

EXECUTIVE SUMMARY
TUGAS PRAPERANCANGAN PABRIK KIMIA



TUGAS PERANCANGAN PABRIK BIOETANOL
KADAR 99,7% DARI BIJI SORGUM DENGAN PROSES FERMENTASI-
PERVAPORASI KAPASITAS 10.000 KL/TAHUN

Oleh :

Andita Rusliawan

NIM. L2C008008

Noor Amalia

NIM. L2C008090

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

2012

EXECUTIVE SUMMARY

JUDUL TUGAS	PERANCANGAN PABRIK BIOETANOL KADAR 99,7% DARI BIJI SORGUM DENGAN PROSES FERMENTASI-PERVAPORASI	
	KAPASITAS PRODUKSI	10.000 kL/tahun

I. STRATEGI PERANCANGAN

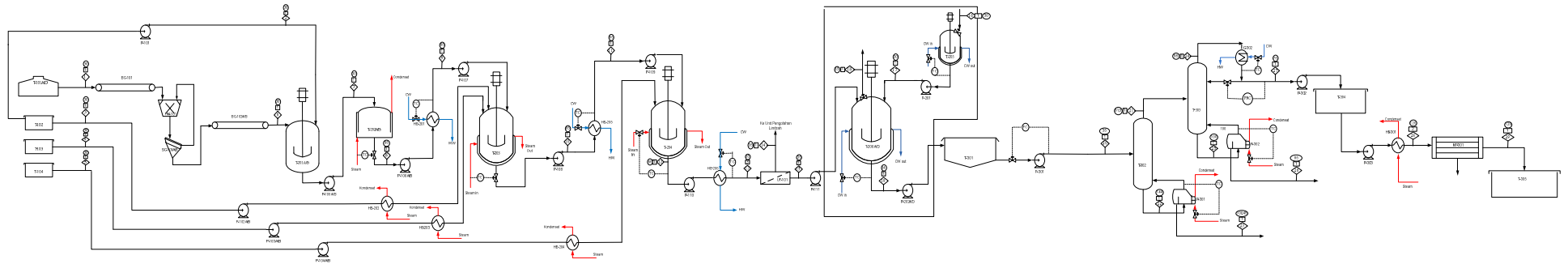
Latar belakang	<p>Pendirian pabrik bioetanol di Indonesia dilatarbelakangi oleh ketergantungan dunia terhadap bahan bakar fosil. Keadaan ini mendorong negara-negara industri mencari sumber energi alternatif seperti etanol, metana, dan hidrogen. Bioetanol menjadi pilihan utama dunia karena senyawa ini dapat terus diproduksi baik secara fermentasi maupun sintesis kimia</p>
Dasar penetapan kapasitas produksi	<p>Penetapan kapasitas produksi didasarkan oleh 3 hal yaitu :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bahan baku yang digunakan untuk rancangan pabrik bioetanol ini adalah sorgum. Luas lahan panen sorgum yang ada di Jawa Tengah pada tahun 2007 adalah sebesar 19.000 ha dengan produksi sorgum per tahunnya adalah 57.000 ton. 2. Pada tahun 2007-2010, pemerintah memerlukan rata-rata 30.833.000 liter (30.833 kL) bioetanol per bulan. Dari total kebutuhan itu hanya 137.000 liter (137 kL) bioetanol setiap bulan yang terpenuhi atau 0,4%. Itu berarti setiap bulan pemerintah kekurangan pasokan 30.696.000 liter bioetanol untuk bahan bakar. 3. Kapasitas minimal pabrik yang telah beroperasi pada saat ini adalah PT Perkebunan Nusantara XI dengan kapasitas 3.156 ton/tahun, sedangkan kapasitas maksimal adalah PT Indo Acidatama Chemical dengan kapasitas 61.542 ton/tahun. Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas maka direncanakan pabrik bioetanol yang akan mulai produksi pada tahun 2015 dengan kapasitas 10.000 kL/tahun (7.890 ton/tahun) diharapkan dapat mengurangi sebagian kekurangan konsumsi domestik bioetanol pada tahun 2015.
Dasar penetapan	<ul style="list-style-type: none"> • Ketersediaan bahan baku sorgum <p>Provinsi Jawa Tengah merupakan salah satu provinsi di Pulau Jawa dengan</p>

