

No: TA/TK/2018/72

**PRARANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI LIMBAH  
PETERNAKAN KAMBING DAN LIMBAH ORGANIK  
RUMAH MAKAN KAPASITAS BAHAN BAKU  
54.680 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN PABRIK**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia  
Konsentrasi Teknik Kimia**



Oleh:

<b>Nama</b>	<b>: Nur Dwiyani S</b>	<b>Nama</b>	<b>: Fanya Aulia N</b>
<b>No. Mahasiswa</b>	<b>: 14521009</b>	<b>No. Mahasiswa</b>	<b>: 14521020</b>

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2018**

# LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI LIMBAH PETERNAKAN  
KAMBING DAN LIMBAH ORGANIK RUMAH MAKAN KAPASITAS  
BAHAN BAKU 54.680 TON/TAHUN

## PERANCANGAN PABRIK



Oleh:

Nama	: Nur Dwiyani S	Nama	: Fanya Aulia N
No. Mahasiswa	: 14521009	No. Mahasiswa	: 14521020

Yogyakarta, 10 Oktober 2018

Pembimbing I



Ir. Pratikno Hidayat, M.Sc.

Pembimbing II



Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.

# LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRARANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI LIMBAH PETERNAKAN  
KAMBING DAN LIMBAH ORGANIK RUMAH MAKAN KAPASITAS  
BAHAN BAKU 54.680 TON/TAHUN**

## PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Nur Dwiyani S. Nama : Fanya Aulia N.  
NIM : 14521009 NIM : 14521020

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia  
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 26 Oktober 2018

Tim Penguji,

1. Ir. Pratikno Hidayat, M.Sc.  
Ketua Penguji
2. Lucky Wahyu Nuzulia S, S.T., M.Eng.  
Anggota I
3. Tintin Mutiara, S.T., M.Eng.  
Anggota II

Handwritten signatures and dates of the examiners. The first signature is for the Chairman, the second for the first member, and the third for the second member. The date 25/10 is written next to the third signature.

Mengetahui:

**Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia**



**Dr. Suharno Rusdi**  
NIP. 845210102

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

### PRARANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI LIMBAH PETERNAKAN KAMBING DAN LIMBAH ORGANIK RUMAH MAKAN KAPASITAS BAHAN BAKU 54.680 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nur Dwiyani S      Nama : Fanya Aulia N  
No. Mahasiswa : 14521009      No.Mahasiswa : 14521020

Yogyakarta, 29 Oktober 2018

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Td.Tangan



Nur Dwiyani S  
14521009

Td.Tangan



Fanya Aulia N  
14521020

## Kata Pengantar



*Assalamu'alaikum Wr.Wb.*

*Alhamdulillah* rabbil'alamiin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat, Taufiq dan Hidayah-Nya bagi kita semua sehingga kita dapat menjalankan amanah yang menjadi tanggung jawab kita. Sholawat serta salam tidak lupa kita haturkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat, karena dengan syafaatnya kita dapat hijrah dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang.

Atas karunia dan pertolongan dari Allah SWT, Tugas Akhir dengan judul “PRARANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI LIMBAH PETERNAKAN KAMBING DAN LIMBAH ORGANIK RUMAH MAKAN KAPASITAS BAHAN BAKU 54.680 TON/TAHUN” ini dapat berjalan dengan lancar dan terselesaikan dengan baik. Penulisan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan meraih gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Ucapan terima kasih tidak lupa kami haturkan kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan baik materil maupun spiritual dengan terselesaikannya tugas akhir ini, yaitu kepada:

1. ALLAH SWT, yang selalu ada dalam setiap langkah, atas karunia dan hidayah akal serta pikiran, kekuatan dan atas segala kemudahan yang telah

diberikan.

