



**TUGAS DESAIN PABRIK KIMIA – TK184803**

**PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOGAS DARI  
SAMPAH ORGANIK**

**Oleh :**

**Atha Pahlevi**

**NRP. 0221164000007**

**Ali Fikri**

**NRP. 02211640000178**

**Dosen Pembimbing :**

**Dr. Eng. R. Darmawan, S.T., M.T.**

**NIP. 19780506 200912 1 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN  
REKAYASA SISTEM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**



**PLANT DESIGN PROJECT – TK184803**

**Biogas Power Plant From Organic Waste**

**Written by :**

**Atha Pahlevi**

**NRP. 02211640000007**

**Ali Fikri**

**NRP. 02211640000178**

**Advisors :**

**Dr. Eng. R. Darmawan, S.T., M.T.**

**NIP. 19780506 200912 1 001**

**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY AND  
SYSTEM ENGINEERING  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF  
TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2020**



## INTISARI

Selama ini, sampah organik yang ada belum dapat dimanaaftakan secara optimal dan cenderung menjadi kompos. Melalui proses fermentasi, sampah organik dapat menghasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ). Melalui serangkaian proses yang ada, gas metana tersebut dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi terbarukan lebih khususnya menjadi sumber enegi listrik.

Energi biogas adalah energi hasil konversi dari limbah manusia atau limbah organik lainnya yang dapat membentuk gas metana. Biogas ini dapat dijadikan sebagai energi alternatif karena proses pembuatan dan pemeliharaan pada pembangkit biogas yang sederhana dan energi yang dihasilkan bersahabat dengan lingkungan. Listrik dari pembangkit biogas dapat dimanfaatkan ke *gas engine* untuk keperluan pabrik sehingga mengurangi biaya bahan bakar dan dapat mengoptimalkan limbah pabrik. Berdasarkan kondisi tersebut maka sampah organik sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai biogas.

Biogas banyak mengandung pengotor sehingga mempengaruhi karateristik dari biogas tersebut. Jika biogas dibersihkan dari pengotor secara baik akan memiliki karakteristik yang sama dengan gas alam. Komponen pengotor berupa air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan beberapa partikulat harus dihilangkan agar biogas dapat digunakan pada *gas engine*.

Lokasi pabrik harus dekat dengan sumber bahan baku, sehingga proses operasi dapat terjaga kelangsungannya. Selain itu, dapat mengurangi biaya transportasi dan penyimpanan. Bahan utama pabrik ini adalah sampah organik yang berasal dari TPS di Tuban, sehingga lokasi pabrik biogas didirikan dilokasi yang sama. Dengan beberapa pertimbangan lain diantaranya:

1. Bahan baku
2. Utilitas
3. Aksesibilitas dan fasilitas
4. Iklim dan topografi
5. Tenaga Kerja

Kapasitas sampah organik yang dapat diolah sebanyak 22.458,978 kg/jam, dengan hasil produksi berupa gas metana yang dikonversi menjadi listrik dan akan dijual kepada PLN. Selain itu, produk samping berupa pupuk pupuk cair hasil dari pengolahan limbah dapat dijual.

Proses pembuatan biometana dari sampah organik ada tiga tahap, yaitu tahap *pre-treatment*, tahap pembentukan metana (*digester*) dan tahap pemurnian. Tahap *pre-treatment* ini dimaksudkan untuk memecah kandungan hemiselulosa pada sampah organik. *Pre-Treatment* dilakukan dengan penambahan asam sulfat encer ( $H_2SO_4$ ) pada tanki *pre-treatment* (R-113). Karena penggunaan asam pada proses *pre-treatment*. Maka perlu proses netralisasi yang dilakukan di dalam tanki netralisasi (R-114). Setelah proses netralisasi sampah disimpan terlebih dahulu didalam Bin Sampah (F-220). Tujuannya agar sampah yang telah diolah dapat disimpan sementara sembari menunggu proses fermentasi pada tanki starter (R-212) selesai. Tahap selanjutnya adalah digester, sampah organik yang telah melalui proses *pre-treatment* yang telah disimpan didalam Bin Sampah dialirkan Bersama kotoran sapi yang telah dicampur air dari mixing tank (R-111) sebagai sumber mikroorganisme, menuju starter tank (R-212). Proses di dalam tangki ini terjadi selama 5 hari dengan suhu operasi *mesophilic* sekitar  $30^{\circ}C$ . Proses ini dimaksudkan sebagai pengondisian mikroorganisme terhadap nutrient yang diberi, sehingga proses digester akan lebih optimal. Selanjutnya sampah organik keluaran *starter tank* beserta sebagian sampah yang ada di bin masuk ke tanki digester (R-211). Proses di dalam tangki ini terjadi selama 10 hari dengan suhu operasi *mesophilic* sekitar  $30^{\circ}C$ . Pada proses ini terjadi proses fermentasi yang menghasilkan metana dengan kemurnian yang masih rendah karena terdapat kandungan karbon dioksida dan uap air sebagai pengotor. Tahapan yang ketiga yaitu mengalirkan gas yang terbentuk menuju kompresor (G-221) untuk menaikkan tekanan dari 1 atm menjadi 10 atm. Hal ini dilakukan bertujuan agar mengoptimalkan proses penyerapan  $CO_2$  pada scrubber oleh air. Karena terjadi kenaikan suhu setelah keluar dari

kompresor, maka gas didinginkan menggunakan *cooler* (E-221) sebelum memasuki *water scrubber* (D-310).

Biogas selanjutnya dialirkan ke *water scrubber* (D-220) untuk memasuki proses pemurnian. Pada tahap ini gas asam yang dihilangkan adalah CO<sub>2</sub> sebagai produk samping dari reaksi pembentukan biogas. Gas CO<sub>2</sub> harus dihilangkan karena bersifat korosif terhadap logam. Proses pemurnian gas metana dilakukan dengan melarutkan CO<sub>2</sub> dalam air. Karena kelarutan CO<sub>2</sub> dalam air rendah dalam tekanan atmosferik, maka dibutuhkan kondisi operasi pada tekanan 10 atm. Selanjutnya, gas metana akan menjadi produk atas

Biogas yang sudah murni (metana) yang di tampung pada *biomethane holder* (F-220) yang selanjutnya dialirkan menuju gas turbine (N-310) untuk dikonversi menjadi energi listrik. Sehingga dihasilkan listrik sebesar 1,65 MW/jam.

Dari hasil perhitungan pabrik biogas direncanakan beroperasi secara batch selama 24 jam, 330 hari per tahun dengan perencanaan sebagai berikut:

1. Kapasitas produk utama : 54.439,824 MW/tahun
2. Jumlah Tenaga kerja : 128 orang
3. Kebutuhan bahan baku : 177.875.106 ton/tahun

Untuk dapat mendirikan pabrik pembangkit listrik tenaga biogas dari sampah organik diperlukan total modal investasi sebesar Rp 89.199.282.467. Dari perhitungan analisa ekonomi didapat *internal rate of return* (IRR) sebesar 31,78%, *pay out time* (POT) 4,718 tahun dan *break event point* (BEP) sebesar 19,56% Ditinjau dari aspek teknis dan ekonomis, pabrik pembangkit listrik tenaga biogas dari sampah organik ini layak untuk dilanjutkan ke tahap perencanaan.

# LEMBAR PENGESAHAN

## LEMBAR PENGESAHAN

Pra Desain Pabrik dengan judul:

### “PRA DESAIN PABRIK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOGAS DARI SAMPAH ORGANIK”

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**Atha Pahlevi Putra**

0221164000007

**Ali Fikri**

02211640000178

Telah diujikan dan diperbaiki sesuai dengan saran-saran dari dosen penguji :

1. Dr. Eng. Widiyastuti, ST., MT.
2. Dr. Ir Sri Rachmania Juliastuti, M.Eng.
3. Juwari, ST., M.Eng., Ph.D

*Widiyastuti*  
*Rachmania*  
*Juwari*

Surabaya, 20 Februari 2020

Dosen Pembimbing

*R. Darmawan*

**Dr. Eng. R. Darmawan S.T.,M.T.**  
NIP. 1978 05 06 2009 12 1001

Mengetahui,

Kepala Laboratorium Pengolahan Limbah Industri



*Rachmania*  
**Dr. Ir. Sri Rachmania Juliastuti, M. Eng**  
NIP. 1959 07 30 1986 03 2001

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penyusunan “TUGAS PRA DESAIN PABRIK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOGAS DARI SAMPAH ORGANIK” ini dapat kami selesaikan.

Laporan tugas pra desain pabrik ini ini ditulis sebagai salah satu persyaratan yang dilalui mahasiswa Teknik Kimia FTIRS-ITS guna memperoleh gelar kesarjana. Tugas pra desain pabrik ini kami susun berdasarkan aplikasi ilmu pengetahuan kami dapat selama kuliah, khususnya di Laboratorium Pengolahan Limbah Industri Teknik Kimia FTIRS-ITS. Selama penyusunan laporan ini, kami banyak sekali mendapat bimbingan, dorongan, serta bantuan dari banyak pihak. Untuk itu, kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua dan keluarga atas segala dukungan, kasih sayang, doa sekaligus semua pengorbanan untuk kami dalam mendidik dan membesarkan kami
2. Bapak Dr. Eng. R. Darmawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama kami
3. Ibu Dr. Widyastuti S.T.,M.T. selaku kepala Departemen Teknik Kimia FTIRS-ITS
4. Bapak Dr. Kusdianto, S.T., M.Sc, Eng. selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia FTIRS-ITS
5. Ibu Dr. Ir. Sri Rachmania Juliastuti, M.Eng selaku Kepala Laboratorium Pengolahan Limbah Industri, Departemen Teknik Kimia FTIRS-ITS
6. Ibu Ir. Nuniek Hendrianie, M.T. selaku dosen Laboratorium Pengolahan Limbah Industri, Departemen Teknik Kimia FTIRS-ITS
7. Bapak/Ibu dosen penguji

Penulis menyadari bahwa laporan pra desain pabrik ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran dari para pembaca sangat penulis harapkan sebagai upaya peningkatan kualitas dari laporan ini.



Surabaya, 13 Januari 2020

Penyusun

## DAFTAR ISI

INTISARI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
Daftar Tabel.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
1 BAB I LATAR BELAKANG .....	1
2 BAB II BASIS DESAIN DATA .....	7
2.1 Penentuan Lokasi Pabrik.....	7
2.2 Kapasitas Produksi .....	12
2.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk.....	14
3 BAB III SELEKSI DAN URAIAN PROSES .....	18
3.1 Seleksi Proses.....	18
3.1.1 Pemilihan Proses tahapan <i>Pre-treatment</i> .....	18
3.1.2 Pemilihan Metode Purifikasi Biogas.....	20
3.2 Uraian Proses.....	24
3.2.1 Tahapan <i>Pre-treatment</i> dan Netralisasi.....	25
3.2.2 Tahap Digester .....	25
3.2.3 Tahap Pemurnian Gas .....	26
3.2.4 Tahap Pembentukan Listrik.....	26
4 BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI....	28
4.1 Rotary Cutter (C-112) .....	28
4.2 Tangki Pengenceran H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (R-117).....	29
4.3 Tangki Pre-Treatment Sampah (R-119).....	30

4.4	Tangki Netralisasi Sampah (R-125) .....	32
4.5	BIN SAMPAH (R-125).....	33
4.6	Tangki Starter (R-316) .....	36
4.7	Tangki Starter (R-316) .....	38
4.8	Tangki Digester (R-318) .....	40
4.9	Water Scrubber (D-517).....	42
4.10	Gas Turbine (N-310) .....	44
4.11	Neraca Energi .....	45
4.11.1	Tangki Pengenceran H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (R-117).....	45
4.11.2	Tangki Pre-Treatment Sampah (R-119).....	48
4.11.3	Tangki Netralisasi Sampah (R-125) .....	50
4.11.4	BIN SAMPAH (R-125).....	54
4.11.5	Tangki Starter (R-316) .....	56
4.11.6	Tangki Digester (R-318).....	61
4.11.7	Compressor (G-221) .....	67
4.11.8	Cooler (E-222).....	68
4.11.9	Water Scrubber (D-517).....	70
4.11.10	Gas Turbin (N-310).....	71
5	BAB V DAFTAR DAN HARGA PERALATAN.....	76
5.1	DAFTAR ALAT .....	76
5.1.1	GUDANG SAMPAH ORGANIK KOTA (F-110) 76	
5.1.2	GUDANG Ca (OH) <sub>2</sub> (F-111) .....	76
5.1.3	SCREW CONVEYOR (J-111).....	77
5.1.4	ROTARY KNIFE CUTTER (C-111).....	78
5.1.5	BELT CONVEYOR (J-112) .....	78

5.1.6	STORAGE H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (F-113).....	79
5.1.7	TANGKI PENGECERAN H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (R-110) .....	80
5.1.8	STORAGE KOTORAN SAPI (F-113) .....	81
5.1.9	TANKI PENGECERAN KOTORAN SAPI (R-111)	82
5.1.10	TANKI PRE-TREATMENT SAMPAH (R-113)	83
5.1.11	TANKI NETRALISASI SAMPAH (R-114).....	85
5.1.12	DIGESTER TANK (R-221).....	88
5.1.13	STARTER TANK (R-212).....	90
5.1.14	DIGESTER PUMP (L-210) .....	92
5.1.15	STARTER PUMP (L-211).....	92
5.1.16	KOTORAN SAPI PUMP (L-212).....	93
5.1.17	MIXING TANK PUMP (L-213).....	93
5.1.18	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> PUMP (L-214) .....	94
5.1.19	PENGECERAN H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> PUMP (L-215).....	95
5.1.20	PRE-TREATMENT PUMP (L-216).....	95
5.1.21	NETRALISASI PUMP (L-217).....	96
5.1.22	COMPRESSOR (G-220).....	97
5.1.23	SCRUBBER (D-220) .....	97
5.1.24	BIOMETHANE STORAGE (F-220).....	99
5.1.25	GAS TURBINE (N-310).....	100
5.2	HARGA ALAT .....	101
BAB VI ANALISA EKONOMI .....		106
6	BAB VII KESIMPULAN.....	129
DAFTAR PUSTAKA.....		132

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## Daftar Tabel

Table 1.1 Tenaga Listrik yang Dibangkitkan Menurut Provinsi Di Indonesia 2017 .....	3
Table 1.2 Komposisi Biogas Secara Umum.....	4
Table 2.1 Ketersediaan Bahan Baku .....	7
Table 2.2 Perbandingan Aksesibilitas dan Fasilitas Transportasi .	8
Table 2.3 Data Statistika Penduduk Tahun 2017 .....	9
Table 2.4 Sungai di Bekasi dan Tuban.....	9
Table 2.5 Perbandingan Iklim Kabupaten Tuban dan Kabupaten Bekasi.....	10
Table 2.6 Parameter perbandingan pemilihan lokasi pabrik .....	10
Table 2.7Klasifikasi sampah di Indonesia.....	13
Table 2.8 Klasifikasi sampah di Tuban .....	14
Table 2.9 Komposisi sampah organik .....	15
Table 2.10 Komposisi bahan baku .....	15
Table 2.11 Komposisi biogas secara umum dalam persen volume .....	16
Table 3.1 <i>Pre-Treatment (Lignin-removal &amp; Hidrolisa Hemiselulosa)</i> .....	18
Table 3.2 Hasil perbandingan purifikasi yang baik.....	23
Table 4.1 Komposisi Bahan Baku .....	28
Table 4.2 Komposisi Feed Sampah organik masuk ke Rotary Cutter (C-112) .....	29
Table 4.3 Neraca Massa Ke Tangki Pengenceran H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	30
Table 4.4 Neraca Massa Ke Tangki <i>Pre-Treatment</i> Sampah (R-117).....	31
Table 4.5 Neraca Massa Ke Tangki Netralisasi Sampah (R-125) .....	32
Table 4.6 Neraca Massa Masuk Ke <i>Bin</i> Sampah (R-125).....	34
Table 4.7 Neraca Massa Masuk Tangki <i>Starter</i> (R-125) .....	36
Table 4.8 Neraca Massa Masuk Tangki <i>Starter</i> (R-125) .....	38
Table 4.9 Neraca Massa Masuk Tangki <i>Digester</i> (R-125).....	40
Table 4.10 Neraca Massa <i>Gas Turbine</i> .....	44
Table 4.11 Neraca Massa <i>Gas Turbine</i> (Lanjutan) .....	44

Table 0.1 Neraca Energi Tangki Pengenceran H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	45
Table 0.2 Neraca Energi Pre-Treatment Sampah .....	48
Table 0.3 Neraca Energi Tangki Netralisasi Sampah.....	51
Table 0.4 Neraca Energi Bin Sampah .....	54
Table 0.5 Neraca Energi Tangki Starter .....	56
Table 0.6 Neraca Energi Tangki Digester .....	61
Table 0.7 Neraca Energi Compressor.....	67
Table 0.8 Neraca Energi Cooler .....	68
Table 0.9 Neraca Energi Water Scrubber.....	70
Table 0.10 Neraca Energi Gas Turbin.....	72
Table 0.11 Neraca Energi Combustion Chamber.....	73
Table 5.1 Gudang sampah organik kota (F-110).....	76
Table 5.2 <b>Gudang CaOH<sub>2</sub> (F-111)</b> .....	76
Table 5.3 Screw Conveyor (J-111).....	77
Table 5.4 Rotary Knife Cutter (C-110) .....	78
Table 5.5 Belt Conveyor (J-112).....	78
Table 5.6 Storage H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (F-113) .....	79
Table 5.7 Tanki Pengenceran H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (R-110).....	80
Table 5.8 Storage Kotoran Sapi (F-113) .....	81
Table 5.9 Tanki Pengenceran Kotoran Sapi (R-111) .....	82
Table 5.10 Tangki Pre-Treatment Sampah (R-113) .....	83
Table 5.11 Tangki Netralisasi Sampah (R-114) .....	85
Table 5.12 BIN SAMPAH (F-210) .....	86
Table 5.13 Digester Tank (R-211) .....	88
Table 5.14 Starter Tank (R-212) .....	90
Table 5.15 Digester Pump (L-210).....	92
Table 5.16 Starter Pump (L-211) .....	92
Table 5.17 Kotoran Sapi Pump (L-212).....	93
Table 5.18 Mixing Tank Pump (L-213) .....	93
Table 5.19 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Pump (L-214) .....	94
Table 5.20 Pengenceran H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Pump (L-215).....	95
Table 5.21 Pre-Treatment Pump (L-216) .....	95
Table 5.22 Netralisasi Pump (L-217) .....	96
Table 5.23 Compressor (G-220).....	97
Table 5.24 Scrubber (D-220).....	97

Table 5.25 Biomethane Holder (F-220) .....	99
Table 5.26 Gas Turbine (N-310) .....	100
Table 5.27 Cooler (E-211).....	100
Table 5.28 Penaksiran Harga Alat.....	101
Table 6.1 Daftar Kebutuhan Karyawan Pabrik Energi dari Sampah Organik.....	114
Table 6.2 <i>Production Unit Schedule</i> .....	118
Table 7.1 Analisa Ekonomi .....	130



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Bobot parameter yang digunakan dalam pemilihan lokasi .....	12
Gambar 2-2 Hasil pemilihan lokasi.....	12
Gambar 3-1 Proses pembuatan biogas dari sampah dan lindi .....	18
Gambar 3-2 Flow diagram pada proses absorpsi CO <sub>2</sub> .....	21
Gambar 3-3 Flow diagram pada proses absorpsi CO <sub>2</sub> .....	22
Gambar 3-4 Flow diagram pada proses adsorpsi CO <sub>2</sub> dan H <sub>2</sub> S...	23
Gambar 6-1 Grafik BEP Pabrik Listrik Tenaga Biogas Dari Sampah Organik.....	125



# **BAB I**

## **LATAR BELAKANG**

### **1.1 Latar Belakang**

Beberapa tahun terakhir energi merupakan persoalan yang krusial di dunia. Peningkatan permintaan energi disebabkan oleh pertumbuhan populasi penduduk yang tidak ditunjang dengan semakin berkurangnya sumber cadangan minyak dunia serta permasalahan emisi dari bahan bakar fosil memberikan tekanan kepada setiap negara untuk segera memproduksi dan menggunakan energi terbarukan. Krisis energi, meningkatnya sampah pada tahun 2018, dan perubahan iklim yang sangat signifikan merupakan tiga isu penting, karena menyangkut keberlangsungan hidup manusia. Dengan adanya peningkatan jumlah penduduk maka konsumsi energi, pangan, jumlah sampah akan terus meningkat apabila paradigma ini terus berlanjut tanpa adanya diversifikasi energi dan pengelolaan sampah yang selalu naik drastis maka akan terjadi krisis energi dan kerusakan lingkungan. Ketika pemenuhan akan kebutuhan energi terus dilakukan maka akan adanya dampak lain, yaitu ketidakseimbangan alam yang berimplikasi perubahan iklim.

Indonesia merupakan salah satu negara dengan jumlah penduduk yang besar, dan termasuk dalam empat besar penduduk terbanyak di dunia setelah China, India, dan Amerika. Jumlah penduduk yang besar akan dibarengi juga dengan kebutuhan energi yang meningkat, hal ini menjadi pekerjaan rumah yang sedang dihadapi pemerintah sekarang ini yaitu dalam memenuhi kebutuhan energi nasional bagi masyarakat Indonesia. Permasalahan lain yaitu mengatasi permasalahan lingkungan seperti dalam pengelolaan limbah rumah tangga maupun industri. Kebutuhan energi yang permintaannya selalu meningkat dalam setiap tahunnya dari sektor rumah tangga maupun industri dibarengi dengan meningkatnya juga jumlah limbah setiap tahunnya dari sektor tersebut. Hubungan antara meningkatnya jumlah penduduk dengan kebutuhan energi dan jumlah limbah yang dihasilkan itu berbanding lurus. Apabila suatu negara

mengalami pertumbuhan jumlah penduduknya, maka bertambah juga kebutuhan energi untuk memenuhi kegiatan sehari – hari masyarakatnya dan hal tersebut juga akan mempengaruhi dalam pertumbuhan jumlah limbah yang dihasilkan dari berbagai sektor seperti rumah tangga dan industri.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional menegaskan bahwa pemerintah berkomitmen untuk meningkatkan rasio energi terbarukan dalam bauran energi nasional sebesar 23% pada tahun 2025. Kebijakan ini juga mengatur bahwa penggunaan minyak bumi akan diturunkan menjadi 25% pada tahun yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan sumber energi terbarukan dari jenis biomassa dan sampah diarahkan untuk ketenagalistrikan dan transportasi. Secara bersamaan, pemerintah mempunyai target untuk meningkatkan rasio elektrifikasi nasional hingga tahun 2025. Rasio elektrifikasi di Indonesia baru mencapai angka 88,3% dan di tahun 2025 rasio elektrifikasi ditargetkan menjadi 99,7% (RUPTL PLN 2016 – 2025).

Penggunaan energi di Indonesia masih didominasi oleh energi fosil. Energi fosil seperti bahan bakar minyak dan gas alam adalah sumber energi yang tidak dapat diperbaharui karena berasal dari endapan fosil-fosil yang membutuhkan waktu jutaan tahun untuk diproses menjadi minyak bumi dan gas alam. Jika sumber energi ini dipakai secara terus-menerus, maka pada suatu saat ketersediaannya akan menipis. Sedangkan untuk dapat melangsungkan kehidupan manusia memerlukan energi. Masalah lain yang ditimbulkan dengan meningkatnya populasi manusia adalah sampah yang menumpuk akibat aktivitas manusia.