lokasi pabrik	<p>produksi sorgum tertinggi di Indonesia. Sebagai daerah penghasil sorgum terbesar maka memungkinkan untuk pengembangan pabrik etanol di daerah ini.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pemasaran produk Pemilihan lokasi pabrik bioetanol berada di dekat bahan baku karena pabrik ini bersifat <i>weight loss</i>, yaitu produk yang dihasilkan lebih ringan dari pada bahan bakunya. Dengan dibangunnya pabrik bioetanol yang berlokasi di Jawa Tengah, diharapkan dapat memasok kebutuhan bioetanol yang ada di Pulau Jawa dan Bali. • Ketersediaan Air dan Listrik serta Utilitas Lainnya Kebutuhan air diperoleh dari sungai maupun air laut atau PDAM setempat sedangkan kebutuhan listrik dan PLN menggunakan generator listrik • Ketersediaan Tenaga Provinsi Jawa Tengah memiliki jumlah penduduk yang padat sehingga mudah untuk memperoleh tenaga kerja. • Pembuangan limbah Kawasan industri di Jawa Tengah berada dekat dengan beberapa sungai yang bermuara ke Laut Jawa sehingga pembuangan limbah dapat dilakukan di sungai tersebut. Namun, dalam pembuangan limbah ini adalah limbah yang telah diolah sehingga tidak merusak lingkungan
Pemilihan proses	<ul style="list-style-type: none"> • Proses yang dipilih dalam produksi bioetanol ini adalah proses fermentasi <i>dry milling</i>. Proses ini melibatkan aktivitas enzim dan yeast. • Proses pembentukan etanol dari pati sorgum berlangsung dalam tiga tahap yaitu proses hidrolisa pati sorgum menjadi dekstrin, proses konversi dekstrin menjadi glukosa (sakarifikasi) keduanya merupakan reaksi enzimatik dan proses fermentasi glukosa menjadi etanol. • Proses pemurnian bioetanol berlangsung dalam tiga tahap yaitu distilasi dua tahap dan pemisahan dengan membran pervaporasi sehingga diperoleh produk bioetanol dengan kadar 99,7%.
BAHAN BAKU	
Nama	Biji Sorgum
Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> - Wujud : Grain - Kandungan (% wt) : Protein 9,36%

	<ul style="list-style-type: none"> : Lemak 3% : Serat 2,3% : Abu 2,12% : Pati 70,42 % : Air 12% : Tanin 0,8% <ul style="list-style-type: none"> - Kadar air : Maksimal 12 % - Butir rusak : Maksimal 16 % - Kotoran : Maksimal 2 %
Kebutuhan	200,219 ton/hari
Nama	Enzim α -Amylase
Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> Wujud : Cair Temperatur : Aktif pada suhu 80 °C - 85°C pH : 6,2 – 7,5
Kebutuhan	0,212 ton/hari
Nama	Enzim Glukoamilase
Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> Wujud : Cair Temperatur : Aktif pada suhu 65°C pH : 4,5 – 5
Kebutuhan	0,533 ton/hari
PRODUK	
Jenis	Etanol
Spesifikasi	<u>Sifat-Sifat Fisis</u> <ul style="list-style-type: none"> - Wujud : Cair - Warna : Jernih - Titik didih : 78°C - Berat molekul : 46 - Specific gravity : 1,62
Laju produksi	30,303 kL/hari

Daerah pemasaran	Jawa dan Bali
------------------	---------------

II. DIAGRAM ALIR DAN PENERACAAN



Komponen	Arus					Arus				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H2O		3787.49	3787.497	11749.516	15537.014		15537.014	15537.014		442.017
CO2										
CH1,8N0,5O0,2										1.292
C2H5OH										
C6H10O5	5874.758		5874.758		4993.544		3245.804		3245.804	
α-amylase				8.812	8.812		8.812	0.502	8.310	
[C6H10O5]					881.214		44.061		44.061	
C2H4O										
C3H8O										
C4H10O										
C5H12O										
C6H12O6							2584.894	2584.894		129.245
O2										9.191
NH3										24.413
Glukoamilase						22.237	22.237	1.268	20.970	
JUMLAH	5874.758	3787.49	9662.256	11758.329	21420.584	22.237	21442.82	18123.677	3319.144	606.158