2. Rasulullah SAW, sang suri tauladan yang telah membawa kita keluar dari zaman jahiliyah menuju zaman kebenaran.
3. Kedua Orang tua yaitu Bapak Samono dan Ibu Sri Nurwahdiah kedua orang tua Nur Dwiyani S. Serta Bapak Agus Tjahyadi dan Ibu Harri Indra Lestari kedua orang tua Fanya Aulia N. yang telah memberikan doa, motivasi, dukungan, dan bantuan yang tiada hentinya.
4. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia UII
5. Bapak Ir. Pratikno Hidayat, M.Sc. selaku dosen pembimbing I, yang telah membimbing, memberikan motivasi serta saran kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya dan pemikirannya dalam membimbing penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Kimia UII yang telah memberikan bantuan kepada penulis selama menuntut ilmu di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
8. Keluarga dan teman-teman atas dukungan dan bantuannya.
9. Semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu yang telah memberikan kontribusinya dalam membantu pelaksanaan tugas akhir ini.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amalan yang akan mendapatkan balasan yang sebaik-baiknya dari Allah SWT. Akhir kata, penulis berharap semoga karya tulis ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak. Penulis menyadari dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna karena ini masih merupakan proses pembelajaran bagi penulis sehingga saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan.

*Wassalamu 'alaikum Wr.Wb.*

Yogyakarta, 26 Oktober 2018

Penulis

## Daftar Isi

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL .....	iv
Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi.....	vii
Daftar Tabel .....	xi
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Lampiran .....	xiv
ABSTRAK .....	xv
<i>ABSTRACT</i> .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik .....	3
1.2.1 Penentuan Kapasitas Kotoran Kambing .....	3
1.2.2 Penentuan Kapasitas Sampah Rumah Makan.....	6
1.3 Tinjauan Pustaka .....	9
1.3.1 Kotoran Kering Kambing .....	9
1.3.2 Urin Kambing .....	10
1.3.3 Limbah Rumah Makan .....	11
1.3.4 Pengertian Biogas .....	11

1.3.5 Proses Pembentukan Biogas .....	13
1.3.6 Faktor yang Mempengaruhi Biogas.....	15
<b>BAB II PERANCANGAN PRODUK .....</b>	<b>20</b>
2.1 Spesifikasi Produk.....	20
2.1.1 Biogas .....	210
2.1.2 Pupuk Padat Organik .....	24
2.2 Spesifikasi Bahan .....	24
2.2.1 Sampah Organik .....	24
2.2.2 Kotoran Kambing .....	25
2.2.3 Urin Kambing .....	26
2.3 Spesifikasi Bahan Penunjang .....	26
2.3.1 Kalsium Oksida (CaO).....	26
2.3.2 Air (H <sub>2</sub> O) .....	27
2.4 Pengendalian Kualitas.....	28
2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku .....	28
2.4.2 Pengendalian Kualitas Proses .....	28
2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk .....	29
<b>BAB III PERANCANGAN PROSES.....</b>	<b>30</b>
3.1 Uraian Proses .....	30
3.2 Spesifikasi Alat .....	35
3.3 Perancangan Produksi .....	49

3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku .....	49
3.3.2 Analisis Kebutuhan Peralatan Proses .....	49
<b>BAB IV PERANCANGAN PABRIK .....</b>	<b>50</b>
4.1 Lokasi Pabrik .....	50
4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik .....	51
4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik .....	53
4.2 Tata Letak Pabrik ( <i>Layout Plant</i> ).....	55
4.3 Tata Letak Mesin/Alat ( <i>Machines</i> ) .....	58
4.4 Aliran Proses dan Material.....	61
4.4.1 Neraca Massa.....	61
4.4.2 Neraca Panas.....	65
4.5 Maintenance .....	69
4.6 Utilitas.....	70
4.6.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air ( <i>Water Treatment System</i> ).....	71
4.6.2 Unit Pembangkit Steam ( <i>Steam Generation System</i> ).....	83
4.6.3 Unit Pembangkit Listrik ( <i>Power Plant System</i> ).....	84
4.6.4 Unit Penyedia Udara Instrumen ( <i>Instrument Air System</i> ) .....	87
4.6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar .....	87
4.7 Organisasi Perusahaan .....	88
4.7.1 Bentuk Perusahaan.....	88
4.7.2 Struktur Organisasi .....	89