Memenuhi target pemerintah yang sudah disebutkan dalam target rasio elektrifikasi nasional sekaligus mengurangi ketergantungan penggunaan energi dari fosil, maka jalan keluarnya adalah penggunaan sumber energi baru dan terbarukan (EBT) yang merupakan langkah tepat untuk saat ini. Sumber energi baru dan terbarukan di Indonesia mempunyai ketersediaan bahan baku yang cukup besar dan melimpah. Bahan baku tersebut berasal dari air,

panas matahari, panas bumi, angin, biomassa, dan sampah yang pada umumnya bahan baku tersebut selalu tersedia sepanjang waktu dan berada di sekitar penduduk Indonesia. Sehingga untuk sekarang ini pemerintah harus lebih mendorong penggunaan energi baru dan terbarukan bagi daerah – daerah yang sulit dijangkau oleh akses listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Sumber listrik PLN yaitu sebagian besar berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang tersebar di semua wilayah Indonesia dimana bahan bakar yang digunakan yaitu batu bara. Tenaga listrik yang dibangkitkan di Indonesia pada tahun 2011-2017 ditunjukkan pada **Tabel 1.1.**

**Table 1.1** Tenaga Listrik yang Dibangkitkan Menurut Provinsi Di Indonesia 2017

Provinsi	Tenaga listrik yang Dibangkitkan Menurut Provinsi (GWh)					
	2011	2012	2013	2014	2015	2017
Aceh	794.16 .00	534.80	522.8 9	582.06 .00	618.26 .00	568.20 .00
Sumatera Utara	15342. 39	16402. 98	17459 .73	18028. 30	18876. 59	18544. 99
Riau	742.90	634.56 .00	811.3 0.00	892.63	969.73	1032.8 3
Jawa Timur	51798. 98	51753. 79	54548 .64	56631. 27	52624. 96	53868. 24
DKI Jakarta	3566.5 1.00	5526.4 0.00	5433. 79	4115.5 8.00	3408.6 0	16070. 82
Indonesia	18839 7.30	20420 5.42	22206 .93	23801 9.10	23975 0.07	26266 1.38

(Sumber;BPS,2018)

Biogas adalah gas yang mudah terbakar (*flammable*) yang dihasilkan dari proses fermentasi (pembusukan) bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa oksigen yang ada dalam udara). Biogas dapat digunakan untuk berbagai keperluan, salah satunya adalah sebagai pembangkit listrik (Irhan, 2018). Berikut adalah komposisi biogas. Komposisi biogas secara umum terdapat pada **Tabel 1.2**

**Table 1.2** Komposisi Biogas Secara Umum

Komponen	Persentase (%)
Metana (CH <sub>4</sub> )	55-75
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	25-45
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	0-0,3
Hidrogen (H <sub>2</sub> )	1-5
Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)	1-5
Oksigen (O <sub>2</sub> )	0,1-0,5

(Partiwiningrum, 2015)

Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana (CH<sub>4</sub>). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan metana semakin kecil nilai kalor (Partiwiningrum, 2015). Biogas sendiri bisa didapatkan dari pengolahan sampah terutama sampah organik. Metode yang digunakan berupa metode fermentasi anaerob yang mengubah senyawa organik dalam sampah menjadi gas metana(CH<sub>4</sub>), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan gas lainnya.

Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat.(UU Nomor 18 Tahun 2008). Sampah merupakan konsekuensi dari adanya aktifitas manusia, jumlah atau volume sampah sebanding dengan tingkat konsumsi manusia terhadap barang/material yang dikonsumsi manusia sehari-hari. Oleh karena itu, pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi akan mempengaruhi jumlah sampah yang dihasilkan. (H. Douglas J. Manurung; 2016)

Sampah padat dapat digolongkan menjadi 2 (dua) yaitu sebagai berikut:

1. Sampah organik merupakan sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan hayati yang dapat didegradasi dengan bantuan mikroba atau bersifat *biodegradable*. Sampah ini dengan mudah dapat diuraikan melalui proses alami. Contoh sampah organik yaitu sisa-sisa makanan, pembungkus (selain kertas, karet), tepung, sayuran, kulit buah, daun dan ranting.
2. Sampah anorganik merupakan sampah yang ditimbulkan dari bahan-bahan non hayati, baik berupa produk sintetis maupun hasil proses teknologi pengolahan bahan tambang. Contoh sampah anorganik yaitu botol plastik, botol gelas, tas plastik, dan kaleng. (Ryan ady susilo; 2013)

Pengelolaan sampah merupakan salah satu masalah krusial bagi kota-kota besar di semua negara. Sampah yang tidak tertangani secara baik dan memadai dapat menyebabkan masalah serius bagi kualitas lingkungan dan kesehatan manusia (Uyan, 2013). Masalah tersebut akan semakin membesar akibat peningkatan secara signifikan dari tahun ke tahun jumlah sampah padat atau sering disebut *Municipal Solid Waste* (MSW) di perkotaan. Tumpukan MSW yang tidak terkontrol, akan mempengaruhi kehidupan manusia lewat pencemaran air tanah sebagai sumber air minum dan polusi udara. Selain mengganggu pernafasan manusia, pencemaran udara juga berpotensi menambah kandungan gas rumah kaca penyebab efek pemanasan global dan perubahan iklim. Keduanya merupakan ancaman serius pada kehidupan makhluk dunia di masa depan (Kumar, 2014).

Salah satu jenis energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan adalah energi sampah (*waste energy*) yang dapat digunakan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA). Sampah di kota – kota besar telah menjadi permasalahan tersendiri, padahal pemerintah mempunyai kebijakan strategis untuk meningkatkan target pemanfaatan energi baru dan terbarukan. Pemanfaatan sampah sebagai bahan baku PLTSA selain berfungsi untuk mengurangi timbunan sampah juga menghasilkan listrik,

menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK), dan meningkatkan ketahanan energi nasional. Berdasarkan data yang dihimpun dari BPPT OEI pada tahun 2016, menyatakan bahwa potensi energi biomassa dan sampah di Indonesia adalah 32.654 MWe (Megawatt electric).

Bahan baku yang dapat dimanfaatkan dalam produksi biogas ini adalah sampah organik. Rate produksi sampah di Kabupaten Tuban sebesar 63 Ton/Hari .TPA di Kabupaten Tuban ada 3 yaitu TPA Kecamatan Jatirogo dengan luas sekitar 3,57 Ha, TPA Rengel seluas 3,27 Ha, dan TPA Gunung Panggung sekitar 3,8 Ha. Tetapi TPA yang sebenarnya yaitu terletak di Gunung Panggung, sedangkan di Jatirogo dan Rengel lebih tepatnya Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) (<http://sipsn.menlhk.go.id/>).

Dengan kondisi laju produksi sampah di Kabupaten Tuban yang cukup melimpah akan mengakibatkan pencemaran sampah hingga kategori parah, akan tetapi berpotensi untuk menghasilkan gas metana sebanyak 80 Ton/Tahun. Faktor lain seperti jumlah penduduk dan kebutuhan listrik yang semakin meningkat tiap tahunnya juga dipengaruhi harga listrik yang semakin mahal. Maka perlu di kembangkan penggunaan energi alternatif yang ramah lingkungan serta bisa juga membantu distribusi listrik di Kabupaten Tuban oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Sehingga faktor-faktor tersebut mendasari perancangan “**Pra Desain Pabrik Pembangkit Listrik Tenaga Sampah**”.



## **BAB II**

### **BASIS DESAIN DATA**

#### **2.1 Penentuan Lokasi Pabrik**

Penentuan lokasi pabrik secara geografis menentukan kemajuan serta kelangsungan dari suatu industri karena berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Pemilihan lokasi pabrik harus tepat berdasarkan perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta pertimbangan kondisi di sekitar lokasi pabrik (Peter & Timmerhauss, 2003).

Beberapa pertimbangan menjadi pengaruh pemilihan lokasi pabrik pembangkit listrik tenaga sampah ini. Berdasarkan opsi yang ada terdapat 2 pilihan lokasi yang memungkinkan pabrik untuk didirikan antara lain di Tuban dan Bantargebang Bekasi. Berdasarkan kedua opsi tersebut pemilihan lokasi yang tepat dapat di lihat dari berbagai aspek antara lain:

- a. Ketersediaan bahan baku
- b. Aksesibilitas dan fasilitas transportasi
- c. Tenaga kerja
- d. Utilitas
- e. Iklim dan topografi

#### **a. Ketersediaan bahan baku**

Bahan baku utama dalam pabrik pembangkit listrik tenaga sampah adalah kotoran sampah dengan spesifikasi sampah organik. Jumlah timbulan sampah di Tuban adalah 37431,63 kg/ hari (sumber : Teknik Lingkungan ITS, 2018) dan Bantargebang, Bekasi 7733599,586 kg/hari (sumber: data.jakarta.go.id, 2019). Didapat data sebagai berikut.

**Table 2.1** Ketersediaan Bahan Baku

Acuan Pertimbangan	Jumlah Sampah (kg/hari)	
	Tuban	Bantargebang, Bekasi
Ketersediaan bahan baku	37.431,63	7.733.599,586

	(Teknik Lingkungan ITS, 2018)	(BPS,2015)
--	-------------------------------	------------

### b. Aksesibilitas dan Fasilitas Transportasi

Aksesibilitas dan fasilitas transportasi merupakan salah satu faktor penunjang dalam pendirian suatu pabrik. Sistem transportasi yang ada dimaksudkan untuk meningkatkan pelayanan mobilitas pekerja dan berbagai hal yang dapat mendukung terjadinya perkembangan kemajuan pabrik seperti menunjang kegiatan jual beli barang. Berikut adalah Tabel perbandingan aksesibilitas dan fasilitas transportasi antara Tuban dan Bantargebang, Bekasi.

**Table 2.2 Perbandingan Aksesibilitas dan Fasilitas Transportasi**

Kecamatan	Panjang Jalan (km)	Jenis Jalan	Sumber
Bekasi	941 km	Aspal : 856 km	(BPS, 2019)
		Kerikil : - km	
		Tanah : 85 km	
		Beton : -	
Tuban	726,120 km	Aspal : 726,120 km	(BPS, 2015)
		Kerikil : - km	
		Tanah : - km	
		Beton : - km	

### c. Tenaga Kerja

Sumber daya manusia menjadi parameter yang harus dipertimbangkan dalam perancangan pendirian pabrik guna mengurangi jumlah tuna karya dan mendukung program pemerintah dalam mengurangi jumlah tuna karya. Dengan pengambilan tenaga kerja dari daerah didirikannya pabrik, maka dapat memudahkan mobilitas dari pekerja.

**Table 2.3 Data Statistika Penduduk Tahun 2017**

Kabupaten	Upah Minimum Kabupaten/Kota (UMK)	Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK)	Sumber
Bekasi	Rp 4.229.756	63,79 %	(bappenas.go.id, 2019)
Tuban	Rp 2.333.641,85	88,79 %	(BPS, 2018)

Semakin tinggi TPAK menunjukkan bahwa semakin tinggi pula pasokan tenaga kerja (*labour supply*) yang tersedia untuk memproduksi barang dan jasa dalam suatu perekonomian atau industri.

### d. Utilitas

Air sangat diperlukan karena air memiliki banyak kegunaan dalam sebuah proses industri seperti digunakan sebagai campuran antara air dengan *reagen* seperti  $H_2SO_4$  untuk *pre-treatment*. Oleh sebab itu, lokasi pabrik sebaiknya berdekatan dengan sumber air untuk mempermudah jalannya proses industri. Data terkait beberapa sungai di Kabupaten Bekasi dan Kabupaten Tuban ditunjukkan pada Tabel 2.4.

**Table 2.4 Sungai di Bekasi dan Tuban**

Kecamatan	Nama sungai
-----------	-------------

Bekasi	Cakung
	Bekasi
	Sunter
Tuban	Bengawan Solo

Selain ketersediaan air sebagai salah satu faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik, juga harus mempertimbangkan ketersediaan energi listrik. Jawa Timur memiliki rasio elektrifikasi sebesar 93,87% (RUPTL-PLN, 2018). Sedangkan Jakarta memiliki rasio elektrifikasi sebesar 99,9% (RUPTL-PLN, 2018).

#### e. Iklim dan Topografi

Berikut ini adalah data perbandingan kondisi iklim antara Tuban dan Bekasi tahun 2017.

**Table 2.5 Perbandingan Iklim Kabupaten Tuban dan Kabupaten Bekasi**

Kabupaten	Kelembapan Udara Rata-rata (%)	Suhu Udara Rata-rata (°C)	Curah Hujan Rata-rata (mm)	Kecepatan Angin Rata-rata (km/jam)
Tuban	70-90	24-31	187,3	6,67
Bekasi	60-80	28-32	86,37	9,3

Kondisi topografi Tuban berdasarkan data dari BPS 2017:

- ❖ Luas Wilayah: 1.905 km<sup>2</sup>
- ❖ Ketinggian : 57,15 m di atas permukaan laut

Kondisi topografi di Bekasi berdasarkan data dari BPS 2017:

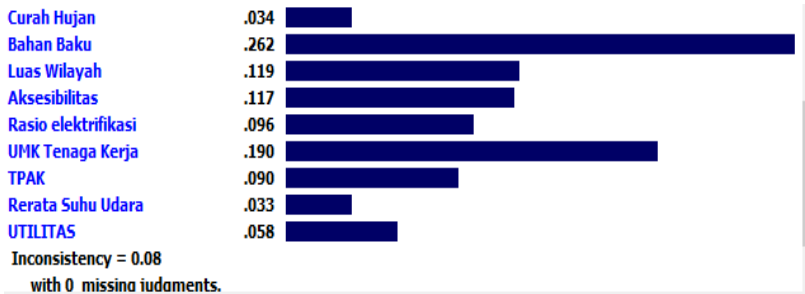
- ❖ Luas Wilayah: 1.273,88 km<sup>2</sup>
- ❖ ketinggian : 115 m di atas permukaan laut

Berdasarkan pertimbangan beberapa faktor di atas, maka dapat disimpulkan lokasi pabrik biogas dari kotoran sapi untuk menghasilkan listrik akan dibangun di Tuban dengan pembobotan *expert choice* yang dilakukan dengan pertimbangan parameter berikut:

**Table 2.6 Parameter perbandingan pemilihan lokasi pabrik**

Parameter	Tuban	Bekasi
Bahan Baku	37.431,63 kg/hari	7.733.599,586 kg/hari (Adanya competitor yang mengolah 100 ton/hari menghasilkan 750 KWh)
Aksesibilitas	941 km (856 km aspal dan 85 km tanah)	726,120 km (Aspal)
Rasio Elektrifikasi	93,87% rasio elektrifikasi	99,9% rasio elektrifikasi
Utilitas	3 Sungai	1 Sungai
UMK Tenaga Kerja	Rp 2.333.641,85	Rp 4.229.756
Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK)	88,79%	63,79%
Suhu udara rata-rata	24-31 (°C)	28-32 (°C)
Curah Hujan	187,3 mm	86,37 mm
Luas Wilayah	1.905 km <sup>2</sup>	1.273,88 km <sup>2</sup>

Berdasarkan hasil *expert choice* ([www.expertchoice.com](http://www.expertchoice.com)) yang dilakukan didapatkan hasil pembobotan tiap parameter (**Gambar 2.1**) dimana ketersediaan bahan baku merupakan prioritas utama dalam pemilihan lokasi pabrik.



**Gambar 2-1** Bobot parameter yang digunakan dalam pemilihan lokasi

Hasil dari pembobotan *expert choice* menunjukkan bahwa Tuban merupakan lokasi yang dipilih dalam perancangan Pra-Desain pabrik dengan nilai 66,7% seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.2**



**Gambar 2-2** Hasil pemilihan lokasi

## 2.2 Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi suatu pabrik ditetapkan sesudah mengetahui peluang kapasitas yang jumlahnya sangat dipengaruhi oleh nilai impor, ekspor, produksi dan konsumsi tahunan atau perkembangan industri untuk kurun waktu tertentu (Kusnarjo, 2010). Berdasarkan data tahun 2017-2018 timbulan sampah nasional mencapai 8.186.633,25 ton/hari dengan rincian sekitar 24% sampah belum terolah (sipsn.menlhk.go.id, 2018), dimana

kurang lebih 60% sampah merupakan sampah organik (menlhk.go.id, 2018). Fenomena ini terjadi karena peningkatan jumlah penduduk Indonesia tiap tahunnya. Di sisi lain, kebutuhan listrik nasional juga mengalami kenaikan sekitar 6% per tahunnya (esdm.go.id, 2018).

**Table 2.7** Klasifikasi sampah di Indonesia

<b>Jenis Sampah</b>	<b>Persentase (%)</b>
Organik	60
Plastik	14
Kertas	9
Logam	4,3
Karet	5,5
Kain	3,5
Kaca	1,7
Lainnya	2

Banyak riset telah menunjukkan bahwa sampah organik dapat dikonversi menjadi biogas dengan komposisi metana berkisar 55-70% dan kadar CO<sub>2</sub> sekitar 30-45% yang selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik (Suyitno dkk, 2010).

Daerah Tuban memiliki potensi bahan baku sampah 37.431,63 kg/hari total dengan densitas 154,93 kg/m<sup>3</sup> (Teknik Lingkungan ITS, 2018). Sampah organik yang dihasilkan berada pada kisaran. 22.458,978 kg/hari. Dengan asumsi sampah yang dihasilkan telah melalui proses segregasi yang baik, maka potensi kapasitas bahan baku sebesar 22.458,978 kg/hari atau 7.411.462,74 kg/tahun. Perbandingan biogas yang dihasilkan tiap kg sampah ialah 0,40278 kg biogas/kg sampah organik basah (Ting, C.H dan Lee, D.J, 2007). Maka, biogas yang dihasilkan sebesar 1.3459,3 kg biogas/hari. Melalui proses kalkulasi (Smith Van Ness, 1996) apabila biogas tersebut digunakan untuk mengenerasi listrik didapatkan daya sebesar 1,5 MW melalu proses pembakaran pada *turbine generator*. Melihat potensi tersebut maka kapasitas

produksi yang ditetapkan sebesar 22.458,978 kg/hari sampah organik

### 2.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk

Bahan baku utama dari pabrik pembangkit listrik tenaga sampah menggunakan sampah organik dimana, klasifikasi sampah di Tuban ditunjukkan dalam **Tabel 2.8** sedangkan komposisi sampah organik ditunjukkan pada **Tabel 2.9**. Secara umum memiliki karakteristik sebagai berikut:

**Table 2.8 Klasifikasi sampah di Tuban**

No	Komponen Sampah	Persentase %
1	Sampah makanan	55,58
2	Sampah kebun/taman	19,11
3	Plastik	9,68
4	Kertas	5,02
5	Kayu	0,06
6	Kain/tekstil	1,55
7	Karet	0,00
8	Kulit	0,00
9	Logam	0,08
10	Gelas/kaca	3,61
11	Diapers	5,30
12	Lain-lain	0,00
Total		100



**Table 2.9 Komposisi sampah organik**

<b>Parameter</b>	<b>%Massa</b>
Kelembapan	33,92
Volatile Solid	24,75
C	37,74
H	5,3
O	29,78
N	2,04
S	0,39
Total	100

(Suyitno dkk, 2010).

Table 2.10 Komposisi bahan baku

<b>No</b>	<b>Komponen</b>	<b>Fraksi Massa</b>
1	Air	28,25%
2	Selulose	41,93%
3	Xylan	10,59%
4	Lignin	10,36%
5	Lipids	6,09%
6	Protein	2,79%
	Total	100,00%

(Biogas Handbook, 2008 dan DKP Surabaya, 2008)

Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan metana semakin kecil nilai kalor (Partiwiningrum, 2015). Secara umum, biogas memiliki

kandungan komponen yang ditunjukkan pada **Tabel 2.11** sebagai berikut:

**Table 2.11 Komposisi biogas secara umum dalam persen volume**

<b>Komponen</b>	<b>Persentase (%)</b>
Metana (CH <sub>4</sub> )	55-75
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	24-25
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	0-0,3
Hidrogen (H <sub>2</sub> )	1-5
Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)	1-5
Oksigen (O <sub>2</sub> )	0,1-0,5

(Partiwiningrum, 2015)

Metana memiliki karakteristik sebagai berikut:

**Sifat fisik**

Bentuk	: gas
Titik lebur	: -182,6°C
Titik didih	: -162°C
Densitas	: 0,717 g/L (pada suhu 0°C)
Bau	: tidak berbau
Warna	: tidak berwarna
<i>Specific Gravity</i> (AIR=1)	: 0,56 pada 21,1°C

**Sifat Kimia:**

Berat molekul	: 16,04
Kelarutan dalam air	: 3,5 % pada 17°C
Rumus Molekul	: CH <sub>4</sub>

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB III SELEKSI DAN URAIAN PROSES

### 3.1 Seleksi Proses

Pada proses pembuatan biogas dari sampah dan lindi perlu dilakukan suatu pemilihan proses untuk menentukan proses yang paling efisien sehingga diperoleh hasil yang semaksimal mungkin dalam waktu yang seminimal mungkin dan biaya yang sesuai. Secara garis besar proses pembuatan biogas dari sampah dan lindi meliputi berbagai tahapan, secara skematik dapat dilihat pada **Gambar 3.1**



**Gambar 3-1** Proses pembuatan biogas dari sampah dan lindi

#### 3.1.1 Pemilihan Proses tahapan *Pre-treatment*

##### 3.1.1.1 *Pre-Treatment* Sampah

*Pre-treatment* ini diperlukan untuk memecah ikatan 3 komponen utama penyusun material lignoselulosa. Dalam tahap ini terjadi pemisahan lignin (*lignin removal*), hemiselulosa (*xylan*), dan selulosa. Selanjutnya *xylan* akan terhidrolisa menjadi *xylose* pada proses ini (Hamelinck,2003). Penjelasan lebih lanjut terkait **Tabel 3.1** adalah sebagai berikut:

**Table 3.1 *Pre-Treatment (Lignin-removal & Hidrolisa Hemiselulosa)***

<b><i>Pre-Treatment (Lignin-removal &amp; Hidrolisa Hemiselulosa)</i></b>				
<b>Metode</b>	<b>Suhu dan Tekanan</b>	<b>Waktu Proses (menit)</b>	<b>Yield Xylose</b>	<b>Keterangan</b>
Steam	160°-220 °C	2	45-65%	Pengembangan

LHW(Liquid Hot Water)	190-230°C P > P <sub>sat</sub>	0,75-4	90%	Pengembangan
Asam Encer	> 160°C	2-10	75-90%	Teraplikasi

### a. *Steam*

Proses ini menggunakan steam bertekanan dan bertemperatur tinggi. Sama dengan proses *Liquid Hot Water*, asam juga akan terbentuk pada proses ini selanjutnya akan menjadi katalis dalam proses lanjutan (Balat,2007). Metode tersebut sampai saat ini masih membutuhkan energi yang cukup besar untuk mencapai kondisi operasinya. Faktor yang mempengaruhi efektifitas proses ini adalah waktu tinggal, temperatur, *moisture raw material* dan ukuran *raw material*. (Hendirks dan zeeman,2008;Sun,2000)

### b. *Liquid Hot Water*

Metode ini menggunakan air panas yang dikompresi (pada tekanan di atas titik jenuhnya, sehingga air tetap pada fasa cair walaupun pada suhu tinggi) untuk memisahkan liquid dan melarutkan (hidrolisa) hemiselulosa. Pada proses ini akan terbentuk asam setelah terjadi hidrolisa hemiselulosa dan *lignin-removal*. Asam ini akan menjadi katalis dalam proses hidrolisa hemiselulosa lanjutan maupun hidrolisa (Balat, 2007). Metode ini bisa merupakan metode yang ekonomis dan efektif, namun masih berupa pengembangan teknologi yang baru bisa diaplikasikan pada industri pada 5-10 tahun kedepan. (Hameslinck, 2003)

### c. **Asam encer**

Hidrolisa hemiselulosa dan *lignin-removal* (pre-treatment) menggunakan asam encer biasanya menggunakan asam sulfat, asam klorida atau asam nitrat encer. Dari semua hidrolisis secara kimia, banyak digunakan asam sulfat (0,5-1,5%, dengan suhu diatas 180°C selama 3 menit) dalam kalangan industri, karena

didapatkan *yield* gula yang tinggi dari hemiselulosa. Setidaknya *yield* xylose bisa mencapai 75-90% (Wooley dkk,1999; Sun dan Cheng,2002). Perbandingan asam encer yang digunakan terhadap sampah kota adalah 0,3kg asam encer per/kg sampah kota, (Hamelinck,2003). Namun asam ini perlu untuk dihilangkan atau dinetralkan sebelum proses fermentasi. Biasanya proses ini dilakukan setelah hidrolisis selulosa (Hamelinck, 2003).

Dari 3 metode pretreatment yang dijelaskan diatas dipilih **metode asam encer**

### 3.1.2 Pemilihan Metode Purifikasi Biogas

Dalam meningkatkan kualitas biogas terdapat tiga teknik yang lazim digunakan untuk memisahkan metana dari komponen polutan. Ketiga metode tersebut akan dijelaskan lebih jelas sebagai berikut :

#### a. *Chemical Absorption*

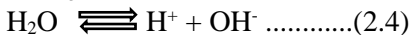
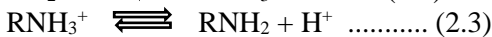
Pada metode pertama ini yaitu *Chemical Absorption* dapat dilakukan untuk memisahkan kedua komponen polutan biogas, yaitu H<sub>2</sub>S dan CO<sub>2</sub>.

#### b. *Chemical Absorption* untuk CO<sub>2</sub>

Teori yang berhubungan dengan pemisahan CO<sub>2</sub> dari biogas sangat bervariasi walaupun seringkali kontradiktif. Secara umum, absorpsi CO<sub>2</sub> menggunakan larutan *amine*, *amine* terlarut dalam air yang kemudian disebut sebagai *zwitter ion*. Setelah mengalami tahap deprotonisasi, asam amino akan bereaksi dengan CO<sub>2</sub>.