Komponen	Arus					Arus				
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
H ₂ O	467.866			16040.887	15237.520	803.368	771.232	32.136	28.698	3.437
CO ₂	63.186		1210.712							
CH _{1,8} N _{0,5} O _{0,2}	73.669	73.669		98.088	98.088					
C ₂ H ₅ OH				1252.381	62.552	1189.829	47.590	1142.238		1142.238
C ₆ H ₁₀ O ₅										
α-amylase				0.502	0.502					
[C ₆ H ₁₀ O ₅]										
C ₂ H ₄ O			0.001							
C ₃ H ₈ O				0.159	0.159					
C ₄ H ₁₀ O				0.191	0.191					
C ₅ H ₁₂ O				0.796	0.796					
C ₆ H ₁₂ O ₆	467.866			74.124	74.124					
O ₂										
NH ₃										
Glukoamilase				1.268	1.268					
JUMLAH	1072.58 7	73.669	1210.713	17468.395	15475.199	1993.196	818.822	1174.374	28.698	1145.675

II.1. Peneracaan

II.1.1 Neraca Massa

1. Unit Pembuburan T-201

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	M1	M2	M3
C ₆ H ₁₀ O ₅	5874.758197		5874.758197
H ₂ O		3787.497464	3787.497464
Jumlah	5874.758197	3787.497464	9662.255661
	9662.255661		9662.255661

2. Unit Hidrolisa Pati T-201

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	M3	M4	M5
C ₆ H ₁₀ O ₅	5874.758197		4993.544467
H ₂ O	3787.497464	11749.51639	15537.01386
α-amylase		8.812137295	8.812137295
[C ₆ H ₁₀ O ₅]			881.2137295
jumlah	9662.255661	11758.32853	21420.58419
	21420.58419		21420.58419

3. Unit Sakarifikasi T-203

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	M5	M6	M7
C ₆ H ₁₀ O ₅	4993.544467		3245.803904
[C ₆ H ₁₀ O ₅]	881.2137295		44.06068648
H ₂ O	15537.01386		15537.01386
α-amylase	8.812137295		8.812137295
Glukoamilase		22.23713473	22.23713473
C ₆ H ₁₂ O ₆			2584.893607
Jumlah	21420.58419	22.23713473	21442.82133
	21442.82133		21442.82133

4. Unit Ultrafiltrasi UF-101

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	M7	M9	M8
$C_6H_{10}O_5$	3245.803904	3245.803904	
$[C_6H_{10}O_5]$	44.06068648	44.06068648	
H_2O	15537.01386		15537.01386
α -amylase	8.812137295	8.309845469	0.502291826
Glukoamilase	22.23713473	20.96961805	1.267516679
$C_6H_{12}O_6$	2584.893607		2584.893607
Jumlah	21442.82133	3319.144054	18123.67727
	21442.82133	21442.82133	

5. Unit Inokulasi T-205

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	M10	M11
$C_6H_{12}O_6$	129.2446803	1.436052
$CH_{1,8}N_{0,5}O_{0,2}$	1.292446803	73.66946779
O_2	9.190732823	
NH_3	24.41288406	
CO_2		63.18628816
H_2O	442.0168067	467.8657428
jumlah	606.1575507	606.1575507

6. Unit Fermentasi T-206

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	M9	M12	M14	M13
C ₆ H ₁₂ O ₆	2584.893607		74.12371633	
CH _{1,8} N _{0,5} O _{0,2}		73.66946779	98.08809606	
α-amylase	0.502291826		0.502291826	
Glukoamilase	1.267516679		1.267516679	
CO ₂				1210.712467
H ₂ O	16004.8796		16040.88717	
C ₂ H ₅ OH			1252.380952	
NH ₃	13.89581361			
C ₂ H ₄ O				0.000554144
C ₃ H ₈ O			0.158970957	
C ₄ H ₁₀ O			0.190995204	
C ₅ H ₁₂ O			0.795567504	
jumlah	18605.43883	73.66946779	17468.39528	1210.713022
	18679.1083		18679.1083	