4.7.3 Tugas dan Wewenang.....	91
4.7.4 Status Karyawan .....	97
4.7.5 Ketenagakerjaan.....	98
4.7.6 Fasilitas Karyawan.....	102
4.7.7 Penggolongan Jabatan dan Keahlian .....	104
4.8 Evaluasi Ekonomi .....	105
4.8.1 Harga Peralatan.....	107
4.8.2 Dasar Perhitungan.....	112
4.8.3 Perhitungan Biaya.....	113
4.8.4 Analisis keuntungan.....	117
4.8.5 Analisa Kelayakan.....	118
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>124</b>
5.1 Kesimpulan.....	124
5.2 Saran .....	125
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>126</b>

## Daftar Tabel

Tabel 1.1. Data Jumlah Kambing di Kabupaten Sleman .....	5
Tabel 1.2. Data Jumlah Rumah Makan di Bantul .....	7
Tabel 1.3. Kandungan Hara Urin Ternak.....	10
Tabel 1.4. Komponen Senyawa pada Biogas.....	12
Tabel 1.5. Jumlah Rasio C/N dari Beberapa Bahan.....	17
Tabel 1.6. Range Suhu untuk Bakteri Metana .....	18
Tabel 4.1. Area Bangunan Pabrik Biogas .....	57
Tabel 4.2 Neraca Massa Total.....	61
Tabel 4.3 Neraca Massa di Tangki <i>Mixer</i> .....	63
Tabel 4.4 Neraca Massa di Reaktor Biogas .....	63
Tabel 4.5 Neraca Massa di Absorber CO <sub>2</sub> dan H <sub>2</sub> S .....	64
Tabel 4.6 Neraca Massa di Separator.....	64
Tabel 4.7 Neraca Massa di <i>Centrifuge</i> .....	65
Tabel 4.8 Neraca Panas di Tangki <i>Mixer</i> (M).....	65
Tabel 4.9 Neraca Panas di Reaktor Biogas .....	66
Tabel 4.10 Neraca Panas di Absorber CO <sub>2</sub> dan H <sub>2</sub> S.....	66
Tabel 4.11 Neraca Panas di Separator.....	66
Tabel 4.12 kebutuhan air proses pendinginan.....	80
Tabel 4.13 Kebutuhan air pembangkit <i>steam</i> .....	81
Tabel 4.14 Kebutuhan Air Proses .....	82
Tabel 4.15 Total Kebutuhan Air Unit Utilitas .....	83
Tabel 4.16 Kebutuhan Listrik Proses .....	85

Tabel 4.17 Kebutuhan Listrik Utilitas.....	86
Tabel 4.18 Total Kebutuhan Listrik .....	87
Tabel 4.19 Gaji Karyawan .....	99
Tabel 4.20 Jadwal Kerja Karyawan <i>Shift</i> .....	102
Tabel 4.21 Jabatan dan keahlian .....	105
Tabel 4.22 Indeks Harga .....	107
Tabel 4.23 Harga Alat Proses.....	110
Tabel 4.24 Harga Alat Utilitas .....	111
Tabel 4.25 <i>Physical Plan Cost</i> (PPC) .....	113
Tabel 4.26 <i>Direct Plan Cost</i> (DPC).....	114
Tabel 4.27 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI) .....	114
Tabel 4.28 <i>Total Working Capital Investment</i> (WCI).....	114
Tabel 4.29 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC) .....	115
Tabel 4.30 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC) .....	115
Tabel 4.31 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC).....	116
Tabel 4.32 <i>Total Manufacturing Cost</i> (TMC) .....	116
Tabel 4.33 <i>General Expense</i> (GE) .....	117
Tabel 4.34 <i>Total Production Cost</i> (TPC).....	117
Tabel 4.35 <i>Annual Fixed Cost</i> (Fa).....	120
Tabel 4.36 <i>Annual Variable Cost</i> (Va) .....	120
Tabel 4.37 <i>Annual Regulated Cost</i> (Ra) .....	120
Tabel 4.38 <i>Annual Sales Cost</i> (Sa).....	121