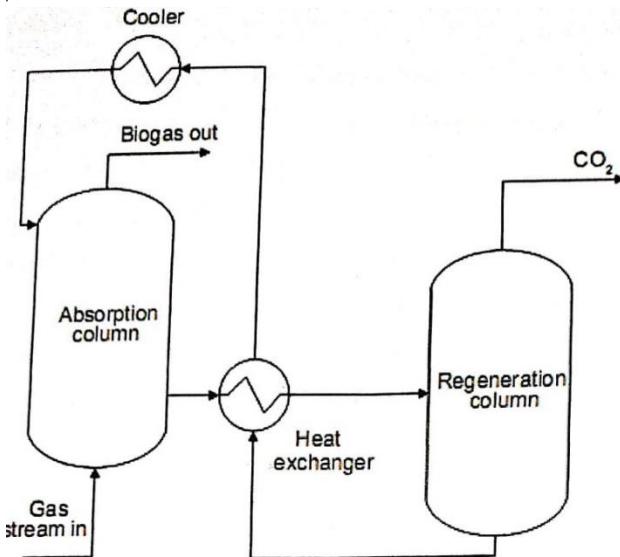


Selain itu terdapat beberapa reaksi yang akan terjadi yaitu :



Reaksi 2.2 akan terjadi namun tidak terlalu signifikan, sementara itu karena pH bersifat asam maka ion OH<sup>-</sup> berjumlah terbatas. Apabila ion OH<sup>-</sup> dan asam amino mengalami fase

kesetimbangan, maka reaksi 2.3 dan 2.4 akan terjadi. Flow diagram pada proses pemisahan CO<sub>2</sub> dapat dilihat pada **Gambar 3.1**

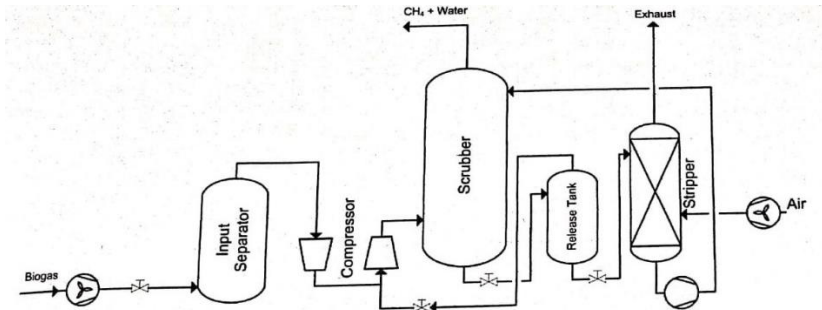


**Gambar 3-2 Flow diagram pada proses absorpsi CO<sub>2</sub>**  
(Eindhoven University of Technology, 2008)

Pada proses ini larutan asam amino akan mengabsorpsi gas CO<sub>2</sub> dari biogas, yang selanjutnya akan dialirkan menuju *Regeneration Coloumn*. *Regeneration Coloumn* akan memisahkan antara CO<sub>2</sub> dengan larutan asam amino. Larutan asam amino hasil pemisahan dalam *Regeneration Coloumn*, akan *directycle* kembali ke dalam *Absorption Coloumn*.

### ***b. High Pressure Water Scrubbing***

*Water Scrubbing* adalah sebuah teknik dasar yang memanfaatkan sifat fisika kelarutan gas dalam liquid. *Water Scrubbing* dapat melarutkan H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> dan komponen lainnya yang lebih larut ke dalam air daripada gas metana. Bagian utama dalam proses ini dapat dilihat pada **Gambar 3.2** sebagai berikut :



**Gambar 3-3 Flow diagram pada proses absorpsi CO<sub>2</sub>**  
(Eindhoven University of Technology, 2008)

Gas masuk dalam *scrubber* yang merupakan gas bertekanan tinggi. Tekanan yang tinggi ini menyebabkan kelarutan gas dalam air semakin meningkat. Pada umumnya, kolom *scrubber* merupakan *packed coloumn* agar terjadi kontak transfer yang lebih luas. Air dispray dari atas dan mengalir ke bawah secara *counter-current* dengan gas. Di dalam *flash vessel* akan terjadi penurunan tekanan dan sedikit gas metana akan tergenerasi. Dalam kolom *stripper* gas H<sub>2</sub>S serta CO<sub>2</sub> akan distripping dengan udara, sehingga akan menghasilkan gas metana 94%-98%. (Eindhoven University of Technology, 2008).

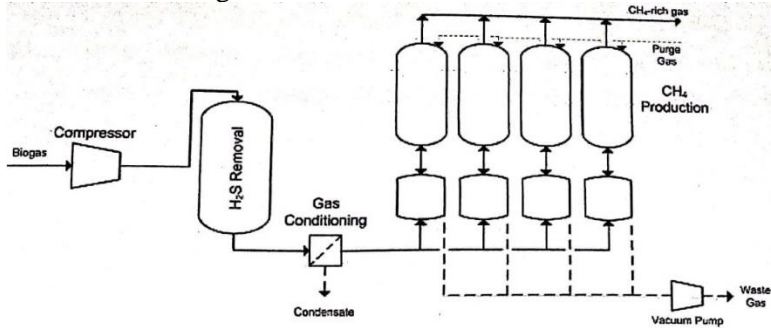
*Raw Biogas* dikompresi pada tekanan 1,0 MPa sehingga meningkatkan kelarutan karbon dioksida dalam air. Air juga dilepaskan pada tekanan 1,3 MPa untuk memenuhi gas bertekanan yang masuk dalam kolom dengan aliran *counter-current*. Proses melarutkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S dalam air terkumpul di bagian bawah menara (C,Ofori-Boateng, 2009).

### c. *Pressure Swing Adsorption*

*Pressure Swing Adsorption* (PSA) merupakan salah satu teknik yang dapat meningkatkan kemurnian dari produk biogas. Teknologi PSA memisahkan komponen dalam campuran gas di bawah tekanan dengan berdasarkan karakteristik molekular dan afinitas untuk penyerapan material. Seperti yang digambarkan pada **Gambar 3.3**, sistem ini menggunakan empat *adsorber vessel*



yang didalamnya berisi *adsorption material*. Dalam proses yang normal, biogas masuk pada bagian bawah kolom dan melewati *adsorber vessel*, kemudian pada bagian akhir, biogas akan keluar dari atas kolom dengan kemurnian lebih dari 97%. Seperti pada **Gambar 3.3** sebagai berikut:



**Gambar 3-4** Flow diagram pada proses adsorpsi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  (Eindhoven University of Technology, 2008)

**Table 3.2** Hasil perbandingan purifikasi yang baik

Metode	Yield Maksimum (%)	Purity Maksimum (%)	Keuntungan	Kerugian
<i>Chemical absorption</i>	90	98	-Hampir sempurna menghilangkan $\text{H}_2\text{S}$	-Hanya menghilangkan satu komponen dalam kolom
<i>High pressure water scrubbing</i>	94	98	- Menghilangkan gas dan partikulat tingkat -Tingkat kemurnian	-Penyerapan $\text{H}_2\text{S}$ terbatas akibat perubahan pH

			tinggi, hasil yang baik -Teknik sederhana, tidak dibutuhkan bahan kimia atau yang khusus	-H <sub>2</sub> S merusak peralatan - Membutuhkan banyak air, bahkan dengan proses regeneratif
<b><i>Pressure swing adsorption</i></b>	91	98	-Lebih dari 97% CH <sub>4</sub> pada bagian enrichment -Kebutuhan energi rendah -Tingkat emisi rendah -Adsorpsi N <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub>	-Diperlukan tambahan kompleks H <sub>2</sub> S untuk langkah penghapusan

Berdasarkan laporan “*Comparing Different Biogas Upgrading Technique*”, memaparkan hasil perbandingan yang telah dianalisa dalam **Tabel 3.2**. Dari penjelasan dan perbandingan dalam **Tabel 3.2**, ketiga teknik diatas diketahui bahwa teknik proses purifikasi yang baik adalah dengan menggunakan *High Pressure Water Scrubbing*. Teknik ini memiliki tingkat efektivitas kemurnian yang paling tinggi namun dengan biaya peralatan yang murah, sehingga dalam purifikasi biogas digunakan metode ***High Pressure Water Scrubbing***.

### 3.2 Uraian Proses

Proses produksi biogas dari proses fermentasi anaerobik secara umum melalui 4 tahapan pokok proses, yakni:

1. Tahap persiapan bahan baku meliputi proses *pre-treatment* dan netralisasi
2. Tahap fermentasi anaerobik
3. Tahap pemurnian gas
4. Tahap pembentukan listrik

Berikut adalah penjelasan yang lebih lengkap tentang proses tersebut:

### **3.2.1 Tahapan Pre-treatment dan Netralisasi**

Pre-treatment ini diperlukan untuk memecah ikatan 3 komponen utama penyusun material lignoselulosa. Dalam tahap ini terjadi pemisahan lignin (*lignin removal*), hemiselulosa (*xylan*), dan selulosa. Pada tahap awal, sampah organik dilarutkan dengan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) encer didalam *pre-treatment tank* (R-113). Kemudian sampah organik yang telah melalui proses *pre-treatment* dilakukan netralisasi dengan penambahan  $Ca(OH)_2$  di dalam netralisasi *tank* (R-114), untuk menetralkan  $H_2SO_4$  yang digunakan pada proses *pre-treatment*.

### **3.2.2 Tahap Digester**

Peruraian anaerobik (*anaerobic digestion*) merupakan salah satu metode pengolahan limbah secara biologis yang memiliki keunggulan berupa energi lewat pembentukan gas metana. Peruraian anaerobik juga memberikan keuntungan dari segi konsumsi energi karena tidak memerlukan oksigen sehingga dapat menekan konsumsi energi untuk aerasi serta menurunkan biaya penanganan *sludge* karena menghasilkan *sludge* 3-20 kali lebih rendah dibandingkan proses pengolahan aerobik (Lew dkk., 2004). Proses anaerobik berlangsung selama 15 hari dengan pembagian proses *starter* selama 5 hari dan proses *digester* selama 10 hari. Sampah organik yang telah melalui proses netralisasi dicampurkan kotoran sapi sebagai sumber mikroorganisme didalam *starter tank* (R-222). Setelah 5 hari dilanjutkan proses *digester* selama 10 hari didalam *digester tank* (R-221).

Gas yang terbentuk dari proses digestasi tersebut dialirkan menuju kompresor dan *cooler* sebelum memasuki kolom *water scrubber*. Tekanan dan suhu gas setelah masuk kompresor dan *cooler* adalah 10 bar dan 40 °C

### **3.2.3 Tahap Pemurnian Gas**

Gas yang terbentuk dari proses digestasi tersebut dialirkan menuju kompresor dan *cooler*. Selanjutnya gas masuk ke kolom *water scrubber* (D-220) untuk memurnikan gas biometana dari CO<sub>2</sub> menggunakan absorben air. Gas yang telah dimurnikan ini berupa CH<sub>4</sub> 95,39%, CO<sub>2</sub> 4,61%. Sebelum pembentukan listrik, gas ini disimpan dalam storage yaitu gas holder (F-224)

### **3.2.4 Tahap Pembentukan Listrik**

Gas yang ada pada gas *holder* dialirkan menuju *combustion chamber*. *Combustion chamber* berfungsi untuk mengubah *syn gas* menjadi *flue gas*. *Combustion chamber* merupakan sebuah komponen dari Gas Turbine Generator di mana pembakaran terjadi. Kombustor ini juga dikenal sebagai ruang pembakaran. Di area ini, dilakukan injeksi gas diikuti dengan proses pembakaran gas di dalam udara. Pembakaran ini mengakibatkan terjadinya ekspansi dari udara sehingga volume udara dan temperatur hasil pembakaran meningkat. Proses pembakaran di dalam chamber tidak akan meningkatkan tekanan udara, karena peningkatan volume udara akibat pemanasan cepat mengakibatkan udara berekspansi ke sisi turbin. Sedangkan kenaikan suhu udara hasil pembakaran, mengindikasikan kandungan energi dalam udara (entalpi) yang naik pula. Energi ini akan dikonversikan menjadi tenaga putaran poros oleh turbin gas. Gas panas hasil pembakaran *combustion chamber* kemudian dialirkan menuju *Gas Turbine Generator*. *Gas Turbine Generator* berfungsi untuk mengkonversi gas panas yang dihasilkan oleh *combustion chamber* menjadi energi listrik. Listrik yang dihasilkan oleh gas turbine generator ini sebesar 1,65 MW.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI

Basis perhitungan = 1 Jam operasi  
 Waktu operasi = 330 hari/tahun (1 hari = 24 jam)

Keperluan bahan dalam 1 hari adalah sebanyak 22.458,978 kg/hari  
 Kapasitas sampah dalam satuan rate massa

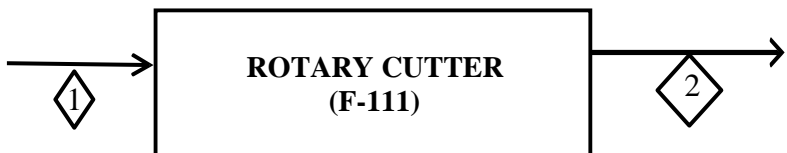
=	22458,978	kg/hari
=	935,79075	kg/jam

### 4.1 Rotary Cutter (C-112)

**Table 4.1** Komposisi Bahan Baku

No	Komponen	Fraksi Massa	Massa
1	Air	28,25%	264,32
2	Selulose	41,93%	392,37
3	Xylan	10,59%	99,09
4	Lignin	10,36%	96,98
5	Lipids	6,09%	56,96
6	Protein	2,79%	26,07
Total		100,00%	935,79

(Sumber : Biogas Handbook, 2008 dan DKP Surabaya, 2008)



Sampah diangkut dari gudang (F-110) dengan screw conveyer (J-111) sebesar 19,17 kg/j

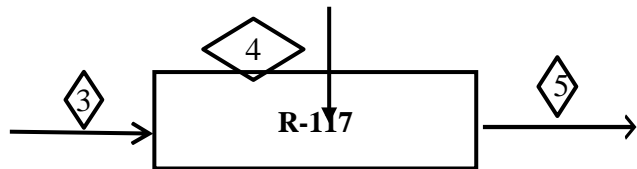
**Asumsi :**

Tidak ada sampah yang tertinggal pada screw conveyer (J-111)

Tidak ada sampah yang tertinggal pada rotary cutter (C-112)

Maka, sampah organik keluar rotary cutter (C-112) =19,17 kg/jam

#### 4.2 Tangki Pengenceran H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (R-117)



Tangki pengenceran H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (R-117) berfungsi untuk membuat larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1% dari 1

Basis kebutuhan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1% tiap kg feed masuk adalah 0,3kg asam encer per kg feedstok

**Table 4.2** Komposisi Feed Sampah organik masuk ke Rotary Cutter (C-112)

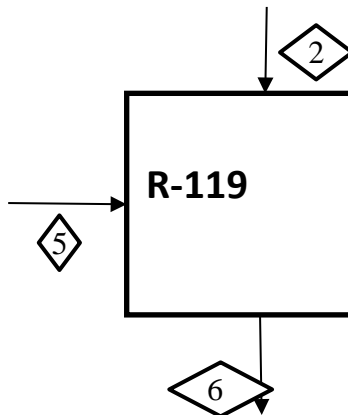
No	Komponen	Komposisi basah( %)	Massa basah (kg/jam)	Komposisi kering (%)	Massa Kering
1	Air	28,25%	264,323	0	0
2	Selulose	41,929%	392,368	58,434%	392,36
3	Xylan	10,589%	99,091	14,757%	99,09
4	Lignin	10,36%	96,976	14,442%	96,97
5	Lipids	6,087%	56,962	8,483%	56,96
6	Protein	2,786%	26,071	3,883%	26,07
Total		100%	935,79075	100%	671,4672

**Table 4.3** Neraca Massa Ke Tangki Pengenceran H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

<b>Aliran Masuk</b>			
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>%Massa</b>	<b>Massa kg/jam)</b>
3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98%	1,994
	H <sub>2</sub> O	2%	0,041
4	H <sub>2</sub> O	100%	199,385
Total			<b>201,420</b>

<b>Aliran Keluar</b>			
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>%Massa</b>	<b>Massa kg/jam)</b>
5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1%	1,994
	H <sub>2</sub> O	99%	199,426
Total			<b>201,420</b>

#### 4.3 Tangki Pre-Treatment Sampah (R-119)



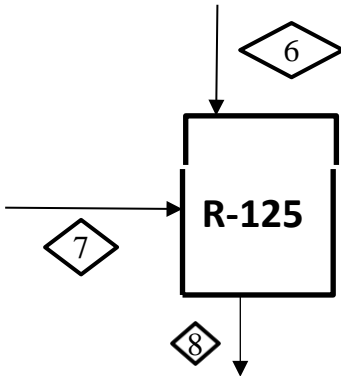


**Table 4.4** Neraca Massa Ke Tangki Pre-Treatment Sampah (R-117)

<b>Aliran Masuk</b>			
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>%massa</b>	<b>Massa(kg/jam)</b>
5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1%	1,994
	H <sub>2</sub> O	99%	199,426
	H <sub>2</sub> O	28,25%	264,323
2	Selulose	41,93%	392,368
	Xylan	10,59%	99,091
	Lignin	10,36%	96,976
	Lipids	6,09%	56,962
	Protein	2,79%	26,071
<b>Total</b>			<b>1137,211</b>

<b>Aliran keluar</b>			
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>%massa</b>	<b>Massa(kg/jam)</b>
6	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,18%	1,994
	H <sub>2</sub> O	39,88%	453,484
	Selulose	32,26%	366,864
	Xylan	1,31%	14,864
	Lignin	8,53%	96,976
	Lipids	5,01%	56,962
	Protein	2,29%	26,071
	Glukosa	2,49%	28,338
	Xylose	7,43%	84,452
	Furfural	0,63%	7,207
<b>Total</b>			<b>1137,211</b>

#### 4.4 Tangki Netralisasi Sampah (R-125)

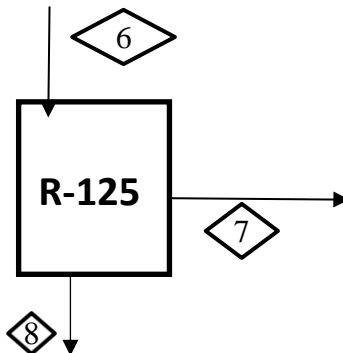


**Table 4.5** Neraca Massa Ke Tangki Netralisasi Sampah (R-125)

Aliran Masuk			
Aliran	Komponen	% Massa	Massa(kg/jam)
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,18%	1,994
	H <sub>2</sub> O	39,88%	453,484
	Selulose	32,26%	366,864
	Xylan	1,31%	14,864
	Lignin	8,53%	96,976
	Lipids	5,01%	56,962
	Protein	2,29%	26,071
	Glukosa	2,49%	28,338
	Xylose	7,43%	84,452
6	Furfural	0,63%	7,207
7	H <sub>2</sub> O	10%	0,167318687
	Ca(OH) <sub>2</sub>	90%	1,505868184
Total			<b>1138,884</b>

<b>Aliran Keluar</b>			
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>%Massa</b>	<b>Massa(kg/jam)</b>
8	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,00%	0,000
	H <sub>2</sub> O	39,83%	453,651
	Selulose	32,21%	366,864
	Xylan	1,31%	14,864
	Lignin	8,52%	96,976
	Lipids	5,00%	56,962
	Protein	2,29%	26,071
	Glukosa	2,49%	28,338
	Xylose	7,42%	84,452
	Furfural	0,63%	7,207
	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,31%	3,5001
Ca(OH) <sub>2</sub>	0,00%	0	
<b>Total</b>			<b>1138,884</b>

#### 4.5 BIN SAMPAH (R-125)



Bin sampah (R-125) berfungsi sebagai penyimpanan sementara sebelum masuk reaktor

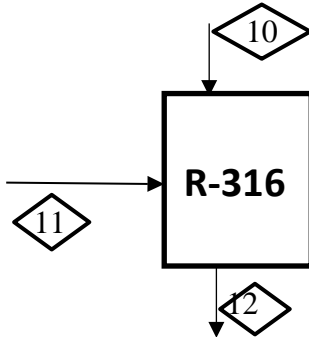
**Table 4.6** Neraca Massa Masuk Ke *Bin* Sampah (R-125)

<b>Aliran Masuk</b>			
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>% Massa</b>	<b>Massa(kg/jam)</b>
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,00%	0,000
	H <sub>2</sub> O	39,83%	453,651
	Selulose	32,21%	366,864
	Xylan	1,31%	14,864
	Lignin	8,52%	96,976
6	Lipids	5,00%	56,962
	Protein	2,29%	26,071
	Glukosa	2,49%	28,338
	Xylose	7,42%	84,452
	Furfural	0,63%	7,207
	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,31%	3,500
	Ca(OH) <sub>2</sub>	0,00%	0,000
<b>Total</b>			<b>1138,884</b>

<b>Aliran Keluar</b>			
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>% Massa</b>	<b>Massa(kg/jam)</b>
	H <sub>2</sub> O	17,70 %	201,623
	Selulose	14,32 %	163,051

7	Xylan	0,58%	6,606
	Lignin	3,78%	43,100
	Lipids	2,22%	25,316
	Protein	1,02%	11,587
	Glukosa	1,11%	12,595
	Xylose	3,30%	37,534
	Furfural	0,28%	3,203
	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,14%	1,556
Total			506,171
8	H <sub>2</sub> O	22,13%	252,028
	Selulose	17,90%	203,813
	Xylan	0,73%	8,258
	Lignin	4,73%	53,876
	Lipids	2,78%	31,645
	Protein	1,27%	14,484
	Glukosa	1,38%	15,743
	Xylose	4,12%	46,918
	Furfural	0,35%	4,004
	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,17%	1,945
Total			632,713
Total			<b>1138,884</b>

#### 4.6 Tangki Starter (R-316)



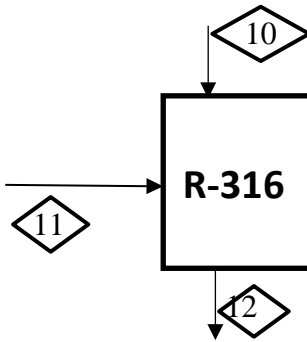
**Table 4.7** Neraca Massa Masuk Tangki *Starter* (R-125)

Aliran Masuk			
Aliran	Komponen	% Massa	Massa(kg/jam)
10	H <sub>2</sub> O	39,833%	201,623
	Selulose	32,213%	163,051
	Xylan	1,305%	6,606
	Lignin	8,515%	43,100
	Lipids	5,002%	25,316
	Protein	2,289%	11,587
	Glukosa	2,488%	12,595
	Xylose	7,415%	37,534
	Furfural	0,633%	3,203
	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,307%	1,556
11	Biomassa	0,417%	1,055
	Air	99,583%	252,031

Total	<b>759,256</b>
-------	----------------

<b>Aliran Keluar</b>			
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>% Massa</b>	<b>Massa(kg/jam)</b>
12	H <sub>2</sub> O	57,83%	439,079
	Selulose	14,67%	111,412
	Xylan	0,57%	4,294
	Lignin	5,68%	43,100
	Lipids	2,33%	17,721
	Protein	1,07%	8,111
	Glukosa	5,24%	39,758
	Xylose	3,68%	27,938
	Furfural	0,44%	3,363
	Biomassa	1,14%	8,645
	Gypsum Hidrat	0,20%	1,556
	Butyric Acid	0,23%	1,755
	Propionic Acid	0,20%	1,522
	Acetic Acid	1,90%	14,443

#### 4.7 Tangki Starter (R-316)



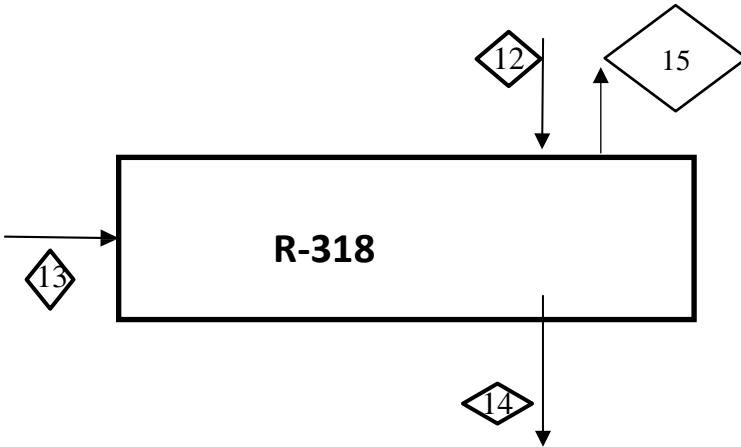
**Table 4.8** Neraca Massa Masuk Tangki Starter (R-125)

Aliran Masuk			
Aliran	Komponen	% Massa	Massa(kg/jam)
10	H <sub>2</sub> O	39,833%	201,623
	Selulose	32,213%	163,051
	Xylan	1,305%	6,606
	Lignin	8,515%	43,100
	Lipids	5,002%	25,316
	Protein	2,289%	11,587
	Glukosa	2,488%	12,595
	Xylose	7,415%	37,534
	Furfural	0,633%	3,203
	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,307%	1,556
11	Biomassa	0,417%	1,055
	Air	99,583%	252,031
Total			<b>759,256</b>



