorispherical*
Head dan *bottom* : Tebal : 0,375 in
Tinggi : 29,16 in
Material pengaduk : SS 316 dengan tipe *six-bladed Rushton turbine*

6. Heat Exchanger

Kode	: E-601
Fungsi	: Menaikkan temperature air dari tangki hasil fermentasi masuk ke kolom distilasi (D-501) hingga mencapai temperature 101 ⁰ C
Tipe	: <i>Shell and Tube</i>
Material	: Carbon Steel SA 283 grade C
A	: 945,49 ft ²

Spesifikasi :

- *Shell side* (fluida panas): Steam Saturated bertekanan 4,45 bar
 - ID : 33 in
 - Baffle space : 10 in
 - Passes : 4
 - Pressure drop : 0,0121 psi
- *Tube side* (fluida dingin): Hasil main fermentor F-303
 - OD : 1,5 in
 - Jumlah tubes : 200
 - Panjang tubes : 12 ft
 - BWG : 18
 - Susunan : *Triangular pitch*
 - Tube pitch : 1,875 in
 - Pressure drop : 0,1296 psi

3,2, Utilitas

AIR	
Air untuk keperluan umum (<i>service water</i>)	12,02 m ³ /hari
Air pendingin (<i>cooling water</i>)	1058,913 m ³ /hari
Air untuk proses (<i>process water</i>)	368,8 m ³ /hari
Air umpan ketel (<i>Boiler feed water</i>)	2015,815 m ³ /hari
Total kebutuhan air	3455,548 m ³ /hari
Didapat dari sumber	Air sungai

STEAM	
Kebutuhan steam	102305,1 m ³ /hari
Jenis boiler	water tube boiler
LISTRIK	
Kebutuhan listrik	83.36 Kilowatt
Dipenuhi dari	Pembangkit sendiri: 0 Kilowatt PLN : 100 Kilowatt
BAHAN BAKAR	
Jenis	Solar
Kebutuhan	26,211,98 Liter/hari
Sumber dari	Pertamina

IV. PERHITUNGAN EKONOMI

Physical plant cost	US\$ 13.372.768,97
Fixed capital	US\$ 19.123.059,62
Working capital	US\$ 2.781.324,26
Total capital investment	US\$ 17.283.364,43

ANALISIS KELAYAKAN

Return on investment (ROI)	Before tax : 12,75%
	After tax : 9,56%
Pay out time (POT)	Before tax : 4,81 tahun
	After tax : 5,69 tahun
Break event point (BEP)	57,25 %
Shut down point (SDP)	18,35 %