7. Unit Distilling Column T-302

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	M14	M16	M15
C ₆ H ₁₂ O ₆	74.12371633		74.12371633
CH _{1,8} N _{0,5} O _{0,2}	98.08809606		98.08809606
α-amylase	0.502291826		0.502291826
Glukoamilase	1.267516679		1.267516679
H ₂ O	16040.88717	803.3675364	15237.51963
C ₂ H ₅ OH	1252.380952	1189.828793	62.55215934
C ₃ H ₈ O	0.158970957		0.158970957
C ₄ H ₁₀ O	0.190995204		0.190995204
C ₅ H ₁₂ O	0.795567504		0.795567504
Jumlah	17468.39528	1993.196329	15475.19895
	17468.39528	17468.39528	

8. Unit Distilling Column T-303

Komponen	Input	Output	
	M16	M18	M17
Air	803.37	32.14	771.23
Etanol	1189.83	1142.24	47.59
Jumlah	1993.20	1174.37	818.82
	1993.20	1993.20	

9. Unit Membran Pervaporasi MP-301

Komponen	Input	Output	
	M18	M19	M20
C ₂ H ₅ OH	1142.238		1142.238
H ₂ O	32.136	28.698	3.437
JUMLAH	1174.374	28.698	1145.675
	1174.374	1174.374	

II.1.2 Neraca Panas

1. Unit Pemasakan T-202

Komponen	INPUT (kJ/jam)		OUTPUT (kJ/jam)	
	Q1	Qs	Q2	Qc
C ₆ H ₁₀ O ₅	40019319.22	-	619674969.1	
H ₂ O	79338.06995	-	1106736.582	
Steam	-	714788372		
Kondensat				134105323.8
Total	40098657.29	714788372	620781705.7	134105323.8
	754887029.5		754887029.5	

2. Unit Heat Exchanger HE-201

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)	
	Q2	Qcwc	Q3	Qcwh
C ₆ H ₁₀ O ₅	619674969.1	-	523321319.6	
H ₂ O	1106736.582	-	948414.5798	
Pendingin	-	48255986		144767957.3
Total	620781705.7	48255986	524269734.2	144767957.3
	669037691.4		669037691.4	

3. Unit Hidrolisa Pati T-203

Komponen	INPUT				OUTPUT		
	Q3	Q Air	Q Enzim	Qs	Q4	Qreaksi	Qc
C ₆ H ₁₀ O ₅	523321319.6				444823121.6		
H ₂ O	948414.5798	2945426.2			3894894.563		
[C ₆ H ₁₀ O ₅]					78498197.938		
α-amilase			2209.070		2209.070		
Steam				1296863040			
Kondensat							241853480.2
Reaksi						1,055,008,506	
Total	524269734.2	2945426.2	2209.069642	1296863040	527218423.2	1055008506	241853480.2
	1824080410				1824080410		

4. Unit Heat Exchanger HE-205

Komponen	Input(kJ/jam)		Ouput (kJ/jam)	
	Q4	Qewc	Q5	Qcwh
C ₆ H ₁₀ O ₅	444823121.6		287673240.2	
H ₂ O	3894894.563		2597727.806	
[C ₆ H ₁₀ O ₅]	78498197.94		50765865.92	
α-amilase	2209.069642		1473.354809	
Pendingin		46545029		232725144.9
Total	527218423.2	46545029	341038307.3	232725144.9
	573763452.2		573763452.2	

5. Unit Sakarifikasi T-204

Komponen	INPUT		OUTPUT		
	Q5	Qs	Q6	Qreaksi	Qc
C ₆ H ₁₀ O ₅	287673240.2		186987606.1		
C ₆ H ₁₂ O ₆			134021886		
H ₂ O	2597727.806		2597727.806		
[C ₆ H ₁₀ O ₅]	50765865.92		2538293.296		
α-amilase	1473.354809		1473.355		
glukoamilase	3717.962		3717.962		
Steam		716407605			
Kondensat					63247434.57
Reaksi				668051490.8	
Total	341042025.2	716407605	326150704.6	668051490.8	63247434.57
	1057449630		1057449630		