<b>Aliran Keluar</b>			
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>% Massa</b>	<b>Massa(kg/jam)</b>
12	H <sub>2</sub> O	57,83%	439,079
	Selulose	14,67%	111,412
	Xylan	0,57%	4,294
	Lignin	5,68%	43,100
	Lipids	2,33%	17,721
	Protein	1,07%	8,111
	Glukosa	5,24%	39,758
	Xylose	3,68%	27,938
	Furfural	0,44%	3,363
	Biomassa	1,14%	8,645
	Gypsum Hidrat	0,20%	1,556
	Butyric Acid	0,23%	1,755
	Propionic Acid	0,20%	1,522
	Acetic Acid	1,90%	14,443
	NH <sub>3</sub>	0,09 %	0,672
	CH <sub>4</sub>	1,23 %	9,330
	H <sub>2</sub>	0,09 %	0,673
	CO <sub>2</sub>	3,41 %	25,883
<b>Total</b>			<b>759,256</b>

#### 4.8 Tangki Digester (R-318)



**Table 4.9** Neraca Massa Masuk Tangki *Digester* (R-125)

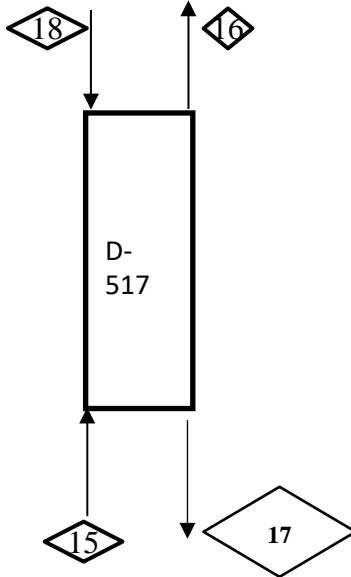
Aliran Masuk			
Aliran	Komponen	% Massa	Massa(kg/jam)
13	H2O	39,83%	252,028
	Selulose	32,21%	203,813
	Xylan	1,31%	8,258
	Lignin	8,52%	53,876
	Lipids	5,00%	31,645
	Protein	2,29%	14,484
	Glukosa	2,49%	15,743
	Xylose	7,42%	46,918
	Furfural	0,63%	4,004
	Gypsum Hidrat	0,31%	1,945
	H2O	57,83%	439,079
	Selulose	14,67%	111,412

12	Xylan	0,57%	4,294
	Lignin	5,68%	43,100
	Lipids	2,33%	17,721
	Protein	1,07%	8,111
	Glukosa	5,24%	39,758
	Xylose	3,68%	27,938
	Furfural	0,44%	3,363
	Biomassa	1,14%	8,645
	Gypsum Hidrat	0,20%	1,556
	Butyric Acid	0,23%	1,755
	Propionic Acid	0,20%	1,522
	Acetic Acid	1,90%	14,443
	NH3	0,09%	0,672
	CH4	1,23%	9,330
H2	0,09%	0,673	
CO2	3,41%	25,883	
<b>Total</b>			<b>1391,969</b>

<b>Aliran Keluar</b>			
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>% Massa</b>	<b>Massa(kg/jam)</b>
	H2O	76,01%	624,621
	Selulose	1,92%	15,761
	Xylan	0,00%	0,000
	Lignin	11,80%	96,976
	Lipids	0,60%	4,937
	Protein	0,27%	2,259
	Glukosa	1,41%	11,555
	Xylose	0,53%	4,385
	Furfural	1,01%	8,279

12	Biomassa	1,06%	8,737
	Gypsum Hidrat	0,43%	3,500
	Butyric Aci	0,53%	4,351
	opionic Ac	0,46%	3,770045
	Acetic Acid	3,98%	32,679
	NH3	0,33%	4,600
	CH4	11,89%	165,478
	H2	0,00%	0
	CO2	28,74%	400,081
	Total		

#### 4.9 Water Scrubber (D-517)

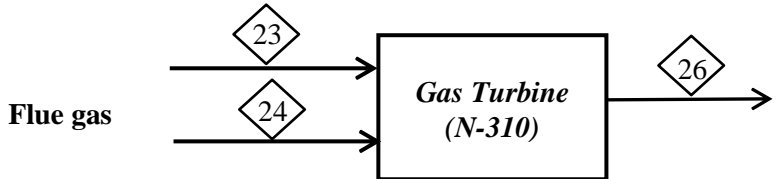


**Tabel IV.9 Neraca Massa Masuk ke Water Scrubber (D-517)**

<b>Aliran Masuk</b>			
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>% Massa</b>	<b>Massa(kg/jam)</b>
15	NH3	0,33%	4,600
	CH4	11,89%	165,478
	H2	0,00%	0,000
	CO2	28,74%	400,081
Total		40,96%	570,158
18	H2O	100,00%	1176,979971
Total		100,00%	1176,979971
Total Masuk			<b>1747,138</b>

<b>Aliran Keluar</b>			
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>% Massa</b>	<b>Massa(kg/ja m)</b>
	CH4	95,39%	165,478
	H2	0,00%	0,000
	CO2	4,61%	8,002
Total		100,00%	173,479
17	NH3	0,29%	4,600
	H2O	74,79%	1176,979971
	CO2	24,92%	392,079
Total		74,79%	1573,659
Total Masuk			<b>1747,138</b>

#### 4.10 Gas Turbine (N-310)



**Table 4.10** Neraca Massa *Gas Turbine*

No	Komponen	Aliran <23>			
		Fraksi Mol	Mol (Kmol)	Fraksi Massa	Massa (Kg)
1	CO2	1,728%	0,182	0,046	8,00
2	CH4	98,27%	10,3	0,954	165,48
3	N2	0,000%	0,00	0,000	0
4	O2	0,000%	0,00	0,000	0
Total		1	10,5	1	<b>173,48</b>

No	Komponen	Aliran <24>		
		Fraksi (Kmol)	Mol	Fraksi Massa
1	CO2	0,0	0,000	0,0
2	CH4	0,0	0,000	0,0
3	N2	0,790	0,767	2396,7
4	O2	0,210	0,233	728,1
Total		1	1	<b>3124,8</b>

**Table 4.11** Neraca Massa *Gas Turbine* (Lanjutan)

No	Komponen	Keluar			
		Aliran <26>			
		Fraksi Mol	Mol (Kmol)	Fraksi Massa	Massa (Kg)
1	CO <sub>2</sub>	0,088	10,4	0,1390	458,5
2	CH <sub>4</sub>	0,001	0,1	0,0005	1,65
3	N <sub>2</sub>	0,720	86	0,7266	2396,7
4	O <sub>2</sub>	0,019	2,3	0,0221	72,81
5	H <sub>2</sub> O	0,172	20,5	0,1118	368,60
Total		1	119	1,0000	<b>3298,2</b>

#### 4.11 Neraca Energi

##### 4.11.1 Tangki Pengenceran H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (R-117)

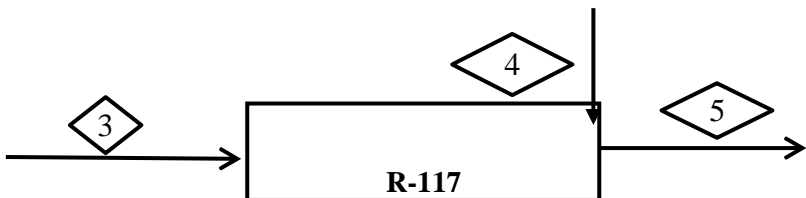


Table 0.1 Neraca Energi Tangki Pengenceran H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

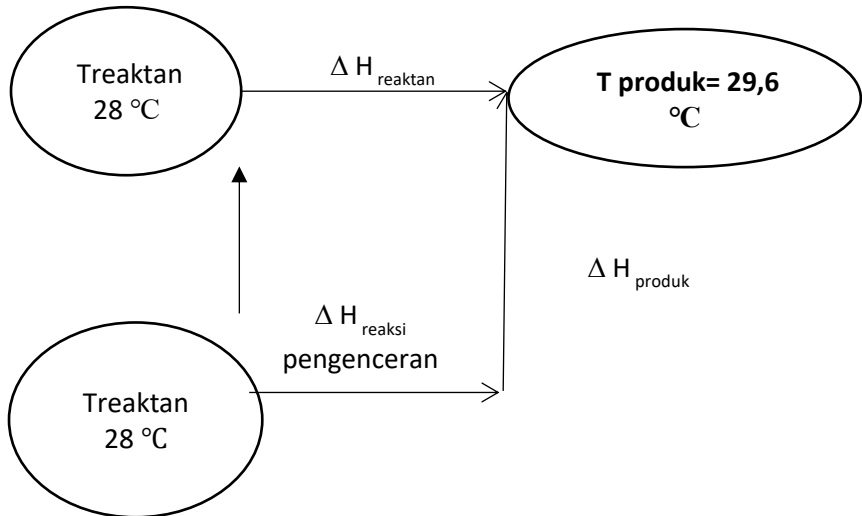
Panas Masuk					
Aliran	Komponen	Massa kg/jam	$\Delta T$	CP $\Delta T$	$\Delta H$ (kj/jam)
3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,994	3	4,272	8,519
	H <sub>2</sub> O	0,041	3	12,075	0,491

4	H <sub>2</sub> O	4,26132	3	12,075	51,455
Total					<b>60,466</b>

Panas keluar					
Aliran	Komponen	Massa (kg/jam)	$\Delta T$	CP $\Delta T$	Massa kg/jam)
5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,994	6	6,596	13,154
	H <sub>2</sub> O	199,426	,6	18,645	3718,294
Total					<b>3731,448</b>

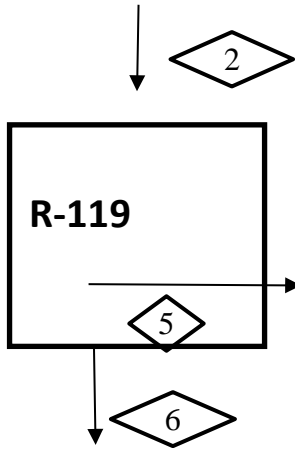
Panas Reaksi Pengenceran					
Aliran	Komponen	$\Delta HF$	Mol	$\Delta HF$ akhir	$\Delta Hr$
3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	- 813989	0,0203	- 16.564,33	3098457,060
	H <sub>2</sub> O	- 285830	0,2390	-646,28	
5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	- 813989	0,0203	- 16.564,33	
	H <sub>2</sub> O	- 285830	11,0792	- 3.166.770,70	
Total					<b>3098457,060</b> <b>7,060</b>





<b>Neraca Energi Pengenceran</b>			
<b>Panas Masuk (kJ/jam)</b>		<b>Panas keluar (kJ/jam)</b>	
$\Delta H$ aliran masuk	60,466	$\Delta H$ aliran masuk	3731,448
		$\Delta H$ aliran keluar	3098457,060
Total	60,466	Total	<b>3102188,508</b>

#### 4.11.2 Tangki Pre-Treatment Sampah (R-119)



**Table 0.2 Neraca Energi Pre-Treatment Sampah**

Panas Masuk					
Aliran	Komponen	Massa (kg/jam)	$\Delta T$	CP $\Delta T$	$\Delta H$ (kJ/jam)
5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,043	5	6,596	0,281
	H <sub>2</sub> O	4,262	5	18,645	79,468
2	H <sub>2</sub> O	264,323	3	12,075	3191,706
	Selulose	392,368	3	4,092	1605,569
	Xylan	99,091	3	-0,003	-0,297
	Lignin	96,976	3	0,784	76,029
	Lipids	56,962	3	0,144	8,202
	Protein	26,071	3	0,000067	0,002
Total					<b>4960,960</b>

<b>Panas Keluar</b>					
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg/jam)</b>	<b><math>\Delta T</math></b>	<b>CP <math>\Delta T</math></b>	<b><math>\Delta H</math> (kJ/jam)</b>
6	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,0426219	155	220,72	9,40750
	H <sub>2</sub> O	9,691988	155	630,652	6112,27192
	Selulose	7,84072	155	211,42	1657,686
	Xylan	0,31767	155	48,683	15,465
	Lignin	2,07260	155	78,449	162,593
	Lipids	2,07260	155	41,851	86,740
	Protein	1,21740	155	0,005	0,006
	Glukosa	0,55720	155	209,405	116,680
	Xylose	1,80494	155	0,335	0,605
	Furfural	0,15402	155	269,700	41,540
<b>Total</b>					<b>8202,995</b>

<b>Panas Reaksi</b>					
<b>Reaksi</b>	<b>Komponen</b>	<b><math>\Delta H_f</math></b>	<b>Mol</b>	<b><math>\Delta H</math> akhir</b>	<b><math>\Delta H_r</math> (kJ/jam)</b>
1	Selulosa	-6026,926	4,4862 E-07	-0,0027	-400,132
	H <sub>2</sub> O	-285830	9,6264 E-05	-27,5150	
	Glucose	-127100	0,0033 6467	-427,6499	
2	Xylan	-5775,879	9,6264 E-05	-0,5560	3356,505
	H <sub>2</sub> O	-285830	0,01203 295	-3.439,3794	

	Xylose	-6933,467	0,0120 3295	-83,4301	
3	Xylan	-5775,879	1,2835 E-05	-0,0741	674,978
	H <sub>2</sub> O	-285830	0,0032 0879	-917,1678	
	Furfural	-151000	0,0016 0439	-242,2635	
Total					<b>3631,352</b>

Neraca Energi Reaktor Pre-Treatment Sampah			
Panas Masuk	Energi (kJ/jam)	Panas Keluar	Energi (kJ/jam)
$\Delta H$ aliran masuk	4960,960	$\Delta H$ aliran keluar	8202,995
$\Delta H$ Steam	7496,195	$\Delta H_r$	3631,352
		Q loss	622,809
Total	<b>12457,155</b>	Total	<b>12457,155</b>

#### 4.11.3 Tangki Netralisasi Sampah (R-125)

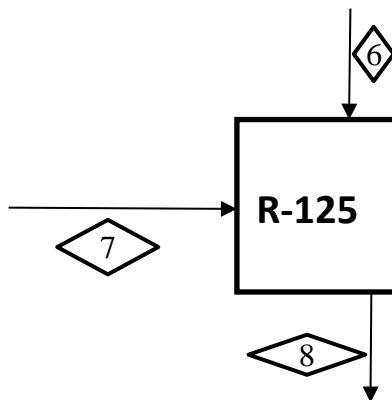


Table 0.3 Neraca Energi Tangki Netralisasi Sampah

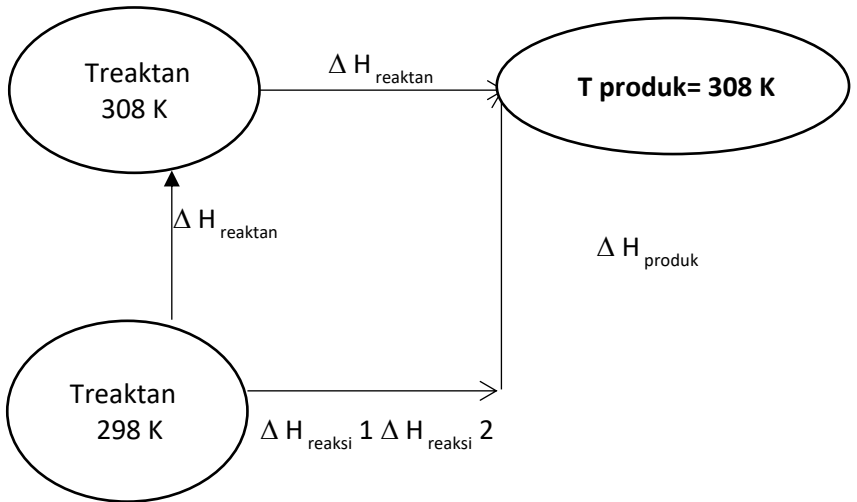
<b>Panas Masuk</b>					
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg/jam)</b>	<b><math>\Delta T</math></b>	<b>CP <math>\Delta T</math></b>	<b><math>\Delta H</math> (kj/jam)</b>
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,043	10	14,24	0,60694
	H <sub>2</sub> O	9,692	10	40,269	390,28668
	Selulose	7,841	10	13,64	106,947
	Xylan	0,318	10	0,135	0,043
	Lignin	2,073	10	2,727	5,652
	Lipids	1,217	10	0,584	0,711

	Protein	0,557	10	0,00023	0,000
	Glukosa	0,606	10	13,51	8,182
	Xylose	1,805	10	0,022	0,040
	Furfural	0,154	10	17,400	2,680
	H <sub>2</sub> O	0,167	5	19,523074	3,267
	Ca(OH) <sub>2</sub>	1,506	5	5,5214205	8,315
<b>Total</b>					<b>526,730</b>

<b>Panas Keluar</b>					
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg/jam)</b>	<b><math>\Delta T</math></b>	<b>CP <math>\Delta T</math></b>	<b><math>\Delta H</math> (kj/jam)</b>
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,000	10	14,667	0,000
	H <sub>2</sub> O	9,696	10	41,478	402,153
	Selulose	7,841	10	14,049	110,154
	Xylan	0,318	0	10,146	0,046
	Lignin	2,073	0	12,814	5,832

s	Lipid	1,217	10	10,606	0,738
n	Protein	0,557	10	10,000	0,000
	Glukosa	0,606	10	13,915	8,427
	Xylose	1,805	10	0,022	0,040
	Furfural	0,154	10	17,922	2,760
	Gypsum hidrat	0,075	10	11,922	0,892
	Ca(OH) <sub>2</sub>	0,000	10	11,726	0,000
<b>Total</b>					<b>531,043</b>

<b>Panas Reaksi</b>					
<b>Reaksi</b>	<b>Komponen</b>	<b>ΔHF</b>	<b>Mol</b>	<b>ΔHF akhir</b>	<b>ΔHr (kJ/jam)</b>
1	Ca(OH) <sub>2</sub>	-986090,00	0,00043492	-428,867	31,464
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-813989,00	0,000435	-354,018	
	CaSO <sub>4</sub>	-1156075,00	0,00043492	-502,797	
	H <sub>2</sub> O	-285830,00	0,00086983	-248,625	
2	H <sub>2</sub> O	-285830,00	0,00086983	-248,625	-47,060
	CaSO <sub>4</sub>	-1156075,00	0,00043492	-502,797	
	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	-1835939,00	0,0004349	-798,481	
<b>Total</b>					<b>-15,596</b>



54 Neraca Energi Reaktor Netralisasi Sampah			
Panas Masuk	Energi (kJ/jam)	Panas Keluar	Energi (kJ/jam)
$\Delta H$ aliran masuk	526,730	$\Delta H$ aliran keluar	531,043
		$\Delta H_g$	-15,596
Total	<b>526,730</b>	Total	<b>526,730</b>

#### 4.11.4 BIN SAMPAH (R-125)

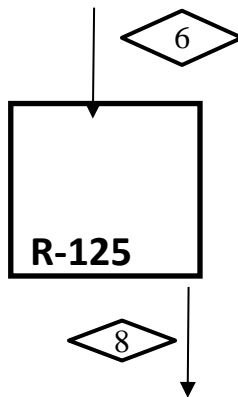


Table 0.4 Neraca Energi Bin Sampah

Panas Masuk					
Aliran	Komponen	Massa (kg/jam)	$\Delta T$	CP $\Delta T$	$\Delta H$ (kJ/jam)
15    6	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,000	10	14,66700	0,000
	H <sub>2</sub> O	453,651	10	41,478	18816,535
	Selulose	366,864	10	14,049	5154,070
	Xylan	14,864	10	0,146	2,170
	Lignin	96,976	10	2,814	272,890
	Lipids	56,962	10	0,606	34,519
	Protein	26,071	10	0,00024	0,006
	Glukosa	28,338	10	13,915	394,319
	Xylose	84,452	10	0,022	1,858

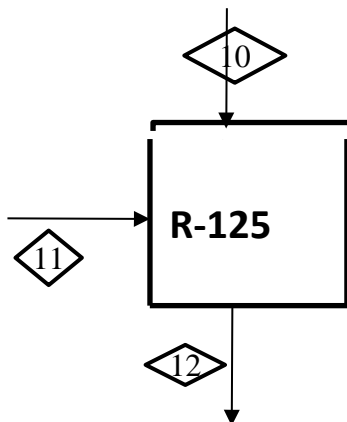


	Furfural	7,207	10	17,922	129,157
	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	3,500	10	11,922	41,729
	Ca(OH) <sub>2</sub>	0,000	10	11,726	0,000
<b>Total</b>					<b>24847,252</b>

<b>Panas Keluar</b>					
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg/jam)</b>	<b>ΔT</b>	<b>CP ΔT</b>	<b>ΔH (kj/jam)</b>
7	H <sub>2</sub> O	201,623	10	39,664	7997,196
	Selulose	163,051	10	13,435	2190,650
	Xylan	6,606	10	0,130	0,859
	Lignin	43,100	10	2,684	115,663
	Lipids	25,316	10	0,573	14,503
	Protein	11,587	10	0,000	0,003
	Glukosa	12,595	10	13,307	167,600
	Xylose	37,534	10	0,021	0,799
	Furfural	3,203	10	17,139	54,895
	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	1,556	10	11,214	17,444
8	H <sub>2</sub> O	252,028	10	40,269	10148,835
	Selulose	203,813	10	13,435	2738,312
	Xylan	8,258	10	0,130	1,074
	Lignin	53,876	10	2,684	144,578
	Lipids	31,645	10	0,573	18,129
	Protein	14,484	10	0,000	0,003
	Glukosa	15,743	10	13,307	209,500
	Xylose	46,918	10	0,021	0,998
	Furfural	4,004	10	17,139	68,619
	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	1,945	10	11,214	21,805
<b>Total</b>					<b>23911,464</b>

Neraca Energi Bin			
Panas Masuk	Energi (kJ/jam)	Panas Keluar	Energi (kJ/jam)
$\Delta H$ aliran masuk	24847,252	$\Delta H$ aliran keluar	23911,464
Total	<b>23911,464</b>	Total	<b>23911,464</b>

#### 4.11.5 Tangki Starter (R-316)



A

= 7,997 kJ/jam

Table 0.5 Neraca Energi Tangki Starter

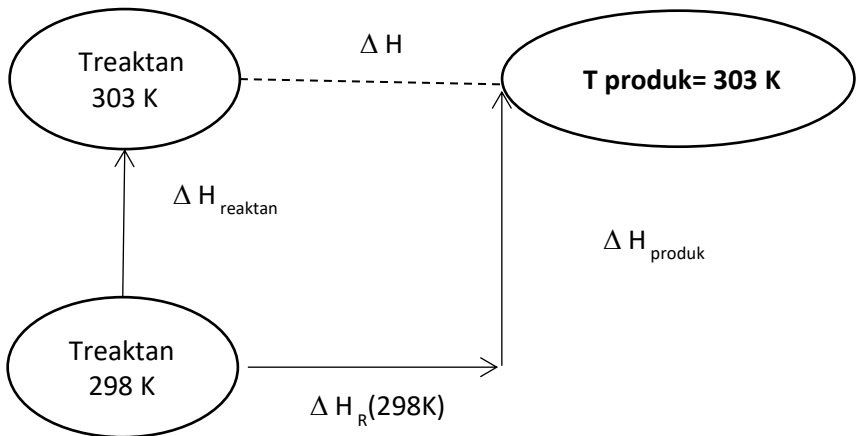
<b>Panas Masuk</b>					
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg/jam)</b>	<b><math>\Delta T</math></b>	<b>CP <math>\Delta T</math></b>	<b><math>\Delta H</math> (kJ/jam)</b>
0	H <sub>2</sub> O	201,623	10	39,664	7997,196
	Selulose	163,051	10	13,435	2190,650
	Xylan	6,606	10	0,130	0,859
	Lignin	43,100	10	2,684	115,663
	Lipids	25,316	10	0,573	14,503
	Protein	11,587	10	0,000	0,003
	Glukosa	12,59	10	13,307	167,600
	Xylose	37,534	10	0,021	0,799
		Furfural	3,203	10	17,139
Gypsum Hidrat		37,534	10	11,214	420,899
1	Biomass	1,055	5	6,324	6,669
	Air	252,031	5	252,031	63519,528
<b>Total</b>					<b>74489,262</b>
<b>Panas Keluar</b>					
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg/jam)</b>	<b><math>\Delta T</math></b>	<b>CP <math>\Delta T</math></b>	<b><math>\Delta H</math> (kJ/jam)</b>
0	H <sub>2</sub> O	439,079	11	44,299	19450,763
	Selulose	111,412	11	15,004	1671,633
	Xylan	4,294	11	0,171	0,734
	Lignin	43,100	11	3,017	130,034
	Lipids	17,721	11	0,658	11,661
	Protein	8,111	11	0,00000	0,000
	Glukosa	39,758	11	14,861	590,847
	Xylose	27,938	11	0,024	0,671
	Furfural	3,363	11	19,140	64,366
	Biomass	8,645	11	14,344	124,006
	Gypsum Hidrat	1,556	11	12,523	19,481
	Butyric Acid	1,755	11	44,299	77,753

11	Propionic Acid	1,522	11	5,229	7,960
	Acetic Acid	14,443	11	24,024	346,971
	NH3	0,672	11	2,326	1,562
	CH4	9,330	11	10,013	93,425
	H2	0,673	11	8,708	5,860
	CO2	25,883	11	11,354	293,871
Total					<b>22891,597</b>