## Daftar Gambar

Gambar 1.1 Grafik Jumlah Kambing Di Sleman .....	5
Gambar 1.2 Grafik Jumlah Restoran Di Sleman, Bantul, Kota Yogyakarta.....	8
Gambar 4.1 Peta Letak Rencana Pabrik.....	50
Gambar 4.2. <i>Lay Out</i> Pabrik .....	56
Gambar 4.3 Tata letak proses pabrik.....	60
Gambar 4.4 Diagram Alir Kualitatif .....	67
Gambar 4.5 Diagram Alir Kuantitatif .....	68
Gambar 4.6 Diagram Pengolahan Air .....	74
Gambar 4.7 Struktur Organisasi.....	91
Gambar 4.8 Grafik Tahun vs Indeks Harga .....	108
Gambar 4.9 Grafik BEP dan SDP .....	123

## Daftar Lampiran

LAMPIRAN A PERHITUNGAN REAKTOR.....	A-1
LAMPIRAN B GAMBAR PEFD .....	B-1

## ABSTRAK

Pertumbuhan populasi yang cepat di Yogyakarta menyebabkan banyak rumah makan baru yang dibuka. Selain itu populasi kambing di Yogyakarta juga terus meningkat. Hal ini menyebabkan menumpuknya sampah. Gas metana merupakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan dapat dihasilkan dari biomassa. Di Indonesia, teknologi produksi metana relatif baru dan masih dalam skala kecil, sedangkan metana diperlukan dalam jumlah besar. Ini akan menjadi masalah serius karena bahan bakar fosil saat ini adalah sumber energi utama dunia dan tidak dapat diperbarui. Karenanya, pabrik metana perlu dirancang.

Desain pabrik kimia biogas ini dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan gas metana di Yogyakarta. Kotoran kambing, urin kambing dan limbah restoran dari Sleman, Bantul dan Yogyakarta, digunakan sebagai bahan mentah dalam produksi biogas. Pabrik ini akan dibangun di Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pabrik ini beroperasi secara kontinu selama 330 hari/tahun, dengan kapasitas limbah organik sebesar 54.680 ton / tahun dan menghasilkan produk CH<sub>4</sub> dengan kapasitas 718.344 ton/tahun. Limbah yang dihasilkan adalah limbah padat organik yang dapat digunakan sebagai pupuk. Pabrik ini direncanakan dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT).

Proyek ini menyimpulkan bahwa pabrik tersebut layak secara finansial. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi, kita dapat melihat bahwa persentase *Break Even Point* (BEP) adalah 51,88 %, *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak adalah 25,84 % dan setelah pajak adalah 12,41 %, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 3 Tahun dan setelah pajak adalah 4,9 tahun, *Shut Down Point* (SDP) 31,40 %, laba sebelum pajak adalah US\$ 21.900.798.372 dan laba setelah pajak adalah US\$ 10.512.383.219

Kata kunci: Limbah Ternak, Sampah Restoran, Biogas, Digester Anaerobik

## ***ABSTRACT***

Rapid population growth in Yogyakarta caused many new restaurants to be opened. In addition, the goat population in Yogyakarta also continues to increase. This causes accumulation of waste. Methane gas is renewable energy source which is environmentally safe and can be produced from biomass. In Indonesia, technology of methane production is relatively new and still on a small scale, whereas methane is needed in large amount. This will be a serious problem because fossil fuels are currently the world's main energy sources and cannot be renewed. Therefore, methane plant is needed to be design.

This preliminary chemical plant design of biogas is intended to fulfill the need of methane gas in Yogyakarta. Goat droppings, goat urine and restaurant waste from Sleman, Bantul and Yogyakarta, are used as raw materials in biogas production. The plant will be built in Sleman, Special Region of Yogyakarta. This plant operates continuously for 330 days/year with organic waste capacity of 54,680 ton/year and producing product of CH<sub>4</sub> with capacity of 718,344 ton/year. Waste generated is organic solid wastes that can be used as fertilizer. This plant is planned in form of Perseroan Terbatas (PT).

This project is concluded that the plant is financially feasible. Based on results of economic evaluation, we can see that percentage of Break Even Point (BEP) is 51.88 %, Return on Investment (ROI) before tax is 25.84 % and after tax is 12.41 %, Pay Out Time (POT) before tax is 3 years and after tax is 4.9 years, Shut Down Point (SDP) 31.40 %, profit before tax is US\$ 21,900,798,372 and profit after tax is US\$ 10,512,383,219.