6. Unit Heat Exchanger HE-206

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)	
	Q6	Qcwc	Q7	Qcwh
C ₆ H ₁₀ O ₅	186987606.1		149719728.1	
C ₆ H ₁₂ O ₆	134021886		107310429.5	
H ₂ O	2597727.806		2288907.539	
[C ₆ H ₁₀ O ₅]	2538293.296		2032394.499	
α-amilase	1473.355		1298.201036	
glukoamilase	3717.962		3275.967041	
Pendingin		21598224		86392894.35
TOTAL	326150704.6	21598224	261356033.8	86392894.35
	347748928.2		347748928.2	

7. Unit Fermentor T-206

Komponen	Input (kJ/jam)			Output (kJ/jam)			
	Q9	Q8	Qcwc	Q10	Q11	Qcwh	Q reaksi
C ₆ H ₁₂ O ₆	31953984.95	20.189976		916303.9091			
H ₂ O	670810.9587	13732.201		672320.1404			
α amilase	21.053			21.05250834			
glukoamilase	53.125			53.12530304			
C ₂ H ₅ OH				29327.82163			
C ₂ H ₄ O					0.013		
C ₃ H ₈ O				3.851432736			
C ₄ H ₁₀ O				4.153230755			
C ₅ H ₁₂ O				18.85259973			
CH _{1,8} N _{0,5} O _{0,2}		2315.776		3083.367607			
CO ₂					10613.08		
NH ₃	672.490						
Pendingin			31704985.97			95114957.91	
Reaksi							-32400110.6
Total	32625542.58	16068.167	31704985.97	1621136.274	10613.09	95114957.9	32400110.56
	63446596.72			63446596.72			

8. Unit Distilasi T-302

No	Komponen	Panas (kkal/jam)	
		input	output
1	Air	80204.44	1186278.80
2	Etanol	3268.71	37226.73
3	CH _{1,8} N _{0,5} O _{0,2}	156.94	2350.98
4	Glukosa	174.19	2609.38
Jumlah		83804.28	1228465.88
5	Panas yang dibutuhkan steam	1144661.60	
Total		1228465.88	1228465.88

9. Unit Distilling Column T-303

No	Komponen	Panas (kkal/jam)	
		Masuk	Keluar
1	Air	44988.58	59564.87
2	Etanol	34781.08	35250.59
Jumlah		79769.66	94815.46
3	Panas yang dibutuhkan steam	15045.80	
Total		94815.46	94815.46

10. Unit Heat Exchanger HE-301

No	Komponen	Panas (kkal/jam)	
		Masuk	Keluar
1	Air	1815.66	1767.45
2	Etanol	33688.04	32793.66
Jumlah		35503.69	34561.12
3	Panas yang diserap Cw		942.58
Total		35503.69	35503.69

11. Cooler C-302

No	Komponen	Panas (kkal/jam)	
		Masuk	Keluar
1	Air	44185.21	4016.84
2	Etanol	34159.98	3105.45
Jumlah		78345.20	7122.29
3	Air Pendingin		71222.91
Total		78345.20	78345.20

III. PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

III.1. Peralatan Proses

TANKI PRODUK ETANOL T-305		
Fungsi	Sebagai tempat untuk menyimpan etanol	
Tipe	Tanki silinder	
Jumlah	2 unit	
Material	Stainless Steel 304 grade 3 (SA-167)	
Kondisi	Tekanan	1 atm
	Suhu	85°C
Tinggi	27,892 ft	
Diameter	12,958 ft	
Volume	2465,752 ft ³	
Tebal	0,25 in	
Jenis <i>head</i> dan <i>bottom</i>	<i>Thorispherical</i>	
<i>Head</i> dan <i>bottom</i>	Tebal	0,5 in
	Tinggi	23,702 in
POMPA P-301		
Fungsi	Mengalirkan produk fermentasi dari unit penampung T-301 menuju unit distilasi.	
Tipe	Pompa sentrifugal	
Kapasitas pompa	1,191 cuft/detik	
Tenaga pompa	16,529 ft lbf/lbm	
Daya pompa	4,5 HP	
Ukuran pipa	Nominal Size	10in
	Schedule No.	80
	OD	10,75 in = 0,89577 ft
	ID	10,02 in = 0,995 ft
	Tebal dinding	0,406 in = 0,034 ft
	Inside sectional area	0.5475 ft ²