<b>Panas Reaksi</b>					
<b>Reaksi</b>	<b>Komponen</b>	<b><math>\Delta H_f</math></b>	<b>Mol</b>	<b><math>\Delta H_f</math> akhir</b>	<b><math>\Delta H_r</math> (kJ/jam)</b>
1	Selulosa	-6026,926	0,00024647	-1,485	293421,14
	H2O	-285830	1,848546	-528.369,812	
	Glukosa	-127100	1,84854568	-234.950,156	
2	Xylan	-5775,879	0,00068463	-3,954	23871,50
	H2O	-285830	0,08557849	-24.460,900	
	Xylose	-6933,467	0,08557849	-593,356	
3	Xylan	-5775,879	7,607E-05	-0,439	-6871,13
	Furfural	-151000,00	0,00950872	-1.435,817	
	H2O	-285830,00	0,01901744	-5.435,755	
4	Glukosa	-127100,00	2,15688669	-274.140,298	2689109,87
	H2O	-285830,00	2,50198856	-715.143,391	
	Acetic Acid	-484500,00	2,50198856	-1.212.213,458	
	CO2	-393509,00	2,50198856	-984.555,017	
	H2	0,000	5,00397712	0,000	
5	Glukosa	-127100,00	0,47451507	-60.310,866	-912538,04
	Butryc Acid	-476160,00	0,47451507	-225.945,097	
	H2	0,000	0,94903014	0,000	

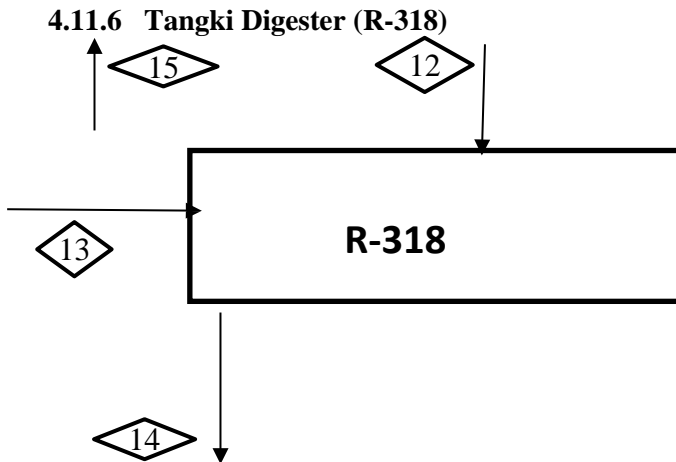
	CO2	393509,000	0,94903014	-373.451,903	
6	Glukosa	-127100,00	0,36667074	-46.603,851	- 365458,04
	Acetic Acid	-484500,00	0,24444716	-118.434,648	
	Propionic Acid	-455440,00	0,48889432	-222.662,028	
	CO2	-393509,00	0,24444716	-96.192,157	
7	xylose	-6933,467	0,58462069	-4.053,448	- 1132095,51
	H2O	-285830,00	0,55538966	-158.747,026	
	Acetic Acid	-484500,00	1,11077932	-538.172,579	
	H2	0,000	1,11077932	0,000	
	CO2	-393509,00	0,55538966	-218.550,829	
8	Propionic Acid	-455440,0	0,458519	-208.827,894	330478,03
	H2O	-285830,00	0,917038	-262.116,972	
	Acetic Acid	-484500,00	0,458519	-222.152,456	
	H2	0,000	1,375557	0,000	
	CO2	-393509,00	0,458519	-180.431,354	
9	Butryc Acid	-476160,00	0,44501442	-211.898,067	- 141745,99
	H2O	-285830,00	0,89002884	-254.396,944	
	Acetic Acid	-484500,00	0,89002884	-431.218,974	
	H2	0,000	0,89002884	0,0000	
0	Acetic Acid	-484500,00	5,44647452	-2.638.816,906	344619,68
	CH4	-74520,000	4,90182707	-365.284,153	
	CO2	-393509,00	4,90182707	-1.928.913,068	
1	CO2	-393509,00	2,4164541	-950.896,437	- 3893750,90
	H2	0,000	9,66581641	0,000	
	CH4	-74520,000	2,4164541	-180.074,160	
	H2O	-285830,00	4,8329082	-1.381.390,152	
	Protein	-24187,00	0,05777125	-58.331,636	
	H2O	-285830,00	0,60659817	-173.383,956	

2	1	CH4	-74520,000	0,47661285	-35.517,190	177793,68
		CO2	-393509,00	0,44772722	-176.184,692	
		NH3	-46110,000	0,23108502	-10.655,330	
3	1	Lipid	-892500,00	0,05652676	-50.450,135	- 4469536,39
		H2O	-285830,00	1,38490566	-395.847,585	
		CH4	-74520,000	1,96430497	-146.380,006	
		CO2	-393509,00	0,8620331	-339.217,789	
Total						<b>-1244921,8</b>



Neraca Energi Tangki Starter			
Panas Masuk	Energi (kJ/jam)	Panas Keluar	Energi (kJ/jam)
ΔH aliran masuk	74489,26	ΔH aliran keluar	22891,60
		ΔH <sub>r</sub>	-12440921,84

		Q loss	12492519,51
Total	74489,26	Total	74489,26



=10.149 kJ/jam

**Table 0.6 Neraca Energi Tangki Digester**

Panas Masuk					
Aliran	Komponen	Massa(kg/jam)	$\Delta T$	CP $\Delta T$	$\Delta H$ (kJ/jam)
13	H <sub>2</sub> O	252,02832	10	40,268628	10148,835
	Selulose	203,81322	10	13,4354	2738,312
	Xylan	8,25757	10	0,1300063	1,074
	Lignin	53,87555	10	2,6835624	144,578
	Lipids	31,64532	10	0,5728866	18,129

	Protein	14,48396	10	0,0002249	0,003
	Glukosa	15,74315	10	13,30735	209,500
	Xylose	46,91803	10	0,021276	0,998
	Furfural	4,00367	10	17,139	68,619
	Gypsum Hidrat	1,94451	10	11,21367	21,805
12	H2O	439,07906	11	44,299	19450,763
	selulose	111,41246	11	15,004	1671,633
	Xylan	4,29394	11	0,171	0,734
	Lignin\	43,10044	11	3,017	130,034
	Lipids	17,72138	11	0,658	11,661
	Protein	8,11102	11	0,0000	0,000
	Glukosa	39,75823	11	14,861	590,847
	Xylose	27,93830	11	0,024	0,671
	Furfural	3,36292	11	19,14	64,366
	Biomass	8,64513	11	14,344	124,006
	Gypsum Hidrat	1,55561	11	12,523	19,481
	Butryc Acid	1,75519	11	44,299	77,753
Propionic Acid	1,52227	11	5,229	7,960	



	Acetic Acid	14,44270	11	24,024	346,971
	NH3	0,67153	11	2,326	1,562
	CH4	9,33035	11	10,013	93,425
	H2	0,67289	11	8,708	5,860
	CO2	25,88256	11	11,354	293,871
<b>Total</b>					<b>36243,450</b>

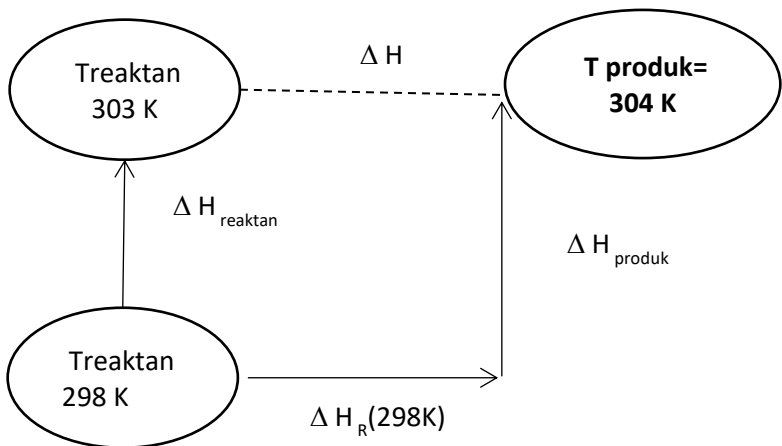
<b>Panas Keluar</b>					
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg/jam)</b>	<b><math>\Delta T</math></b>	<b>CP <math>\Delta T</math></b>	<b><math>\Delta H</math> (kj/jam)</b>
10	H2O	624,6207728	11	44,299	27670,076
	Selulose	15,7612842	11	15,004	236,482
	Xylan	0,0000000	11	0,171	0,000
	Lignin	96,9759954	11	3,017	292,577
	Lipids	4,9366705	11	0,658	3,248
	Protein	2,2594980	11	0,00000	0,000
	Glukosa	11,5553509	11	14,861	171,724
	Xylose	4,3846552	11	0,024	0,105
	Furfural	8,2794336	11	19,140	158,468
	Biomass	8,7369645	11	14,344	125,323
11	Gypsum Hidrat	3,5001260	11	12,523	43,832
	Butryc Acid	4,3512521	11	44,299	192,756
	Propionic Acid	3,7700451	11	5,229	19,714
	Acetic Acid	32,6788471	11	24,024	785,077
	NH3	4,5999744	11	2,326	10,700
	CH4	165,4775388	11	10,013	1656,927

	H2	0,0000000	11	8,708	0,000
	CO2	400,0809017	11	11,354	4542,519
<b>Total</b>					<b>35909,527</b>

<b>Panas Reaksi</b>					
<b>Reaksi</b>	<b>Komponen</b>	<b>ΔHF</b>	<b>Mol</b>	<b>ΔHF akhir</b>	<b>ΔHr (kJ/jam)</b>
1	Selulosa	-6026,926	0,00024647	-1,485	293421,14
	H2O	-285830,00	1,848546	-528.369,82	
	Glukosa	-127100,00	1,84854568	-234.950,16	
2	Xylan	-5775,879	0,00068463	-3,954	23871,50
	H2O	-285830,00	0,08557849	-24.460,900	
	Xylose	-6933,467	0,08557849	-593,356	
3	Xylan	-5775,879	7,607E-05	-0,439	-6871,13
	Furfural	-151000,00	0,00950872	-1.435,817	
	H2O	-285830,00	0,01901744	-5.435,755	
4	Glukosa	-127100,00	2,15688669	-274.140,28	2689109,87
	H2O	-285830,00	2,50198856	-715.143,39	
	Acetic Acid	-484500,00	2,50198856	-1.212.21,4	
	CO2	-393509,00	2,50198856	-984.555,01	
	H2	0,000	5,00397712	0,000	
5	Glukosa	-127100,00	0,47451507	-60.310,866	-912538,04

6	Glukosa	-127100,000	0,36667074	-46.603,851	-365458,04
	Acetic Acid	-484500,000	0,24444716	-118.434,648	
	Propionic Acid	-455440,000	0,48889432	-222.662,028	
	CO2	-393509,000	0,24444716	-96.192,157	
	xylose	-6933,467	0,58462069	-4.053,448	
	H2O	-285830,000	0,55538966	-158.747,026	

7	Acetic Acid	-484500,000	1,11077932	-538.172,579	-1132095,51
	H2	0,000	1,11077932	0,000	
	CO2	-393509,000	0,55538966	-218.550,829	
8	Propionic Acid	-455440,000	0,458519	-208.827,894	330478,03
	H2O	-285830,000	0,917038	-262.116,972	
	Acetic Acid	-484500,000	0,458519	-222.152,456	
	H2	0,000	1,375557	0,000	
9	CO2	-393509,000	0,458519	-180.431,354	-141745,99
	Butyric Acid	-476160,000	0,44501442	-211.898,067	
	H2O	-285830,000	0,89002884	-254.396,944	
	Acetic Acid	-484500,000	0,89002884	-431.218,974	
10	H2	0,000	0,89002884	0,000	344619,68
	Acetic Acid	-484500,000	5,44647452	-2.638.816,90	
	CH4	-74520,000	4,90182707	-365.284,153	
11	CO2	-393509,000	4,90182707	-1.928.913,06	-3893750,90
	CO2	-393509,000	2,4164541	-950.896,437	
	H2	0,000	9,66581641	0,000	
	CH4	-74520,000	2,4164541	-180.074,160	
12	H2O	-285830,000	4,8329082	-1.381.390,15	177793,68
	Protein	-56498,789	0,05777125	-58.331,636	
	H2O	-285830,000	0,60659817	-173.383,956	
	CH4	-74520,000	0,47661285	-35.517,190	
	CO2	-393509,000	0,44772722	-176.184,692	
13	NH3	-46110,000	0,23108502	-10.655,330	-4469536,39
	Lipid	-892500,000	0,05652676	-50.450,135	
	H2O	-285830,000	1,38490566	-395.847,585	
	CH4	-74520,000	1,96430497	-146.380,006	
	CO2	-393509,000	0,8620331	-339.217,789	
Total					<b>-12440921,84</b>



<b>Neraca Energi Tangki Digester</b>			
<b>Panas Masuk</b>	<b>Energi (kJ/jam)</b>	<b>Panas Keluar</b>	<b>Energi (kJ/jam)</b>
ΔH aliran masuk	36243,45	ΔH aliran keluar	35909,53
ΔH Steam	-16682137,65	ΔHr	-12440921,84
		Q loss	-4240881,88
<b>Total</b>	<b>-16645894,20</b>	<b>Total</b>	<b>-16645894,20</b>

### 4.11.7 Compressor (G-221)

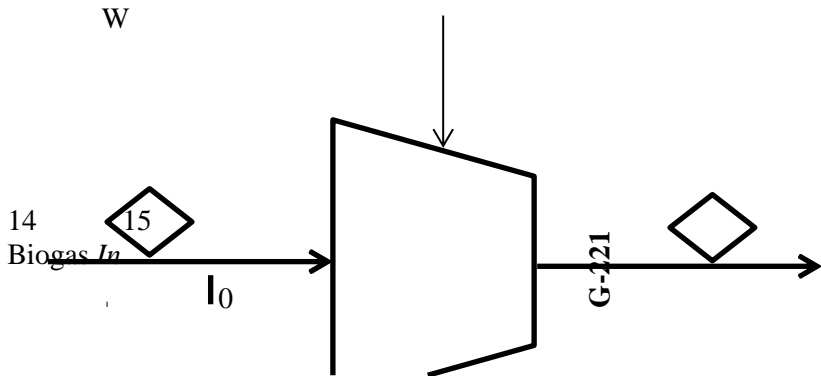


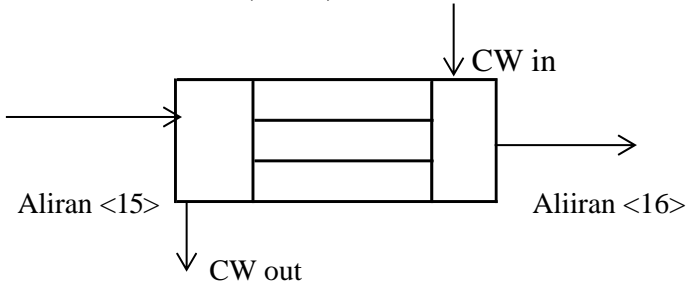
Table 0.7 Neraca Energi Compressor

Panas Masuk						
Aliran	Komponen	Massa (kg/jam)	$\Delta T$		CP $\Delta T$	$\Delta H$ (kJ/jam)
14	CH <sub>4</sub>	165,477539	6		5,391	892,08941
	CO <sub>2</sub>	400,080902	6		6,19	2476,50078
	NH <sub>3</sub>	4,599974	6		1,266	5,824
Total						<b>3374,414</b>

Panas Keluar						
Aliran	Komponen	Massa (kg/jam)	$\Delta T$		CP $\Delta T$	$\Delta H$ (kJ/jam)
15	CH <sub>4</sub>	165,477539	17,8		16,518	2733,35799
	CO <sub>2</sub>	400,080902	17,8		18,418	7368,69005
	NH <sub>3</sub>	4,599974	17,8		3,781	17,393
Total						<b>10119,441</b>

<b>Neraca Energi Tangki Kompresor</b>			
<b>Panas Masuk</b>	<b>Energi (kJ/jam)</b>	<b>Panas Keluar</b>	<b>Energi (kJ/jam)</b>
$\Delta H$ aliran masuk	3374,414	$\Delta H$ aliran keluar	10119,441
		$Q_{loss}$	-6745,027
<b>Total</b>	<b>3374,414</b>	<b>Total</b>	<b>3374,414</b>

#### 4.11.8 Cooler (E-222)



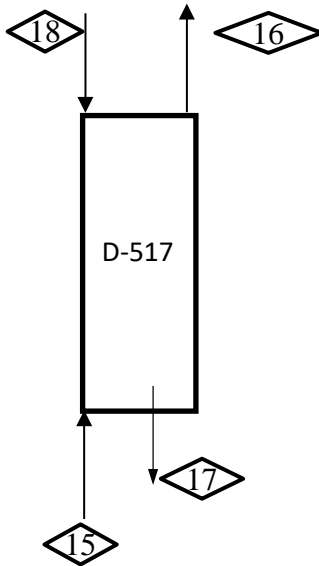
**Table 0.8 Neraca Energi Cooler**

<b>Panas Masuk</b>					
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg/jam)</b>	<b><math>\Delta T</math></b>	<b>CP <math>\Delta T</math></b>	<b><math>\Delta H</math> (kJ/jam)</b>
15	CH4	165,477 539	16,02	14,772	2444,43420
	CO2	400,080 902	17,83	18,418	7368,69005
	NH3	4,59997 4	17,83	3,781	17,393
<b>Total</b>					<b>9830,517</b>

<b>Panas Keluar</b>					
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg/jam)</b>	<b><math>\Delta T</math></b>	<b>CP <math>\Delta T</math></b>	<b><math>\Delta H</math> (kJ/jam)</b>
16	CH4	165,477539	6	5,391	892,08941
	CO2	400,080902	6	6,19	2476,50078
	NH3	4,599974	6	1,266	5,824
<b>Total</b>					<b>3374,414</b>

<b>Neraca Energi Tangki Cooler</b>			
<b>Panas Masuk</b>	<b>Energi (kJ/jam)</b>	<b>Panas Keluar</b>	<b>Energi (kJ/jam)</b>
$\Delta H$ aliran masuk	9830,517	$\Delta H$ aliran keluar	3374,414
		Qloss	6456,103
<b>Total</b>	<b>9830,517</b>	<b>Total</b>	<b>9830,517</b>

#### 4.11.9 Water Scrubber (D-517)



**Table 0.9 Neraca Energi Water Scrubber**

<b>Panas Masuk</b>					
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>Massa(kg/jam)</b>	<b><math>\Delta T</math></b>	<b>CP <math>\Delta T</math></b>	<b><math>\Delta H</math> (kj/jam)</b>
15	NH3	4,600	6,0	5,39	24,794
	CH4	165,478	6,0	6,19	1024,306
	CO2	400,081	6,0	1,266	506,502
18	H2O	1176,980	6,0	24,154	28428,774
<b>Total</b>					<b>33232,662</b>

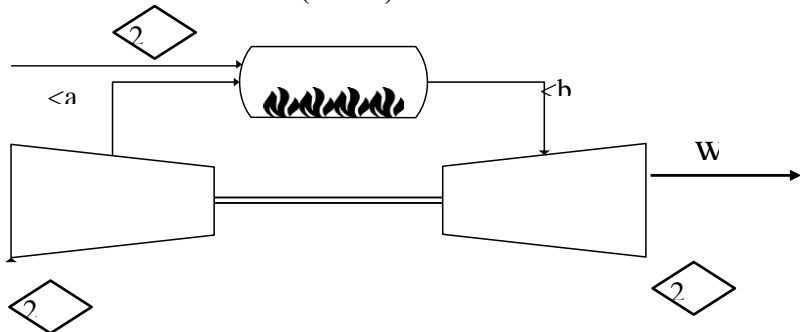
<b>Panas Keluar</b>					
<b>Aliran</b>	<b>Komponen</b>	<b>Massa(kg/jam)</b>	<b><math>\Delta T</math></b>	<b>CP <math>\Delta T</math></b>	<b><math>\Delta H</math> (kj/jam)</b>
	CH4	165,477539	6,0	5,39	891,924



16	H <sub>2</sub>	0,000000	6,0	6,19	0,000
	CO <sub>2</sub>	8,001618	6,0	6,199	49,602
17	NH <sub>3</sub>	4,599974	6,3	1,266	5,824
	H <sub>2</sub> O	1176,979971	6,3	25,273	29745,815
	CO <sub>2</sub>	392,079284	6,3	6,477	2539,498
Total					<b>33232,662</b>

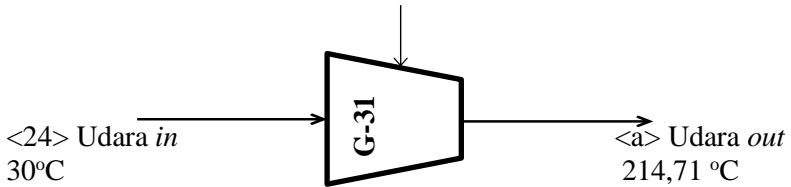
Neraca Energi Water Scrubber			
Panas Masuk	Energi (kJ/jam)	Panas Keluar	Energi (kJ/jam)
$\Delta H$ aliran masuk	33232,662	$\Delta H$ aliran keluar	33232,662
Total	<b>33232,662</b>	Total	<b>33232,662</b>

#### 4.11.10 Gas Turbin (N-310)



### 1. Compressor

W



**Table 0.10 Neraca Energi Gas Turbin**

Masuk		Keluar	
Aliran	Energi (kJ/jam)	Aliran	Energi (kJ/jam)

Aliran <24>	15031,68	Aliran <a>	608600,69
W	593569,0160		
TOTAL	608600,69	TOTAL	608600,69

No	Komponen	Masuk			
		Aliran <23>		Aliran <a>	
		Massa (kg)	H (kJ)	Massa (kg)	H (kJ)
1	CO <sub>2</sub>	8,00	43,52	0,00	0,00
2	CH <sub>4</sub>	165,48	1810,97	0,00	0,00
3	N <sub>2</sub>	0,00	0,00	2396,67	495872,1587

4	O <sub>2</sub>	0,00	0,00	728,10	144690,9673
TOTAL		173,48	1854,49	3124,77	640563,126

No	Komponen	Keluar	
		Aliran <b>	
		Massa (kg)	H (kJ)
1	CO <sub>2</sub>	458,51	981.089,92
2	CH <sub>4</sub>	1,65	12.782,72
3	N <sub>2</sub>	2396,67	5.405.276,44
4	O <sub>2</sub>	72,81	177.502,99
5	H <sub>2</sub> O	368,60	1.799.542,73
TOTAL		3298,25	8.376.194,80

**Table 0.11** Neraca Energi Combustion Chamber

Energi Masuk (kJ/Jam)		Energi Masuk (kJ/Jam)	
Aliran <23>	1854,49	Aliran <b>	8.376.194,80
Aliran <a>	640563,126	$\Delta H$ reaksi	-8.979.888,26
TOTAL	642417,62	TOTAL	-603.693,46

No	Komponen	Keluar	
		Aliran <26>	
		Massa (kg)	H (kJ)
1	Air	368,60	1.433.135,36
2	CO <sub>2</sub>	458,51	484.804,37
3	CH <sub>4</sub>	1,65	5.571,27

4	N <sub>2</sub>	2396,67	4.021.712,23
5	O <sub>2</sub>	72,81	133.062,89
TOTAL		3298,25	6.078.286,11

**Tabel IV.23** Neraca Energi *Gas Turbine*

Masuk		Keluar	
Aliran	Energi (kJ/jam)	Aliran	Energi (kJ/jam)
<b>	-603693,46	<e>	6078286,11
		Listrik	5938889,93
		<i>Q loss</i>	-12620869,50
Total	-603693,46	Total	-603693,46

Kebutuhan Listrik	
kJ/jam	Megawatt
5938889,93	1,65

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB V DAFTAR DAN HARGA PERALATAN

### 5.1 DAFTAR ALAT

Daftar dan spesifikasi peralatan yang digunakan di Pabrik pembangkit listrik berbahan bakar biogas dari sampah organik adalah sebagai berikut:

#### 5.1.1 GUDANG SAMPAH ORGANIK KOTA (F-110)

Table 5.1 Gudang sampah organik kota (F-110)

Spesifikasi	Keterangan
Nama Alat	<i>Gudang Sampah Organik Kota</i>
Kode Alat	F-110
Tipe	Bangunan persegi dengan tutup prisma segi 3
Konstruksi Alas	Material beton
Konstruksi dinding	Material batu bata
Konstruksi atap	Rangka besi antikarat dengan atap genteng tanah liat
Panjang gudang	11,6233 m
Lebar gudang	11,6233 m
Tinggi gudang	9,29864 m

#### 5.1.2 GUDANG Ca (OH)<sub>2</sub> (F-111)

Table 5.2 Gudang CaOH<sub>2</sub> (F-111)