Keywords : Livestock Waste, Solid Waste Kitchen, Biogas, anaerobic digester

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang di dunia yang terus-menerus mengalami pertumbuhan penduduk dari tahun ke tahun. Pertumbuhan penduduk memicu berbagai macam permasalahan-permasalahan sosial, selain itu permasalahan dalam memperoleh sumber energi untuk kebutuhan hidup. Banyaknya penduduk umumnya akan diimbangi dengan banyaknya permintaan akan kebutuhan energi. Hal tersebut akan berdampak pada ketersediaan bahan baku pembuat energi yaitu bahan fosil. Permintaan energi berbanding terbalik dengan ketersediaan bahan bakunya.

Negara Indonesia merupakan salah satu negara yang banyak menggunakan energi bahan bakar namun tidak sebanding dengan ketersediaan bahan baku penghasil olahan seperti minyak dan gas bumi. Dengan demikian diperlukan langkah bijak untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan menciptakan sumber energi yang mudah diperbaharui, ramah lingkungan, berasal dari bahan baku yang mudah diperoleh dan melimpah. Sumber energi tersebut telah banyak ditemui di beberapa negara termasuk di Negara Indonesia yang umumnya dikenal dengan istilah biogas.

Biogas adalah gas yang mudah terbakar (*flammable*) yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara). Gas yang dihasilkan sebagian besar (lebih

dari 50 %) berupa gas metana. Tahapan-tahapan pembentukan biogas pada umumnya sangat sederhana. Hasil yang dapat diperoleh berupa bahan bakar gas sebagai media masak dan *slurry* hasil fermentasi dapat digunakan sebagai pupuk tanaman. Bahan baku untuk memproduksi biogas dapat berupa limbah organik, limbah pasar atau tempat rekreasi, limbah rumah makan, limbah peternakan, maupun limbah-limbah organik lainnya yang tidak perlu ditimbun bertahun-tahun terlebih dahulu (Bayu dkk, 2012)

Penggunaan energi alternatif seperti biogas ini sangat menguntungkan untuk Indonesia dari segi pertumbuhan ekonomi maupun sosial. Selain itu, Negara Indonesia sangat diuntungkan karena dapat dengan mudah memperoleh bahan baku dalam proses pembuatan biogas. Banyaknya limbah-limbah yang dihasilkan karena kegiatan penduduk dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biogas.

Oleh karena itu, pabrik Biogas ini perlu didirikan di Indonesia dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Untuk memenuhi kebutuhan energi di dalam negeri dan mengurangi ketergantungan import, sehingga dapat menambah devisa negara.
2. Pendirian pabrik ini diharapkan dapat membuka lapangan kerja dan meningkatkan taraf hidup masyarakat.
3. Dengan didirikannya pabrik biogas dari sampah restoran dan limbah peternakan ini akan menciptakan hubungan berkesinambungan satu sama lain antara restoran, peternak kambing, dan petani.

4. Selain itu, dapat terciptanya *zero waste* yang menguntungkan untuk Negara Indonesia.

## **1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik**

Pabrik Biogas akan dibangun dengan kapasitas bahan baku 54.680 ton/tahun untuk pembangunan pabrik di tahun 2019. Penentuan kapasitas ini ditinjau dari perkiran jumlah limbah yang dihasilkan selama satu tahun dengan menerapkan prinsip *zero waste*.

### **1.2.1 Penentuan Kapasitas Kotoran Kambing**

Banyaknya jumlah penduduk di Indonesia diimbangi juga dengan banyak jumlah sampah atau limbah yang dihasilkan salah satunya limbah peternakan. Indonesia merupakan negara yang mempunyai potensi ternak yang cukup banyak antara lain ternak kambing. Populasi kambing di Indonesia mengalami peningkatan selama 5 tahun terakhir dari 1.305.078 ekor pada tahun 2011 menjadi 1.381.331 ekor pada tahun 2015. Pertumbuhan populasi kambing di Indonesia pada tahun 2014-2015 mencapai 3,46% (Badan Pusat Statistik, 2015). Industri ternak umumnya menghasilkan limbah padat dan cair dalam jumlah yang besar dengan konsentrasi karbon antara 8000-10000 mg (Mahajoeno, 2009), sehingga industri tersebut berpotensi mencemari lingkungan, jika tidak dilakukan pengelolaan lebih lanjut.