HEAT EXCHANGER HE-202		
Fungsi	Menaikkan temperature air dari suhu 30°C menjadi 85°C saat akan dialirkan menuju tanki hidolisis pati	
Tipe	Shell and tube	
Bahan Konstruksi	Carbon stell SA 283 grade C	
Shell	Spesifikasi	Tube
277,153	Uc	277,153
212,253	Ud	212,253
0,001133	Rd perhitungan	0,001133
0,001	Rd diijinkan	0,001
0,0469	ΔP perhitungan	4,73
10	ΔP diijinkan	10
FERMENTOR		
Fungsi	Reaksi pembentukan etanol dengan proses fermentasi ragi	
Tipe	Stirred Tank Bio-reactor	
Jumlah	4buah	
Material	Stainless steel 304 grade 3 (SA-167)	
Kondisi	Suhu	30 °C
	Tekanan	1 atm
Fase reaksi	Cair	
Katalis	Ragi + NH ₃	
Tinggi	36,287 ft	
Diameter	13,41 ft	
Jenis head dan bottom	Thorisperical	
	Tebal	0,3125 in
	Tinggi	53,337 m
Material pengaduk	SS 316 dengan Paddle	

DISTILLING COLUMN T-303		
Fungsi	Memisahkan etanol 95% dari campuran	
Tipe	Sieve Tray	
Jumlah	1 buah	
Material	Low Alloy Steel SA-204 Grade A	
Tinggi	28,78 ft	
Jenis head dan bottom	Thorispherical	
	Tebal	0,25 in
	Tinggi	10,66 in
Kondisi Operasi	Puncak	Tekanan : 1 atm
		Suhu : 353,150 K
	Umpan	Tekanan : 1,1 atm
		Suhu : 367,15 K
	Dasar	Tekanan : 1,3 atm
		Suhu : 372,760 K
BELT CONVEYOR BC-01		
Fungsi	Untuk mengangkut biji sorgum dari gudang menuju hammer mill	
Kecepatan	190,557 ft/min	
Lebar	18 in	
Panjang	1309,58 ft	
Tenaga	5,633 HP	

III.2. Utilitas

AIR	
Air pendingin	171101,7226 m ³ /hari
Air umpan boiler	17929,35 m ³ /hari
Air sanitasi	12,02 m ³ /hari
Air Proses	383,497 m ³ /hari
Total kebutuhan air	189426,59 m ³ /hari
Didapat dari sumber	Air Sungai dan PDAM

STEAM	
Kebutuhan steam	18018,99 m ³ /hari
Jenis boiler	Water Tube Boiler
LISTRIK	
Kebutuhan listrik	0,6415 megawatt
Dipenuhi dari	Pembangkit: PLN Kawasan Jawa Tengah
BAHAN BAKAR	
Jenis	Industrial Gas
Kebutuhan	32575312,44 liter/bulan
Sumber dari	Perusahaan Gas Negara (PGN)

IV. PERHITUNGAN EKONOMI

Physical plant cost	US \$ 17775606.36	
Fixed capital	US \$ 28796482.31	
Working capital	US \$ 3403264,590	
Total capital investment	US \$ 33906205.11	
ANALISIS KELAYAKAN		
Return on Investment (ROI)	Before tax : 14,47 %	After tax : 10,138 %
Pay Out Time (POT)	Before tax : 4,44 tahun	After tax : 5,51 tahun
Break Even Point (BEP)	54,37%	
Shut Down Point (SDP)	22,84 %	