Spesifikasi	Keterangan
Nama Alat	<i>Gudang CaOH<sub>2</sub></i>

Kode Alat	F-110
Tipe	Bangunan persegi dengan tutup prisma segi 3
Konstruksi Alas	Material beton
Konstruksi dinding	Material batu bata
Konstruksi atap	Rangka besi antikarat dengan atap genting tanah liat
Panjang gudang	5,83483 m
Lebar gudang	5,83483 m
Tinggi gudang	4,66787 m

### 5.1.3 SCREW CONVEYOR (J-111)

**Table 5.3** Screw Conveyor (J-111)

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Screw Conveyor
Kode Alat	J-112
Fungsi Alat	Memindahkan sampah organik kota ke rotary cutter
Kapasitas	2063,418604 lb/jam
Tipe	-Standard pitch screw conveyor -15% type cross-sectional loading
Flighting	Full pitch, standart flight screw with one 45° reverse pitch mixing paddle per pitch.
Diameter Screw	14 inch
Kecepatan Screw	35,123 RPM
Power	0,25 HP = 0,1866 KW

### 5.1.4 ROTARY KNIFE CUTTER (C-111)

**Table 5.4** Rotary Knife Cutter (C-110)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Nama alat	Rotary Knife Cutter
Kode Alat	C-111
Fungsi Alat	Memotong Sampah organik menjadi ukuran kecil
Kapasitas	50 kg/s
Maks Diameter	0,5 m
Maks reduction	50
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Power	43,57 HP = 32,492 W

### 5.1.5 BELT CONVEYOR (J-112)

**Table 5.5** Belt Conveyor (J-112)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Nama Alat	Belt Conveyor
Kode Alat	J-112
Jenis	<i>Troughed belt on continous plate</i>
Lebar	14,0 cm
Panjang horizontal	10 m
Kecepatan normal	3657,6 m/jam



Kapasitas maksimum	32 ton/jam
Kemiringan	15 °

Kecepatan yang dibutuhkan	0,17 m/jam	
Panjang <i>belt conveyor</i>	10,35 m	
Power	0,000040	Hp

### 5.1.6 STORAGE H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (F-113)

Table 5.6 Storage H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (F-113)

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	<i>Untuk Menyimpan Asam Sulfat</i>
Kode Alat	F-113
Fungsi Alat	Untuk Menyimpan Asam Sulfat
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk <i>standard dished head</i>
Kapasitas	12,29 ft <sup>3</sup> = 0,3 m <sup>3</sup>
Bahan Konstruksi	Carbon steel SA-240 grade M
Jumlah tangki	1 unit
Spek. Tangki	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diameter (OD) = 2,2 ft = 0,7 m</li> <li>- Diameter (ID) = 2 ft = 0,7 m</li> <li>- Tinggi : shell = 3,1 ft = 1,0 m</li> <li style="padding-left: 100px;">tutup atas = 7 in = 0,2 m</li> <li style="padding-left: 100px;">tutup bawah = 6,9 in = 0,2 m</li> <li>- Tebal : shell = 3/16 in</li> <li style="padding-left: 100px;">tutup atas = 1/4 in</li> <li style="padding-left: 100px;">tutup bawah = 1/4 in</li> </ul>

### 5.1.7 TANGKI PENGECERAN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (R-110)

**Table 5.7** Tangki Pengenceran H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (R-110)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Nama alat	<i>Tanki Pengenceran H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></i>
Kode Alat	R-110
Fungsi Alat	Untuk mengencerkan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dan air hingga konsentrasi 98%

Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk <i>standard dished head</i>
Kapasitas	237,61 ft <sup>3</sup> = 6,7 m <sup>3</sup>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA-2240 grade M</i>
Jumlah tangki	1 unit
Spek. Tangki	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diameter (OD) = 6 ft = 1,8 m</li> <li>- Diameter (ID) = 6,0 ft = 1,82 m</li> <li>- Tinggi : shell = 8,4 ft = 2,56 m</li> <li style="padding-left: 20px;">tutup atas = 14,5 in = 0,4 m</li> <li style="padding-left: 20px;">tutup bawah = 15 in = 0,4 m</li> <li>- Tebal : shell = 3/16 in</li> <li style="padding-left: 20px;">tutup atas = 3/8 in</li> <li style="padding-left: 20px;">tutup bawah = 3/8 in</li> </ul>
Spek. Nozzle Aliran Air	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diameter (OD) = 0,3 in</li> <li>- Jenis pipa = Pipa 1/8 in Sch 40</li> </ul>
Spek. Nozzle Aliran Air	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diameter (OD) = 0,5 in</li> <li>- Jenis pipa = Pipa 1/4 in Sch 40</li> </ul>
Spek. Pengaduk	- Jenis = <i>Paddle agitator</i>

	- Jumlah	=	1 unit
	- Diameter	=	2,0 ft = 0,6 m
	- Lebar <i>blade</i> (W)	=	0,4 ft = 0,1 m
	- Panjang <i>blade</i> (L)	=	0,5 ft = 0,2 m
	- Power	=	0,6 hp

### 5.1.8 STORAGE KOTORAN SAPI (F-113)

**Table 5.8** Storage Kotoran Sapi (F-113)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Nama alat	<i>Untuk menyimpan kotoran sapi</i>
Kode Alat	F-113
Fungsi Alat	Untuk menyimpan kotoran sapi
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk <i>standard dished head</i>
Kapasitas	8,53 ft <sup>3</sup> = 0,2 m <sup>3</sup>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Jumlah tangki	1 unit
Spek. Tangki	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diameter (OD) = 2 ft = 0,6 m</li> <li>- Diameter (ID) = 2 ft = 0,6 m</li> <li>- Tinggi : shell = 2,8 ft = 0,8 m</li> <li style="padding-left: 100px;">tutup atas = 11 in = 0,3 m</li> <li style="padding-left: 100px;">tutup bawah = 11 in = 0,3 m</li> <li>- Tebal : shell = 3/16 in</li> <li style="padding-left: 100px;">tutup atas = 5/16 in</li> <li style="padding-left: 100px;">tutup bawah = 5/16 in</li> </ul>

### 5.1.9 TANKI PENGECERAN KOTORAN SAPI (R-111)

**Table 5.9** Tanki Pengenceran Kotoran Sapi (R-111)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Nama alat	<i>Tangki Pengenceran Kotoran Sapi</i>
Kode Alat	R-111
Fungsi Alat	Untuk mencampurkan kotoran sapi dan air dengan ratio 1:1
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk <i>standard dished head</i>

Kapasitas	285,97 ft <sup>3</sup> = 8,1 m <sup>3</sup>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Jumlah tangki	1 unit
Spek. Tangki	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diameter (OD) = 12 ft = 3,5 m</li> <li style="padding-left: 100px;">3,4</li> <li>- Diameter (ID) = 11,4 ft = 9 m</li> <li style="padding-left: 100px;">2,7</li> <li>Tinggi : shell = 8,9 ft = 3 m</li> <li style="padding-left: 100px;">i</li> <li style="padding-left: 20px;">tutup atas = 26,5 n = 0,7 m</li> <li style="padding-left: 100px;">i</li> <li style="padding-left: 20px;">tutup bawah = 26 n = 0,7 m</li> <li>-</li> <li>Tebal : shell = 5/16 in</li> <li style="padding-left: 100px;">i</li> <li style="padding-left: 20px;">tutup atas = 3/8 n</li> </ul>

	tutup bawah = $\frac{3}{8}$ in
Spek. Nozzle	- Diameter (OD) = 0,3 in
Aliran Air	- Jenis Pipa $\frac{1}{8}$ in Sch pipa = 40

Spek. Nozzle	- Diameter (OD) = 0,7 in
Aliran Air	- Jenis Pipa $\frac{3}{8}$ in Sch pipa = 40
Spek. Pengaduk	- Jenis = <i>Paddle agitator</i> - Jumlah = 1 unit - Diameter = 3,8 ft = 1,2 m - Lebar <i>blade</i> (W) = 8 ft = 0,2 m - Panjang <i>blade</i> (L) = 1,0 ft = 0,3 m - Power = 17,2 hp

### 5.1.10 TANKI PRE-TREATMENT SAMPAH (R-113)

**Table 5.10** Tangki Pre-Treatment Sampah (R-113)

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	<i>Tangki Pre-Treatment Sampah</i>
Kode Alat	R-113
Fungsi Alat	Untuk melakukan pengondisian sampah sebelum di masukan reaktor anaerob
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk <i>standard dished head</i>
Kapasitas	49,05 ft <sup>3</sup> = 1,4 m <sup>3</sup>

Bahan Konstruksi	<i>Alloy steel SA-240 grade M</i>
Jumlah tangki	unit 1
Spek. Tangki	- Diameter (OD) = 3,5 ft = 1,1 m - Diameter (ID) shel = 3,5 ft = 1,06 m - Tinggi : 1 tutup atas = 5,0 ft = 1,52 m tutup bawah = 9,6 in = 0,2 m shel = 9,6 in = 0,2 m - Tebal : 1 tutup atas = 3/16 in tutup bawah = 1/4 in = 1/4 in
Spek. Nozzle Aliran Samapah	- Diameter (OD) = 0,3 in - Jenis Pipa 1/8 in Sch pipa = 40
Spek. Nozzle Aliran H2SO4	- Diameter (OD) = 0,8 in - Jenis Pipa 1/2 in Sch pipa = 40
Spek. Nozzle Aliran Sampah Keluar	- Diameter (OD) = 1,7 in - Jenis Pipa 1 1/4 in Sch pipa = 40
Spek. Pengaduk	- Jenis = <i>Paddle agitator</i> - Jumlah = 1 unit

-	Diamete		
r	=	1,2 ft	= 0,4 m
-	Lebar <i>blade</i> (W)	=	0,2 ft = 0,1 m
-	Panjang <i>blade</i>		
(L)	=	0,3 ft	= 0,1 m
-	Power	=	0,008 hp

### 5.1.11 TANKI NETRALISASI SAMPAH (R-114)

**Table 5.11** Tangki Netralisasi Sampah (R-114)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Nama alat	<i>Tangki Netralisasi Sampah</i>
Kode Alat	R-114
Fungsi Alat	Untuk melakukan pengondisian sampah sebelum di masukan reaktor anaerob
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk <i>standard dished head</i>
Kapasitas	98,11 ft <sup>3</sup> = 2,8 m <sup>3</sup>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Jumlah tangki	1 unit
Spek. Tangki	- Diameter (OD) = 4,5 ft = 1,4 m - Diameter (ID) = 4,5 ft = 1,4 m - 1,9 Tinggi : shell = 6,3 ft = 1 m tutup atas = 11,2 in = 0,3 m tutup bawah = 11 in = 0,3 m

	- Tebal : shell = 3/16 in i tutup atas = 3/16 n i tutup = i bawah = 3/16 n
Spek. Nozzle Aliran Sampah	- Diameter (OD) = 1,4 in Pipa 1 1/4 in Sch - Jenis pipa = 40
Spek. Nozzle AliranCaOH2	- Diameter (OD) = 0,4 in Pipa 1/8 in Sch - Jenis pipa = 40
Spek. Nozzle Aliran Sampah Keluar	- Diameter (OD) = 1,7 in Pipa 1 1/4 in Sch - Jenis pipa = 40
Spek. Pengaduk	- Jenis = <i>Paddle agitator</i> - Jumlah = 1 unit - Diameter = 1,5 ft = 0,5 m - Lebar <i>blade</i> (W) = 0,3 ft = 0,1 m - Panjang <i>blade</i> (L) = 0,4 ft = 0,1 m - Power = 0,028 hp

## BIN SAMPAH (F-210)

Table 5.12 BIN SAMPAH (F-210)

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	<i>Bin Sampah</i>
Kode Alat	F-210



Fungsi Alat	Tempat penyimpanan sementara sampah sebelum masuk
Tipe	Tangki dome dengan tutup atas berbentuk <i>standard dished head</i> dan tutup bawah berbentuk <i>standard dished head</i>
Kapasitas	142,7 5041,61 ft <sup>3</sup> = 6 m <sup>3</sup>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel</i> SA-283 grade C
Jumlah tangki	uni 1 t
Spek. Tangki	- Diameter 4,87 (OD) = 16 ft = 69 m - Diameter (ID) = 16,0 ft = 4,86 m - Tingg she i : ll = 23,3 ft = 7,1 m tutup i 0,96 atas = 38,0 n = 51 m tutup i 0,96 bawah = 38,0 n = 51 m - Tebal she i : ll = 1/4 n tutup i atas = 1/4 n tutup i bawah = 1/4 n
Spek. Nozzle Kotoran Sapi cair	- Diameter 1,3 i (OD) = 2 n - Jenis Pipa 1 in pipa = sch 40

Spek. Nozzle Aliran Sludge Keluar	- Diameter (OD) = 1,0 i = 5 n
	- Jenis pipa = Pipa 3/4 in sch 40
Spek. Nozzle Aliran Biogas Keluar	- Diameter (OD) = i = 0,7 n
	- Jenis pipa = Pipa 3/8 in Sch 40

### 5.1.12 DIGESTER TANK (R-221)

**Table 5.13** Digester Tank (R-211)

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	<i>Digester Tank</i>
Kode Alat	R-211
Fungsi Alat	Tempat terjadinya reaksi utama pembentukan biogas
Tipe	Tangki dome dengan tutup atas berbentuk <i>standard dish head</i> dan tutup bawah berbentuk <i>standard dish head</i>
Kapasitas	$1261,10 \text{ ft}^3 = 35,7 \text{ m}^3$
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Jumlah tangki	10 uni t
Spek. Tangki	- Diameter (OD) = 10 ft = 3,04 m - Diameter (ID) = 10,0 ft = 3,04 m

	- Tinggi she : Il = 14,7 ft = 4,5 m 0,59 tutup atas = 23,5 in = 66 m tutup = 0,59 bawah = 23,5 in = 66 m
	- Tebal she : Il = 1/4 in  tutup atas = 7/16 in tutup bawah = 7/16 in

Spek. Nozzle Kotoran Sapi cair	- Diameter (OD) = 1,32 in Pipa 1 in sch - Jenis pipa = 40
Spek. Nozzle Aliran Sludge Keluar	- Diameter (OD) = 1,32 in Pipa 1 in sch - Jenis pipa = 40
Spek. Nozzle Aliran Biogas Keluar	- Diameter (OD) = 6,66 in Pipa 6 in Sch - Jenis pipa = 40
Spek. Pengaduk	<i>Paddle</i> - Jenis = <i>agitator</i> - Jumlah = 1 unit 0,8 - Diameter = 2,6 ft = 0 m 0,1 - Lebar <i>blade</i> (W) = 0,52 ft = 6 m

	- Panjang <i>blade</i> (L)	= 0,65 ft = 0,20 m
	- Power	= 0,3922 hp

### 5.1.13 STARTER TANK (R-212)

Table 5.14 Starter Tank (R-212)

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	<i>Starter tank</i>
Kode Alat	R-212
Fungsi Alat	Tempat penumbuhan mikroorgansime dan penyesuaian
Tipe	Tangki dome dengan tutup atas berbentuk <i>standard dished head</i> dan tutup bawah berbentuk <i>standard dished head</i>
Kapasitas	ft 20,5 $724,60^3 = 19 \text{ m}^3$
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Jumlah tangki	uni 5 t
Spek. Tangki	- Diameter 2,59 (OD) = 8,5 ft = 08 m - Diameter (ID) = 8,5 ft = 2,58 m - Tinggi she : II = 12,2 ft = 3,7 m tutup i 0,50 atas = 20,1 n = 96 m

	tutup bawah	=	20,1	n	=	96	m
	Tebal	she		i			
	:	ll	=	3/16	n		
	tutup atas	=	3/16	n			
	tutup bawah	=	3/16	n			

Spek. Nozzle Kotoran Sapi cair	- Diameter (OD)	=	1,3 2 in
	- Jenis pipa	=	Pipa 1 in sch 40
Spek. Nozzle Aliran Sludge Keluar	- Diameter (OD)	=	1,6 0 in
	- Jenis pipa	=	Pipa 1 in sch 40
Spek. Nozzle Aliran Biogas Keluar	- Diameter (OD)	=	6,6 6 in
	- Jenis pipa	=	Pipa 6 in Sch 40
Spek. Pengaduk			<i>Paddle</i>
	- Jenis	=	<i>agitator</i>
	- Jumlah	=	1 unit
	- Diameter	=	2,2 ft = 0,6 6 m
	- Lebar <i>blade</i> (W)	=	0,1 0,43 ft = 3 m
	- Panjang <i>blade</i> (L)	=	0,1 0,54 ft = 7 m
	- Power	=	0,1519 hp

### 5.1.14 DIGESTER PUMP (L-210)

**Table 5.15** Digester Pump (L-210)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Nama Alat	<i>Digester Pump</i>
No.Alat	L-211
Fungsi	Memompa liquid dari Bin menuju digester
Tipe	Pompa Reciprocating
Bahan	<i>Cast Iron</i>
Kapasitas	1355,4 kg/jam
Jenis aliran	Laminer
Ukuran pipa	Pipa 1 in sch 40
Effisiensi pompa	75%
Effisiensi motor	81%
<i>Power</i>	0,10 hp

### 5.1.15 STARTER PUMP (L-211)

**Table 5.16** Starter Pump (L-211)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Nama Alat	<i>Starter Pump</i>
No.Alat	L-211
Fungsi	Memompa liquid dari Starter menuju Digester
Tipe	Pompa Reciprocating
Bahan	<i>Cast Iron</i>
Kapasitas	759,3 kg/jam
Jenis aliran	Laminer

Ukuran pipa	Pipa 3/4 in sch 40
Effisiensi pompa	72%
Effisiensi motor	81%
<i>Power</i>	0,06 hp

### 5.1.16 KOTORAN SAPI PUMP (L-212)

**Table 5.17** Kotoran Sapi Pump (L-212)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Nama Alat	<i>Kotoran Sapi Pump</i>
No.Alat	L-211
Fungsi	Memompa Kotoran sapi ke mixing tank
Tipe	Pompa Reciprocating
Bahan	<i>Cast Iron</i>
Kapasitas	1,1 kg/jam
Jenis aliran	Laminer
Ukuran pipa	Pipa 3/8 in sch 40
Effisiensi pompa	75%
Effisiensi motor	81%
<i>Power</i>	0,000053 hp

### 5.1.17 MIXING TANK PUMP (L-213)

**Table 5.18** Mixing Tank Pump (L-213)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Nama Alat	<i>Mixing Tank Pump</i>
No.Alat	L-213

Fungsi	Memompa Kotoran sapi ke mixing tank	
Tipe	Pompa Reciprocating	
Bahan	<i>Cast Iron</i>	
Kapasitas	253,1 kg/jam	
Jenis aliran	Turbulen	
Ukuran pipa	Pipa 1/4 in sch 40	
Effisiensi pompa	60%	
Effisiensi motor	81%	
<i>Power</i>	0,041144	hp

### 5.1.18 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> PUMP (L-214)

**Table 5.19** H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Pump (L-214)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Nama Alat	<i>H2SO4 Pump</i>	
No.Alat	L-214	
Fungsi	Memompa H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ke tangki Pengenceran	
Tipe	Pompa Reciprocating	
Bahan	<i>Stainless Steel</i>	
Kapasitas	2,0 kg/jam	
Jenis aliran	Laminer	
Ukuran pipa	Pipa 3/8 in sch 40	
Effisiensi pompa	60%	
Effisiensi motor	81%	
<i>Power</i>	0,000127	hp



### 5.1.19 PENGECERAN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> PUMP (L-215)

**Table 5.20** Pengenceran H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Pump (L-215)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Nama Alat	<i>Pengenceran H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Pump</i>	
No.Alat	L-214	
Fungsi	Memompa H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ke tangki Pengenceran	
Tipe	Pompa Reciprocating	
Bahan	<i>Stainless Steel</i>	
Kapasitas	201,4	kg/jam
Jenis aliran	Turbulen	
Ukuran pipa	Pipa 1/4 in sch 40	
Effisiensi pompa	78%	
Effisiensi motor	81%	
<i>Power</i>	0,010877	hp

### 5.1.20 PRE-TREATMENT PUMP (L-216)

**Table 5.21** Pre-Treatment Pump (L-216)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Nama Alat	<i>Pre-Treatment Pump</i>	
No.Alat	L-215	
Fungsi		

	Memompa hasil Pre-Treatment ke Netralisasi Sampah	
Tipe	Pompa Reciprocating	
Bahan	<i>Stainless Steel</i>	
Kapasitas	1137,2 kg/jam	
Jenis aliran	Turbulen	
Ukuran pipa	Pipa 1 1/4 in sch 40	
Effisiensi pompa	85%	
Effisiensi motor	81%	
<i>Power</i>	0,064091	hp

### 5.1.21 NETRALISASI PUMP (L-217)

**Table 5.22** Netralisasi Pump (L-217)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>	
Nama Alat	<i>Netralisasi Pump</i>	
No.Alat	L-216	
Fungsi	Memompa hasil Pre-Treatment ke Bin Sampah	
Tipe	Pompa Reciprocating	
Bahan	<i>Stainless Steel</i>	
Kapasitas	1138,9 kg/jam	
Jenis aliran	Turbulen	
Ukuran pipa	Pipa 1 1/4 in sch 40	
Effisiensi pompa	85%	
Effisiensi motor	81%	
<i>Power</i>	0,052809	hp

### 5.1.22 COMPRESSOR (G-220)

**Table 5.23 Compressor (G-220)**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Nama Alat	Compressor
Kode Alat	G-221
Type	<i>Centrifugal compressor</i>
Fungsi	Menaikkan tekanan biogas menuju water scrubber
Jumlah stage	1 buah
Kondisi operasi	Psuction = 1 bar Pdischarge = 10 bar
Bahan	<i>Carbon steel</i>
Kapasitas	570,1584 kg/jam
Power	1,6 hp

### 5.1.23 SCRUBBER (D-220)

**Table 5.24 Scrubber (D-220)**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Nama Alat	<i>Scrubber</i>
Kode Alat	D-220
Fungsi Alat	Untuk mengabsorpsi CO <sub>2</sub> yang terkandung dalam biogas
Type	<i>Pack absorber</i> dengan tutup atas dan bawah standard dish head
Bahan Packing	Ceramic
Jenis Packing	<i>Raschig ring</i>

Bahan Konstruksi	Carbon steel SA-283 grade C
Jumlah	1 unit

Spek Absorber	- Diameter tangki (OD)	f 1,0 = 3,33 t = 2 m
	- Diameter (ID)	f 0,9 = 3,26 t = 9 m
	- Tinggi : shell	f 16, = 54,3 t = 5 m
	tutup atas	f 0,2 = 0,79 t = 4 m
	tutup bawah	f 0,2 = 0,79 t = 4 m
	- Tebal : shell	= 7/16 in
	tutup atas tutup bawah	= 3/4 in = 3/4 in
Spek. Nozzle Biogas Masuk	- Diameter (OD) = 5,56 in	
	- Jenis pipa = 80	Pipa 5 Sch
Spek. Nozzle Liquid Masuk	- Diameter (OD) = 2,88 in	
	- Jenis pipa = 80	Pipa 2 1/2 sch
Spek. Nozzle Biogas Keluar	- Diameter (OD) = 3,5 in	
	- Jenis pipa = 80	Pipa 3 Sch
Spek. Nozzle Liquid Keluar	- Diameter (OD) = 4,5 in	
	- Jenis pipa = 80	Pipa 4 sch

### 5.1.24 BIOMETHANE STORAGE (F-220)

**Table 5.25** Biomethane Holder (F-220)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Nama Alat	Biomethane Holder
Kode Alat	F-220
Fungsi Alat	Menyimpan biogas yang dihasilkan
Tipe	<i>Spherical Storage</i>
Kapasitas	23083,04 ft <sup>3</sup>
Bahan Konstuksi	<i>PVC bag pondasi beton</i>
Jumlah Tangki	1 unit
Spek Tangki	- Diameter Tangki (OD) = 10,949 m - Tebal = 1 in
Spek nozzle biometana masuk	- Diameter Nozzle (OD) = 3,50 in - Jenis pipa = Pipa 3 in sch 80
Spek nozzle biometana keluar	- Diameter Nozzle (OD) = 3,5 in - Jenis pipa = Pipa 3 in sch 80

### 5.1.25 GAS TURBINE (N-310)

**Table 5.26** Gas Turbine (N-310)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Nama Alat	<i>Standard Multi-Stage Gas Turbine</i>
No. Alat	N-310
Tipe Blading	<i>Impulse</i>
Stage max	2
Tipe Electricity Generator	<i>Gas</i>
Outlet Power	Up to 5,1 MW
Inlet Gas Pressure max	Up to 140 bar
Inlet Gas Temperature	30 °C
Tekanan Outlet Max	Up to 16 bar
Speed max	Up to 17.000 rpm

### 1. COOLER (E-221)

**Table 5.27** Cooler (E-211)

<i>Spesifikasi</i>	
Fungsi	Menurunkan suhu biogas sebelum masuk = water scrubber
Type	= <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan	= <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
exchanger, IPS	= 3 x 2

Panjang	= 20 ft		
jumlah hairpin	= 10		
UD	= 24,452	Btu/(hr)(ft <sup>2</sup> )(° F)	
UC	= 25,709	Btu/(hr)(ft <sup>2</sup> )(° F)	
inner pipe	= area	Heat transfer surface	0,0154 = 8 ft <sup>2</sup>
annulus	= area	Heat transfer surface	0,0159 = 1 psi
		pressure drop	0,0233 = 1 ft <sup>2</sup>
Jumlah	= 1 unit		0,0092 = 9 psi

## 5.2 HARGA ALAT

Harga peralatan yang digunakan di Pabrik pembangkit listrik berbahan bakar biogas dari sampah organik ditunjukkan pada **tabel V.28**.

**Table 5.28** Penaksiran Harga Alat

No	Kode Alat	Nama Alat	Jumlah (Unit)	Harga Satuan		Harga Total Tahun 2020
				Tahun 2014	2021	
1	J-111	Gudang sampah Organik	1	\$ 17.100	\$ 19.325,10	\$ 19.325,10

2	J-111	Screw conveyor	1	\$ 3.80 0,00	\$ 4.29 4,47	\$ 4.2 94
3	C-112	Rotary Cutter	1	\$ 20.20 0,00	\$ 22.82 8,48	\$ 22.8 28
4	F-115	Tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1	\$ 1.50 0,00	\$ 1.69 5,18	\$ 1.6 95
5	L-116	Pompa T.H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1	\$ 2.15 5,00	\$ 2.43 5,41	\$ 2.4 35
6	R-117	T.Peng H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1	\$ 15.80 0,00	\$ 17.85 5,94	\$ 17.8 56
7	L-118	Pompa Asam Sulfat	1	\$ 2.18 5,00	\$ 2.46 9,32	\$ 2.4 69
8	R-119	T. Pre-treatment	1	\$ 3.50 0,00	\$ 3.95 5,43	\$ 3.9 55
9	L-120	Pompa pre-treatment	1	\$ 5.80 0,00	\$ 6.55 4,71	\$ 6.5 55
10	F-123	Gudang Ca(OH) <sub>2</sub>	1	\$ 22.70 0,00	\$ 25.65 3,79	\$ 25.6 54
11	J-124	Belt Cenv Ca(OH) <sub>2</sub>	1	\$ 18.00 0,00	\$ 20.34 2,21	\$ 20.3 42
12	R-125	T.Netralisasi Sampah	1	\$ 28.00 0,00	\$ 31.64 3,44	\$ 31.6 43



1 3	R- 127	Pompa Netralisasi	1	\$ 2.16 5,00	\$ 2.44 6,72	\$ 2.4 47
1 4	F- 310	T.Kotoran Sapi	1	\$ 1.20 0,00	\$ 1.35 6,15	\$ 1.3 56
1 5	L- 311	Pompa KotoranSapi	1	\$ 2.15 0,00	\$ 2.42 9,76	\$ 2.4 30
1 6	R- 316	Tangki Starter	5	\$ 21.70 0,00	\$ 24.52 3,67	\$ 122.6 18
1 7	L- 211	Pompa T.Starter	1	\$ 3.15 0,00	\$ 3.55 9,89	\$ 3.5 60
1 8	L- 211	Digester Pump	1	\$ 3.20 0,00	\$ 3.61 6,39	\$ 3.6 16
1 9	R- 210	Lagoon Digester	10	\$ 27.40 0,00	\$ 30. 965	\$ 309.6 54
2 0	G- 221	Compressor	2	\$ 2.00 0,00	\$ 2. 260	\$ 4.5 20
2 1	E- 222	Cooler	1	\$ 15.00 0,00	\$ 16. 952	\$ 16.9 52
2 2	D- 220	Scrubber	1	\$ 6.91 5,00	\$ 7. 815	\$ 7.8 15
2 3	G- 231	Blower	1	\$ 12.00 0,00	\$ 13. 561	\$ 13.5 61

2 4	F- 224	Biomethane Holder	1	\$ 17.59 0,00	\$ 19. 879	\$ 19.8 79
2 5	N- 310	Turbine	1	\$ 23.00 0,00	\$ 25. 993	\$ 25.9 93
<b>Total Harga Alat</b>					<b>\$ 693.455</b>	

Sumber : [www.matche.com](http://www.matche.com)  
[www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)

Dimana nilai kurs dolar dari [www.bi.go.id](http://www.bi.go.id)

Kurs dollar = \$ 1 = Rp 13.920

Maka,

Total harga peralatan proses = \$ 693.455  
= **Rp 9.652.542.481**



## **BAB VI**

### **ANALISA EKONOMI**

Analisa ekonomi merupakan salah satu parameter apakah suatu pabrik layak didirikan atau tidak. Untuk menentukan kelayakan suatu pabrik secara ekonomi, perlu dilakukan perhitungan banyaknya bahan baku yang dibutuhkan dan jumlah produk yang dihasilkan menurut neraca massa yang telah dihitung pada BAB IV. Selain itu perlu dipertimbangkan harga peralatan untuk proses berdasarkan spesifikasi peralatan yang dibutuhkan seperti telah dihitung berdasarkan pada neraca massa dan energi. Selain pertimbangan-pertimbangan yang disebutkan diatas, diperlukan juga analisa biaya yang diperlukan untuk pabrik beroperasi, utilitas, jumlah dan gaji karyawan serta pengadaan lahan untuk pabrik.

Untuk menentukan kelayakan suatu pabrik secara ekonomi, diperlukan perhitungan parameter analisa ekonomi. Parameter kelayakan tersebut antara lain IRR (*Internal Rate of Return*), NPV (*Net Present Value*), POT (*Pay Out Time*) dan BEP (*Break Even Point*).

#### **VI.1 Pengelolaan Sumber Daya Manusia**

##### **VI.1.1 Umum**

Bentuk Perusahaan	: PT (Perseroan Terbatas)
Status Perusahaan	: PMDN (Swasta)
Lapangan Usaha	: Pembangkit listrik tenaga biogas
Lokasi	: Kabupaten Tuban, Jawa Timur
Kapasitas Produksi	: 1,65 MW per tahun

Pada awal berdiri, suatu perusahaan maupun bentuk organisasi lainnya pasti memiliki tujuan organisasi. Proses pengorganisasian (*organization process*) merupakan suatu upaya pembagian langkah-langkah (aktivitas) dalam membentuk pekerjaan yang harus dilakukan demi tercapainya tujuan organisasi. Pembagian secara cepat dan tepat yang diterapkan kepada seluruh karyawan perusahaan akan menghasilkan suatu

mekanisme sebagai pengkoordinasi setiap aktivitas-aktivitas perusahaan yang telah ditetapkan sebelumnya. Salah satu hasil dari proses ini adalah struktur organisasi. Secara fisik, struktur organisasi suatu perusahaan dapat dinyatakan dalam bentuk gambaran grafik atau bagan yang memperlihatkan hubungan unit-unit organisasi dan garis-garis wewenang yang ada.

### **VI.1.2 Bentuk Perusahaan**

Pembangkit listrik tenaga biogas menggunakan kotoran sapi adalah perusahaan swasta nasional direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan suatu persekutuan yang menjalankan perusahaan dengan modal usaha yang terbagi beberapa saham, dimana tiap sekutu (disebut juga persero) turut mengambil bagian sebanyak satu atau lebih saham. Dasar-dasar kepemilikan bentuk perusahaan ini sebagai berikut :

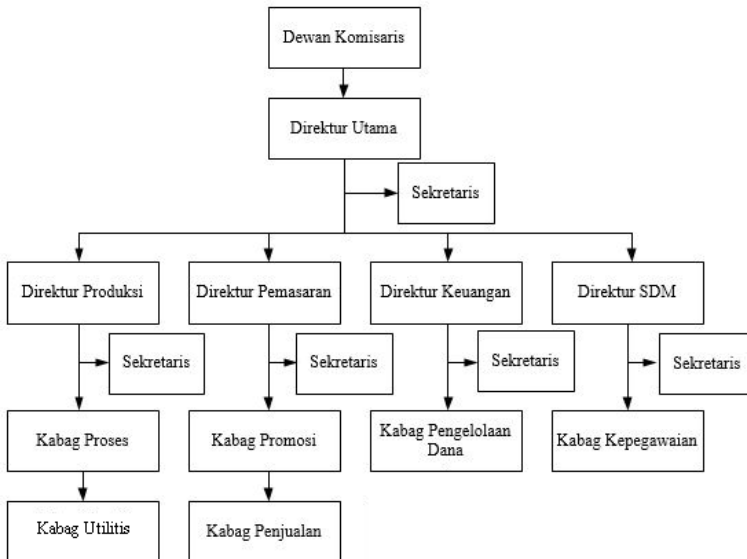
1. Terbatasnya tanggung jawab Perseroan Terbatas sebagai badan hukum dan tanggung jawab pemegang saham. Tiap pemegang saham mungkin hanya menderita kerugian sebesar jumlah uang yang ditanamnya.
2. Pemilik dan pengusaha adalah terpisah satu sama lain. Pemilik Perseroan Terbatas adalah para pemegang saham, sedangkan pengurus adalah jajaran Direksi. Pelaksanaan suatu Perseroan Terbatas diberikan kepada orang-orang yang sanggup untuk melaksanakan tugas itu. Dengan demikian, kemampuan perusahaan untuk mendapatkan keuntungan semakin besar. Tanggung jawab pemegang saham terbatas oleh pemimpin perusahaan.
3. Mudah mendapatkan modal, yaitu dengan memperoleh modal dari bank dan penjualan saham-saham, dengan membagi modal atas jumlah saham-saham. Perseroan Terbatas dapat menarik modal dari banyak uang.
4. Kehidupan Perseroan Terbatas lebih terjamin. Ini berarti suatu Perseroan terbatas mempunyai potensi hidup yang lebih permanen dari bentuk perusahaan lainnya. Meninggalkan seorang pemilik saham, seorang direksi,

- seorang anggota komisaris, atau pegawai/karyawan tidak begitu mempengaruhi jalannya suatu perusahaan.
5. Adanya efisiensi jalannya suatu perusahaan. Tiap bagian dalam Perseroan Terbatas dipegang oleh orang ahli di bidangnya dan mempunyai tugas jelas sehingga ada dorongan untuk mengerjakan dengan sebaik-baiknya.
  6. Kekayaan perusahaan terpisah dari kekayaan pemegang saham.

### **VI.1.3 Sistem Organisasi Perusahaan**

Sistem organisasi yang digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Biogas menggunakan Sampah Organik ini adalah garis dan staff, yang merupakan kombinasi dari pengawasan secara langsung dan spesialisasi pengaturan dalam perusahaan. Alasan pemakaian sistem ini adalah :

- Baik digunakan untuk pabrik besar dengan produksi yang kontinyu.
- Terdapat hubungan yang sinergis antara pimpinan dan perintah, sehingga menyebabkan budaya disiplin kerja lebih baik. Masing-masing kepala bagian maupun manajer secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan agar tercapai tujuan.
  - Kekayaan pemegang saham terpisah dari kekayaan perusahaan, sehingga kekayaan pemegang saham tidak menentukan modal perusahaan.
  - Pimpinan tertinggi perusahaan dipegang oleh seorang direktur utama yang bertanggung jawab kepada komisaris.



**Gambar IV.1** Struktur Organisasi Perusahaan

### VI.1.4 Struktur Organisasi

Adapun pembagian kerja dari masing-masing jabatan dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### 1. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris diangkat menurut ketentuan yang ada dalam perjanjian sehingga dapat diberhentikan sewaktu-waktu apabila bertindak tidak sesuai dengan anggaran dasar atau kepentingan dari kalangan pemegang saham perseroan tersebut. Tugas dewan komisaris meliputi:

- Mengawasi tindakan direktur agar tidak merugikan perseroan.
- Menetapkan kebijaksanaan perusahaan.
- Mengadakan evaluasi/pengawasan mengenai hasil yang fdiperoleh perusahaan.

- Memberikan nasihat kepada direktur bila direktur ingin mengadakan perubahan dalam perusahaan.

## 2. Direktur Utama

Direktur utama adalah pimpinan tertinggi yang memegang kepemimpinan dalam perusahaan. Direktur utama juga menjadi penanggung jawab utama dalam perusahaan secara keseluruhan. Tugas direktur utama antara lain adalah :

- Menetapkan strategi perusahaan, merumuskan rencana-rencana perusahaan dan cara melaksanakannya.
- Menetapkan sistem organisasi perusahaan dan menetapkan pembagian kerja serta tanggung jawab bagian dalam perusahaan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.
- Mengadakan koordinasi dengan semua bagian.
- Memberikan instruksi kepada direktur bagian untuk melaksanakan tugas masing-masing.
- Mempertanggungjawabkan segala pelaksanaan dari anggaran belanja dan pendapatan perusahaan kepada dewan komisaris.
- Menentukan kebijakan keuangan. Selain tugas-tugas di atas, direktur utama juga secara sah berhak mewakili perusahaan di segala hal yang berhubungan dengan kepentingan perusahaan.

## 3. Direktur Produksi

Direktur produksi berperan membantu direktur utama dalam pelaksanaan tugasnya yang berhubungan dengan operasi produksi pabrik, konstruksi pabrik dan kualitas dari bahan baku yang digunakan, serta produk yang dihasilkan. Dalam hal ini, seorang direktur produksi dibantu oleh empat orang kepala bagian, yaitu kepala bagian proses, *quality control*, utilitas, dan *maintenance*. Tugas direktur produksi antara lain:

- Membantu direktur utama dalam perencanaan kebijakan pokok operasi pabrik di bidang produksi, konstruksi pabrik dan *quality* bahan baku serta produk yang dihasilkan agar maksimal.
- Mengadakan koordinasi dengan bagian produksi.



- Memberikan instruksi kepada kepala bagian untuk melaksanakan tugas masing-masing.
- Bertanggungjawab langsung kepada direktur utama.

#### 4. Direktur Pemasaran

Direktur pemasaran berperan membantu direktur utama dalam pelaksanaan tugasnya yang berhubungan dengan pemasaran. Dalam hal ini, direktur pemasaran dibantu oleh dua orang kepala bagian yang masing-masing menangani bidang promosi dan penjualan, dan membawahi beberapa karyawan di bidangnya. Tugas direktur pemasaran antara lain:

- Membantu direktur utama dalam perencanaan kebijakan pokok operasi pabrik di bidang pemasaran agar diperoleh hasil maksimal.
- Mengadakan koordinasi dengan bagian pemasaran.
- Memberikan instruksi kepada kepala bagian untuk melaksanakan tugas masing-masing.
- Bertanggungjawab langsung kepada direktur utama.

#### 5. Direktur Keuangan

Direktur keuangan berperan membantu direktur utama dalam pelaksanaan tugasnya yang berhubungan dengan keuangan dan pembukuan perusahaan. Dalam hal ini, direktur keuangan dibantu oleh kepala bidang pengelolaan dana dan kepala bidang pembukuan yang masing-masing membawahi karyawan di bidangnya. Tugas direktur keuangan antara lain:

- Membantu direktur utama dalam perencanaan kebijakan pokok operasi pabrik di bidang keuangan dan pembukuan perusahaan agar diperoleh keuntungan maksimal.
- Mengadakan koordinasi dengan bagian keuangan.
- Memberikan instruksi kepada kepala bidang pengelolaan dana dan kepala bidang pembukuan untuk mengadakan tugas masing-masing.
- Bertanggungjawab langsung kepada direktur utama.

#### 6. Direktur Sumber Daya Manusia (SDM)

Direktur SDM berperan membantu direktur utama dalam pelaksanaan tugasnya yang berhubungan dengan kepegawaian.

Dalam hal ini, direktur SDM dibantu oleh seorang kepala bagian kepegawaian yang membawahi beberapa karyawan di bidangnya. Tugas direktur SDM antara lain:

- Membantu direktur utama dalam perencanaan kebijakan pokok operasi pabrik di bidang kepegawaian, fasilitas bagi karyawan, peningkatan mutu karyawan, pelayanan terhadap masyarakat maupun karyawan serta keamanan pabrik.
- Mengadakan koordinasi dengan bagian kepegawaian.
- Memberikan instruksi kepada kepala bagian kepegawaian untuk mengadakan tugas masing-masing.
- Bertanggungjawab langsung kepada direktur utama.

#### 7. Sekretaris

Sekretaris dalam suatu perusahaan merupakan posisi administratif sebagai asisten atau pendukung yang memiliki tugas rutin administratif serta tugas pribadi pimpinan/atasannya (Direktur Utama, Direktur Produksi, Direktur Pemasaran, Direktur Keuangan, Direktur SDM). Beberapa tugas sekretaris antara lain :

- Menyiapkan agenda rapat pimpinan
- Menerima telepon untuk pimpinan
- Membuat janji dengan klien
- Perwakilan *meeting* (relasi & notulensi)

#### 8. Kepala Bagian Proses

Kepala bagian proses berperan mengusahakan proses produksi dilakukan dengan teknik yang efektif dan efisien sehingga dihasilkan produk dengan biaya produksi minimal, namun berkualitas dan harga jualnya mampu bersaing. Tugas kepala bagian proses antara lain:

#### 9. Kepala bagian *Quality Control*

Kepala bagian *quality control* bertugas:

- Mengontrol kualitas produk dan mengembangkan penggunaan bahan baku serta produksi yang lebih baik dan lebih ekonomis.
- Menganalisa bahan baku proses dan produk secara kimia maupun fisik.

- Mengumpulkan fakta-fakta yang berkaitan dengan kualitas bahan baku dan produk kemudian mengevaluasinya.
- Berkoordinasi dengan *supervisor* bagian *quality control*.
- Bertanggungjawab langsung kepada direktur produksi.

#### 10. Kepala Bagian Utilitas

Kepala bagian utilitas bertanggung jawab terhadap utilitas yang terkait dengan proses produksi seperti air, listrik, dan sistem vakum.

#### 11. Kepala Bagian Penjualan

Kepala Bagian Penjualan bertugas mengusahakan agar hasil-hasil produksi dapat disalurkan dan didistribusikan secara tepat agar harga jual terjangkau dan mendapat keuntungan optimum.

- Berkoordinasi dengan karyawan bidang pengelolaan dana.
- Bertanggungjawab langsung kepada direktur keuangan.

#### 12. Kepala Bagian Kepegawaian

Kepala bagian kepegawaian berperan membantu direktur SDM dalam menyelesaikan masalah-masalah kepegawaian yang meliputi penerimaan, pemilihan, penempatan, pemberhentian tenaga kerja dan masalah upah.

### **VI.1.5 Perincian Jumlah Tenaga Kerja**

Jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk proses produksi Listrik diuraikan sebagai berikut :

- Penentuan jumlah karyawan operasi (proses):

$$\text{Kapasitas} = 22.458,98 \text{ kg/hari}$$

Dari gambar 6-8 *Timmerhaus* didapat jumlah karyawan total 60 orang/proses.. Karyawan operasi dibagi dalam 3 shift kerja (per hari) dengan 1 shift kerja bekerja dalam 8 jam/hari.

### **VI.1.6 Status Karyawan dan Pengupahan**

Sistem pengupahan dibedakan menurut status karyawan, tingkatan pendidikan dan besar kecilnya tanggung jawab atau kedudukannya serta keahlian dan masa kerjanya. Karyawan pabrik dapat digolongkan menjadi 3 golongan sebagai berikut :

**a. Karyawan Tetap**

Karyawan tetap adalah karyawan tetap perusahaan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan, tunjangan, dan jaminan sosial berdasarkan kedudukan, keahlian, dan masa kerja.

**b. Karyawan Tidak Tetap**

Karyawan yang bekerja secara tidak tetap dan karyawan yang masih menjalani masa kerja percobaan (*trainee*) paling lama 6 bulan. Karyawan tidak tetap ini dapat diterima sebagai karyawan tetap apabila mendapatkan nota persetujuan direktur utama, atas pengajuan kepala bagian dan manajer yang membawahinya. Upah yang diberikan berdasarkan upah bulanan, tetapi belum mendapatkan hak penuh atas tunjangan-tunjangan dan jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan.

**c. Karyawan Harian**

Karyawan yang bekerja secara harian. Karyawan ini ada ketika perusahaan membutuhkan tenaganya. Karyawan ini diangkat dan diberhentikan oleh direksi tanpa SK dari direksi, dan mendapat upah harian yang dibayar setiap akhir pekan (yakni setiap hari sabtu).

**Table 6.1 Daftar Kebutuhan Karyawan Pabrik Energi dari Sampah Organik**

No	Jabatan	Ijazah	Gaji/ bulan (Rp)	Jumlah	Total (Rp)
1	Dewan Komisaris	S1	15.000.000	1	15.000.000
2	Direktur utama	S2	35.000.000	1	35.000.000

3	Direktur Produksi dan Pemeliharaan	S1	20.000.000	1	20.000.000
4	Direktur Keuangan	S1	20.000.000	1	20.000.000
5	Direktur Pemasaran	S1	20.000.000	1	20.000.000
6	Direktur SDM	S1	20.000.000	1	20.000.000
7	Sekretaris	D3	4.500.000	5	22.500.000
8	Kepala Bagian				
	a. Kabag Produksi	S1	7.500.000	1	7.500.000
	b. Kabag Utilitas	S1	7.500.000	1	7.500.000
	c. Kabag Penjualan	S1	7.500.000	1	7.500.000
	d. Kabag Pengelolaan Dana	S1	7.500.000	1	7.500.000
	e. Kabag Kepegawaian	S1	7.500.000	1	7.500.000
9	Supervisor				
	a. Utilitas	S1	5.000.000	2	10.000.000
	b. Proses	S1	5.000.000	6	30.000.000
	c. Quality Control	S1	5.000.000	1	5.000.000
10	Operator				
	a. Maintenance	D3	3.500.000	18	63.000.000
	b. Utilitas	D3	3.500.000	14	49.000.000
	c. Proses	S1/D3	3.500.000	30	105.000.000
	d. Quality Control	S1	3.500.000	6	21.000.000
	e. Gudang	D3	3.500.000	6	21.000.000

11	Karyawan				
	a. Dokter	S1	7.500.000	1	7.500.000
	b. Perawat	D3	4.000.000	4	16.000.000
	c. Penjualan	S1	3.800.000	5	19.000.000
	d. Pembukuan	S1	3.800.000	3	11.400.000
	e. Pengelolaan Dana	S1	3.800.000	3	11.400.000
	f. Kepegawaian	S1	3.800.000	5	19.000.000
	g. Pendidikan dan Latihan	S1	3.800.000	5	19.000.000
12	Keamanan	SMA	3.000.000	9	27.000.000
13	Sopir	SMA	3.000.000	3	9.000.000
14	Pesuruh/tukang kebun	SMA	3.000.000	4	12.000.000
<b>TOTAL</b>				<b>141</b>	<b>621.800.000</b>

M = *Morning (Shift 1)* : Jam Kerja (07.00-15.00 WIB).

E= *Evening (Shift 2)* : Jam Kerja (15.00-23.00 WIB).

N = *Night (Shift 3)* : Jam Kerja (23.00-07.00 WIB)

### **VI.1.7 Tingkat Golongan dan Jabatan Tenaga Kerja**

Dasar penetapan tingkat golongan didasarkan pada jabatan, masa kerja, prestasi, dan sebagainya, sehingga belum tentu karyawan yang mempunyai jabatan lebih tinggi mempunyai gaji lebih besar dari karyawan di bawahnya yang memiliki masa kerja yang lama.

Adapun pembagian golongan karyawan pada perusahaan ini adalah:

Golongan I : Karyawan dengan gaji Rp 2.000.000 – Rp.4.000.000 /bulan.

- Golongan II : Karyawan dengan gaji Rp 4.500.000 – 7.500.000 /bulan.
- Golongan III : Karyawan dengan gaji Rp 8.000.000 – 20.000.000 /bulan.
- Golongan IV : Karyawan dengan gaji Rp 20.500.000,00 – 40.000.000,00 /bulan.

### **VI.1.8. Sistem Jam Kerja**

Pabrik Energi dari Kotoran Sapi ini direncanakan bekerja 330 hari per tahun dengan 24 jam kerja per hari. Sesuai dengan ketentuan Undang-Undang dari Disnaker, peraturan, dan kebijakan dari perusahaan yang telah disepakati bersama oleh karyawan. Sistem jam kerja karyawan yang berlaku diperusahaan ini, yakni sebagai berikut:

#### **1. Sistem Jam Kerja *non-Shift***

Disebut dengan sistem jam kerja normal. Sistem jam kerja ini diperuntukkan bagi karyawan yang bekerja di bagian kesehatan dan kebersihan, pemasaran (*marketing*), Keuangan (*accounting*), personalia, administrasi, dan umum. Selain itu sistem jam kerja ini juga diperuntukkan untuk karyawan yang masih menjalani masa percobaan kerja. Jumlah jam kerja ialah 40 jam tiap minggu, sedangkan selebihnya akan dihitung sebagai jam lembur kerja. Waktu kerja untuk hari Senin- Kamis adalah dari pukul 07.30-12.00. Lalu pukul 12.00-13.00 istirahat. Dilanjutkan pukul 13.00-16.30. Sehingga total kerja adalah 8 jam. Untuk hari Jumat, waktu kerja mulai pukul 07.30-11.30. Lalu pukul 11.30-13.00 istirahat. Dilanjutkan pukul 13.00-17.00. Sehingga total kerja sama 8 jam. Untuk hari Sabtu dan Minggu libur.

#### **2. Sistem Jam Kerja *Shift***

Disebut dengan sistem jam kerja *full*. Sistem jam kerja ini diperuntukkan bagi karyawan yang bekerja di Unit produksi dan teknik, seperti di unit proses (pengolahan), perawatan (*maintenance*), *quality control*, dokter, supir, dan bagian

keamanan. Sistem kerja ini diperlukan karena kondisi operasional bagian unit proses (produksi) tersebut harus beroperasi secara kontinyu pengawasan secara terus-menerus selama 24 jam. Di Unit produksi dan teknik sendiri memiliki 4 (*group*) *shift* yang masing-masing bergantian setiap dua hari. Setiap *shift* memiliki hak untuk libur 2 hari dalam 8 hari kerja. Pembagian jadwal *shift* kerja yang ada di Unit Produksi dan Teknik:

**Table 6.2** *Production Unit Schedule*

No	Group	Date									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	I	E	E	N	N	H	H	M	M	E	E
2.	II	M	M	E	E	N	N	H	H	M	M
3.	III	H	H	M	M	E	E	N	N	H	H
4.	IV	N	N	H	H	M	M	E	E	N	N
No	Group	Date									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.	I	N	N	H	H	M	M	E	E	N	N
2.	II	E	E	N	N	H	H	M	M	E	E
3.	III	M	M	E	E	N	N	H	H	M	M
4.	IV	H	H	M	M	E	E	N	N	H	H

No	Group	Date										
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1.	I	H	H	M	M	E	E	N	N	H	H	M
2.	II	N	N	H	H	M	M	E	E	N	N	H
3.	III	E	E	N	N	H	H	M	M	E	E	N
4.	IV	M	M	E	E	N	N	H	H	M	M	E



**Keterangan:**

M = *Morning* (Shift 1) ; Jam Kerja (07.00-15.00 WIB).

E= *Evening* (Shift 2) ; Jam Kerja (15.00-23.00 WIB).

N = *Night* (Shift 3) ; Jam Kerja (23.00-07.00 WIB).

H = *Holiday* (Hari Libur Kerja).

Setiap karyawan mendapatkan cuti tahunan maksimal 12 hari atau 12 kali cuti setiap tahun. Terdapat juga cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat atau perawatan total berdasarkan surat keterangan dokter, cuti hamil selama tiga bulan bagi tenaga kerja wanita (satu bulan sebelum melahirkan dan dua bulan setelah melahirkan), cuti besar diberikan setiap enam tahun sekali, cuti alasan penting seperti ibadah haji, pernikahan diri sendiri, pernikahan saudara kandung, orang tua atau mertua meninggal dunia, mengkhitankan anak, membaptiskan anak, dan terkena bencana alam. Pengambilan waktu cuti diatur dengan mengajukan permohonan maksimal 1 hari sebelumnya untuk pertimbangan ijinnya.

**VI.2 UTILITAS**

Utilitas merupakan sarana penunjang suatu industri, karena utilitas merupakan penunjang proses utama dan memegang peranan penting dalam pelaksanaan operasi dan proses. Sarana utilitas pada Pabrik Energi dari Kotoran Sapi ini meliputi :

**VI.2.1 Unit Pengolahan Air**

Kebutuhan air untuk pabrik diambil dari air laut, dimana sebelum digunakan air sungai perlu diolah lebih dulu, agar tidak mengandung zat-zat pengotor, dan zat-zat lainnya yang tidak layak untuk kelancaran operasi. Air pada Pabrik Energi dari Kotoran Sapi ini digunakan untuk kepentingan :

1. Air sanitasi, meliputi air untuk laboratorium dan karyawan.

Air sanitasi digunakan untuk keperluan para karyawan dilingkungan pabrik. Penggunaannya antara lain untuk konsumsi, mencuci, mandi, memasak, laboratorium, perkantoran dan lain-lain. Adapun syarat air sanitasi, meliputi :

a) Syarat fisik :

- Suhu di bawah suhu udara
  - Warna jernih
  - Tidak berasa
  - Tidak berbau
  - Kekeruhan  $\text{SiO}_2$  tidak lebih dari 1 mg / liter
- b) Syarat kimia :
- pH = 6,5 - 8,5
  - Tidak mengandung zat terlarut yang berupa zat organik dan anorganik seperti  $\text{PO}_4$ , Hg, Cu dan sebagainya
- c) Syarat bakteriologi :
- Tidak mengandung kuman atau bakteri, terutama bakteri patogen
  - Bakteri *E. coli* kurang dari 1/ 100 ml
2. Air proses, meliputi : air proses, air pendingin dan air umpan boiler

Pada unit pengolahan air ini, peralatan yang digunakan meliputi: pompa air boiler, bak pendingin, kation-anion exchanger.

### **VI.2.2. Unit Pembangkit Tenaga Listrik**

Kebutuhan listrik yang diperlukan untuk pabrik pembangkit listrik tenaga biogas dari sampah organik ini diambil dari PLN dan generator sebagai penghasil tenaga listrik. Distribusi listrik pada pabrik sebagai berikut :

- Untuk *start-up* awal proses produksi diambil dari PLN
- Setelah proses start-up (dihasilkan metana) selesai, maka sumber listrik proses produksi berasal dari generator.
- Untuk penerangan pabrik dan kantor diambil dari generator.

### **VI.2.3 Unit Pemadam Kebakaran**

Unit ini digunakan untuk mengantisipasi bila terjadi bahaya kebakaran di pabrik ini. Unit pemadam kebakaran yang digunakan adalah menggunakan *Hydrant* dan *Foam*.

### VI.3 ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi dimaksudkan untuk dapat mengetahui apakah suatu pabrik yang direncanakan layak didirikan atau tidak. Untuk itu pada pra rencana Pabrik Energi dari Sampah Organik ini dilakukan evaluasi atau studi kelayakan dan penilaian investasi. Faktor-faktor yang perlu ditinjau untuk memutuskan hal ini adalah:

1. Laju pengembalian modal (*Internal Rate of Return, IRR*)
2. Waktu pengembalian modal minimum (*Pay Out Time, POT*)
3. Titik Impas (*Break Event Point, BEP*)

Sebelum dilakukan analisa terhadap ketiga faktor diatas perlu dilakukan peninjauan terhadap beberapa hal sebagai berikut :

1. Penaksiran Total Investasi Modal (*Total Capital Investment, TCI*) yang meliputi:
  - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment, FCI*) :
    - Biaya Langsung (*Direct Cost*)
    - Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)
  - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment, WCI*)
2. Penentuan Biaya Produksi (*Total Production Cost, TPC*), yang terdiri:
  - a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*) :
    - Biaya Produksi Langsung (*Direct Production Cost, DPC*)
    - Biaya Tetap (*Fixed Cost, FC*)
    - Biaya Tambahan *Plant* (*Plant Overhead Cost*)
  - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Biaya Total

Perhitungan Biaya Total ini digunakan untuk mengetahui besarnya semua biayayang dikeluarkan perusahaan. Selain itu juga untuk mengetahui besarnya nilai titik impas (BEP). Untuk mengetahui besarnya titik impas (BEP) perlu dilakukan penaksiran terhadap:

- a. Biaya Tetap (*Fixed Cost, FC*)

- b. Biaya Semi-variabel (*Semi Variable Cost, SVC*)
  - c. Biaya Variabel (*Variable Cost, VC*)
  - d. Total Penjualan (*Sales, S*)
4. Total Pendapatan

Total pendapatan dihitung untuk mengetahui besarnya pendapatan bersih yang didapatkan untuk pabrik sehingga apabila pabrik ini mendapatkan laba yang sesuai maka pabrik yang sedang direncanakan ini layak untuk didirikan, akan tetapi apabila pabrik yang direncanakan mengalami kerugian maka pabrik ini tidak layak untuk didirikan. Analisa ekonomi dalam desain Pabrik Energi dari Kotoran Sapi ini dihitung dengan menggunakan “Metode *Discounted Cash Flow*”. Perhitungan analisa ekonomi secara lengkap dapat dilihat pada Appendix D.

### VI.3.1 Biaya Peralatan

Harga peralatan tiap tahun cenderung naik, sehingga untuk menentukan harga sekarang dapat ditaksir dari harga tahun sebelumnya berdasarkan FOB (*Free On Board*) dari *Gulf Coast USA* pada tahun 2014 yang diperoleh dari [www.matche.com](http://www.matche.com). Perhitungan harga peralatan secara total dapat dilihat pada Appendix D.

### VI.3.2 Perhitungan Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi dihitung dengan menggunakan metode *discounted cash flow* yaitu nilai *cash flow* diproyeksikan dengan nilai pada masa sekarang. Berikut dasar perhitungan yang digunakan :

1. Modal
    - Modal Sendiri = 60 %
    - Modal Pinjaman = 40 %
  2. Bunga Bank = 10,25 % per tahun
  3. Laju Inflasi = 3.12 % per tahun
  4. Masa Konstruksi = 2 tahun
- Tahun pertama menggunakan 50 % modal sendiri dan 50 % modal pinjaman.

- Tahun kedua menggunakan sisa modal sendiri dan sisa modal pinjaman.

5. Pembayaran modal pinjaman selama konstruksi dilakukan secara diskrit dengan cara sebagai berikut:
  - Pada awal masa konstruksi yaitu awal tahun ke (-2) dilakukan pembayaran sebesar 50 % dari modal pinjaman untuk keperluan pembelian tanah dan uang muka.
  - Pada akhir tahun kedua masa konstruksi (tahun ke (-1)) dibayarkan sisa modal pinjaman.
6. Pengembalian pinjaman dilakukan pada jangka waktu 10 tahun, sebesar 10 % per tahun.
7. Umur pabrik, penyusutan investasi alat dan bangunan diperkirakan terjadi dalam waktu 10 tahun dengan depresiasi sebesar 10 % per tahun secara *straight line* dari Fixed Capital Investment (FCI).
8. Kapasitas Produksi :
  - Tahun ke-1 = 60 %.
  - Tahun ke-2 = 80 %.
  - Tahun ke-3 = 100 %.

#### **VI.3.2.1 Investasi**

Investasi total pabrik tergantung pada masa konstruksi. Investasi yang berasal dari modal sendiri akan habis pada tahun pertama konstruksi. Nilai modal sendiri dapat terpengaruh oleh inflasi. Untuk modal sendiri dan modal pinjaman dari bank, total pinjaman pada akhir masa konstruksi dapat dilihat pada Appendix D.

#### **VI.3.3 Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return / IRR*)**

*Internal rate of return* berdasarkan metode *discounted cash flow* adalah suatu tingkatbunga tertentu dimana seluruh penerimaan akan tepat menutup seluruh jumlah pengeluaran modal. Cara yang dilakukan adalah dengan *trial* harga  $i$ , yaitu lajubunga sehingga memenuhi persamaan berikut:

$$\sum CF = \text{total modal akhir masa konstruksi.}$$

$$(1+i)^n$$

**Keterangan:**

n = tahun.

i = *discount factor*.

CF = *netcash flow* pada tahun ke-n.

$1/(1+i)^n$  = *discount flow*.

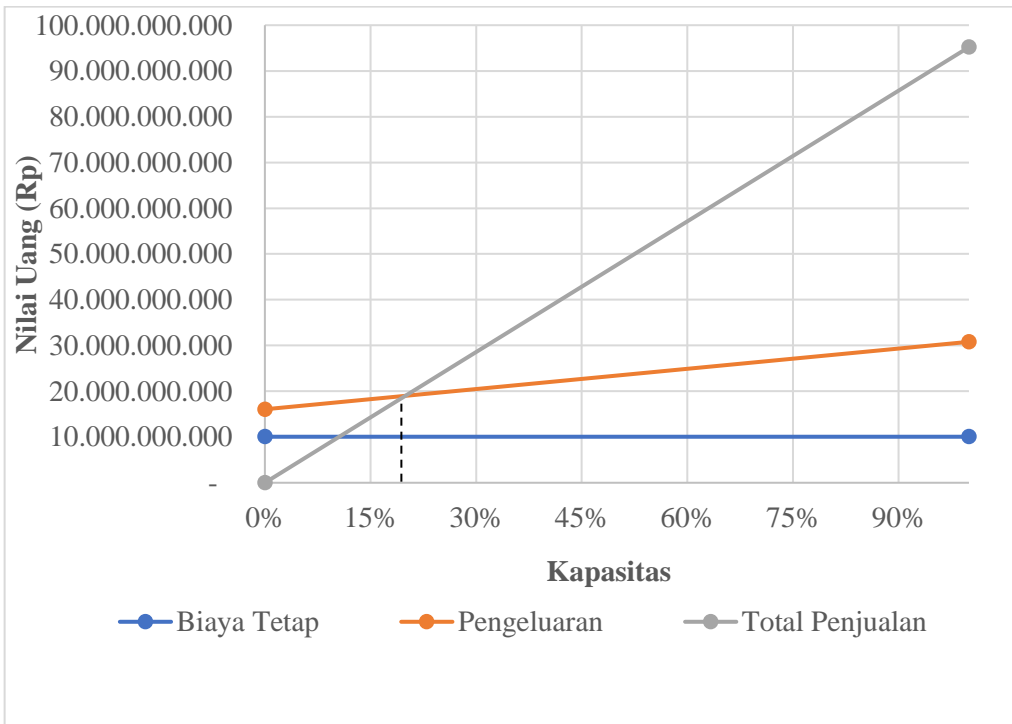
Dari hasil perhitungan pada Appendiks D, didapatkan harga  $i = 15,95\%$  yang mana lebih besar dari harga  $i$  untuk bunga pinjaman yaitu  $11,02\%$  per tahun. Dengan harga  $i = 15,95\%$  yang didapatkan dari perhitungan menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan dengan kondisi tingkat bunga pinjaman  $11,02\%$  per tahun.

**VI.3.5 Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time / POT*)**

Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendiks D didapatkan bahwa waktu pengembalian modal minimum adalah 6,5 tahun. Nilai POT ini menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan karena POT yang didapatkan lebih kecil dari perkiraan usia pabrik yaitu 10 tahun.

**VI.3.6 Analisa Titik Impas (*Break Even Point / BEP*)**

Analisa titik impas digunakan untuk mengetahui besarnya kapasitas produksi yang harus ditetapkan ketika biaya produksi total tepat sama dengan hasil penjualan. Biaya Tetap (FC), Biaya *Variable* (VC), dan Biaya *Semi-Variable* (SVC) tidak dipengaruhi oleh kapasitas produksi. Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendiks D didapatkan bahwa Titik Impas (BEP) =  $19,56\%$ .



**Gambar 6-1 Grafik BEP Pabrik Listrik Tenaga Biogas Dari Sampah Organik**

Analisis ekonomi merupakan salah satu parameter apakah suatu pabrik layak untuk didirikan. Untuk menentukan kelayakan suatu pabrik secara ekonomi, perlu dilakukan perhitungan bahan baku yang dibutuhkan dan produk yang dihasilkan menurut neraca massa yang telah tercantum dalam Bab IV. Harga peralatan untuk proses berdasarkan spesifikasi yang dibutuhkan seperti yang tercantum dalam Bab V yang dihitung berdasarkan pada neraca massa dan energi. Selain itu, juga diperlukan analisa biaya yang

diperlukan untuk beroperasi dan utilitas, jumlah dan gaji karyawan serta pengadaan lahan untuk pabrik.

## **VI.1 Pengelolaan Sumber Daya Manusia**

### **VI.1.1 Bentuk Badan Perusahaan**

Dalam mengoperasikan Pabrik DME dari Gas Alam ini dipilih suatu bentuk badan perusahaan Perseroan Terbatas (PT), yaitu suatu persekutuan menjalankan perusahaan yang mempunyai modal usaha yang terbagi beberapa saham, di mana tiap sekutu (disebut juga persero) turut mengambil bagian sebanyak satu atau lebih saham. Selain itu permodalannya berasal dari dalam negeri. Hal ini dipilih karena beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Modal perusahaan dapat lebih mudah diperoleh yaitu dari penjualan saham maupun dari pinjaman.
2. Pemilik modal adalah pemegang saham sedangkan pelaksanaannya adalah dewan komisaris.
3. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran produksi ditangani oleh pemimpin perusahaan.
4. Kekayaan pemegang saham terpisah dari kekayaan perusahaan, sehingga kekayaan pemegang saham tidak menentukan modal perusahaan.

### **VI.1.2 Sistem Organisasi Perusahaan**

Struktur organisasi yang direncanakan dalam pra desain pabrik ini adalah garis dan staf, yang merupakan kombinasi dari pengawasan secara langsung dan spesialisasi pengaturan dalam perusahaan. Alasan pemakaian sistem ini adalah:

- Biasa digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi yang terus menerus
- Terdapat kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja lebih baik



- Masing-masing kepala bagian/manager secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan
- Pimpinan tertinggi dipegang oleh seorang direktur yang bertanggung jawab kepada dewan komisaris. Anggota dewan komisaris merupakan wakil-wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staf ahli yang bertugas memberikan nasihat dan saran kepada direktur.



## **BAB VII KESIMPULAN**

Berdasarkan uraian proses pada bab – bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan Operasi : Batch, 24 jam/hari selama 330 hari /tahun
2. Kapasitas Produksi : 177.875.106 ton/tahun
3. Kebutuhan Bahan Baku
  - a. Sampah Organik : 177.875.106 ton/tahun
4. Lokasi Pendirian Pabrik : Tuban, Jawa Timur
5. Analisa Ekonomi
  - a. Permodalan

Modal tetap (FCI)	: Rp. 81.163.376.588
Modal Kerja (WCI)	: Rp. 8.035.905.879
Modal Total (TCI)	: Rp. 89.199.282.467
Biaya Produksi per tahun (TPC)	: Rp. 43,839,286,174
Hasil penjualan per tahun	: Rp. 95.208.627.704,44
  - b. Rentabilitas

Masa konstruksi	: 2 tahun
Pengembalian pinjaman	: 10 tahun
Bunga bank	: 10,25%
Laju inflasi	: 3,12%
IRR	: 31,78%
Pay Out Time (POT)	: 4,718 tahun
Break Even Point (BEP)	: 19,56%

Dari hasil yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses Terpilih : Langsung (*Direct Process*)
2. Perencanaan operasi : Kontinyu, 24 jam/hari, selama 330 hari
3. Kapasitas Produksi : 240.000 Ton DME/Tahun
4. Bahan baku : 265.843 Ton gas alam/Tahun

5. Masa konstruksi : 2 Tahun
6. Analisa Ekonomi :

**Table 7.1 Analisa Ekonomi**

IRR (Internal Rate of Return)	26,99%
POT (Pay Out Time)	3,5 Tahun
BEP(Break Even Point)	19,28%

Dari hasil uraian diatas, segi teknis dan ekonomis Pabrik DME dari gas alam dengan Proses Langsung layak untuk didirikan.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Brownell, L.e. dan Young, E.H., 1959. "*Process Equipment Design*". New Delhi : Wiley Eastern Limited.
- Budzianowski, Wojciech M., dan Marlana, Brodacka. 2016. "*Biomethane Storage: Evaluation Of Technologies, End Uses, Business Models And Sustainability*". *Energy Conversion Management*.  
Doi:10.1016/J.Enconman.2016.08.071.
- Dankckwerts, P.V. 1970 "*Gas-Liquid Reaction*". Mc Graw-Hill book Company : New York.
- Deublein, Dieter., dan Steinhauser, Angelika. 2008. "*Biogas From Waste and Renewable Resources*". Germany : Wiley-VCH.
- Engineering Data Book, Gpsa Engineering Data Book, 12<sup>th</sup> Edition.*, Gas Processors Suppliers Association Tulsa, Ok, 2004a.
- Ersahin, Mustafa Evren. 2011. "*Anaerobic Treatment Of Industrial Effluents: An Overview Of Applications: An Overview Of Applications, Waste Water - Treatment And Reutilization*", Prof. Fernando SebastiãN Garcãa Einschlag (Ed.), ISBN: 978-953-307-249-4
- Fellow, P. 1988. "*Food Processing Technology*", Ellis Horwood, England
- Geankoplis, Christie John. 2003.""*Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operation), 4th Edition*". USA : Pearson Education Inc.
- Girija, D., Deepa, K., Xavier, Francis., Antony, Irin., dan Shidhi, R P. 2012.""*Analysis of Cow Dung Microbiota – A metagenomic Approach*". Indian Journal of Biotechnology. Volume 12.
- Gupta, Kumar Kartikey., Aneja, Rai Kamal., dan Rana, Deepanshu. 2016. "*Current Status of Cow Dung as A Bioresource for Sustainable Development*". India: Bioresour Bioprocess (3:28).

- Kajian Supply Demand Energy 2012*. Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya
- Kern, Donald. 1950. "*Process Heat Transfer*". New York : McGraw-Hill Book Company.
- Kusnarjo. 2010. "*Desain Alat Industri Kimia*". Surabaya : ITS Press.
- Ludwig, Ernest. 2011. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*. San Fransisco : Elsevier.
- Mc Cabe, W.L., Julian Smith, dan Peter Hariot. 1993. "*Unit Operation of Chemical Engineering 6<sup>th</sup> edition*". Singapore: Mc Graw Hill, Inc.
- Monnent, Fabien. 2003. "*An Introduction to Anaerobic Digestion of Organic Wastes*". Skotlandia : Remade Scotland.
- Muzenda, Edison. 2014. "*Bio-Methane Generation From Organic Waste: A Review. The World Congress On Engineering And Computer Science*". San Francisco, Usa: Wcecs.
- Nallamothu, Ramesh Babu , Abyot Teferra, dan B.V. Appa Rao. 2013. "*Biogas Purification, Compression And Bottling.*" *Global Journal Of Engineering, Design & Technology* 2 (6): 34-38.
- Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/Sr.140/10/2011 Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati Dan Pembenh Tanah
- Perry, H. Robert. 1997. "*Chemical Engineering Handbook 7<sup>th</sup> Edition*". New York : McGraw-Hill.
- Peters, Max S. dan Timmerhaus, Klaus D.,1991 "*Plant Design and Economic For Chemical Engineering 4-ed*", International Edition. Singapore : McGraw-Hill Book Co Singapore.
- Peterson, Anneli. 2013. "*Biogas Cleaning.*" *In The Biogas Handbook, By Arthur Wellinger, Jerry Murphy And David Baxter, 329-341*. Woodhead Publishing Limited.
- Rittmann, B. E., dan Mccarty, P. L. 2001. *Environmental Biotechnology: Principles And Applications*. Mcgraw-Hill,

- ISBN: 0072345535, New York, The United States Of America.
- Schafer, Perry L. 2002. *“Advanced Anaerobic Digestion Performance Comparisons”*. Water Environment Federation
- Schnürer, A., dan Å. Jarvis. 2010. *“Microbiological Handbook For Biogas Plants: Swedish Waste Management U2009:03”*, Swedish Gas Centre Report 207. Swedish Waste Management.
- Seadi, T. Al, B. Drogg, dan W. Fuchs. 2013. *“Biogas Digestate Quality And Utilization.”* In *The Biogas Handbook*, By Arthur Wellinger, Jerry Murphy And David Baxter, 267-301. Woodhead Publishing Limited. Doi:10.1533/9780857097415.2.267
- Seborg, Edgar, dan Mellichamp, Doyle. 1990. *“Process Dynamics and Control 3<sup>th</sup> Edition”*. Amerika: United States of Amerika.
- Sorsamäki, Lotta dan Marja Nappa. 2015. *“Design And Selection Of Separation Processes”*. Research Report Vtt-R-06143-15
- Stenstrom, K. Michael. 1981. *“Anaerobic Digestion of Classified”*. Southern California: A final report to cal recovery system, inc.
- Sugiyono, Agus. 2016. *Indonesia Energy Outlook 2016 : “Pengembangan Energi Untuk Mendukung Industri Hijau”*. Jakarta : Pusat Teknologi Sumberdaya Energi Dan Industri Kimia Bppt
- Uli, W., Ulrich, S., dan Nicolai, H., 1989, *“Biogas Plants In Animal Husbandry”*, Gtz, Germany.
- Ulrich, Dael D. 1984. *“A Guide To Chemical Engineering Process Desain And Economics”*. New York : John Wiley.
- Van Ness, S. 1967. *“Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 4th Edition”*. Singapore : International Edition, McGraw-Hill Inc.
- Walas, M. Stanley. 1990. *“Chemical Process Equipment”*. USA: Butterworth-Heinemann.



- Warren, K. 2012. “*A Techno-Economic Comparison Of Biogas Upgrading Technologies In Europe*”. Msc Thesis, University Of Jyväskylä, Finland, Unpublished. Accessed November 17, 2016.
- Widjaja, Tri. 2012. “*Pengolahan limbah Industri (Proses Biologis)*”. Surabaya: ITS Press.
- Zhao, Q., Leonhardt, Mac.connel, C., Freer, C., dan Chen, S. 2010. “*Purification Technologies for Biogas Generated by Anaerobic Digestion*”. California : CSANR.