Kotoran kambing mengandung unsur N yang cukup tinggi, sehingga diperlukan bahan lain sebagai penyeimbang agar rasio C/N berada diantara rentang nilai 25 - 30. Bahan tersebut harus mengandung unsur karbon ( C )

yang tinggi. Apabila tidak diimbangi, maka membutuhkan waktu yang lama untuk menghasilkan gas metana, karena bakteri tidak memperoleh nutrisi (Penelitian Saron, 2013). Pabrik produksi biogas yang akan dirancang berasal dari limbah organik peternakan dan limbah organik hasil olahan rumah makan. Alasan pemilihan dengan menggunakan bahan baku tersebut diantaranya agar terjadi hubungan timbal balik yang menguntungkan satu sama lain antara pabrik dengan peternakan dan rumah makan. Dimana rumah makan atau peternak akan memperoleh bahan bakar memasak dengan harga lebih rendah dari masyarakat umum. Selain itu, jika peternak memiliki lahan pertanian sendiri maka akan memperoleh harga rendah untuk pupuk organik yang berasal dari pabrik. Sedangkan pabrik akan memperoleh keuntungan dengan menjual hasil produksi ke masyarakat umum dengan harga yang lebih tinggi dari harga yang diperoleh peternak dan industri rumah makan.

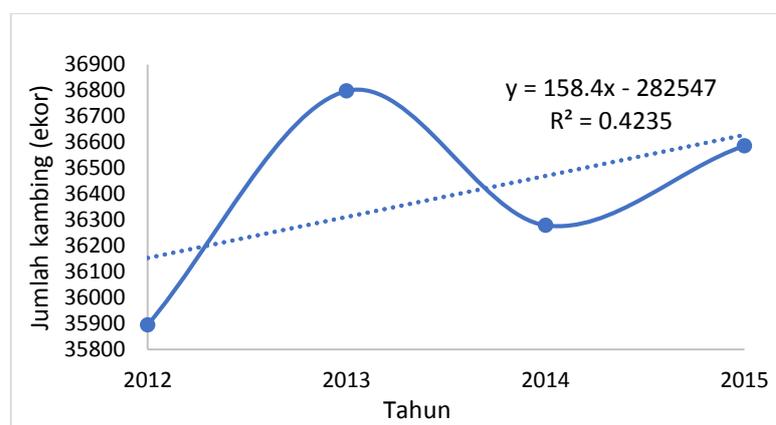
Di wilayah Yogyakarta masih terdapat banyak peternakan hewan ternak ruminansia khususnya ternak kambing yang dapat menghasilkan limbah organik cukup tinggi. Seekor kambing menghasilkan kotoran kering sekitar 1,4 kg/hari dan urin 1,6 liter/hari (Djuarnani, 2005). Di Kabupaten Sleman, Yogyakarta merupakan salah satu wilayah yang padat penduduknya di daerah Yogyakarta, sehingga untuk mengurangi polutan di wilayah tersebut maka diperlukan beberapa penanganan khusus. Salah satunya yaitu dengan menangani masalah pemanasan global yang diakibatkan oleh kotoran hewan yang mengandung unsur amoniak dan

sulfur yang tinggi. Penanganannya dengan cara mengolah limbah hewan ternak menjadi sumber bahan bakar kebutuhan manusia seperti biogas. Tingkat populasi kambing di Kabupaten Sleman mengalami peningkatan setiap tahunnya. Seperti yang tertera pada Tabel 1.1. di bawah ini yang digunakan sebagai salah satu bahan baku pembuatan pabrik biogas.

Tabel 1.1. Data Jumlah Kambing di Kabupaten Sleman  
(sumber: Badan Pusat Statistik)

Tahun	Kabupaten Sleman
2012	35.895 ekor
2013	36.798 ekor
2014	36.279 ekor
2015	36.586 ekor
2016	36.793 ekor

Pada Tabel 1.1. menunjukkan data jumlah kambing di Kabupaten Sleman dari tahun 2012-2016. Dari data diatas dapat dibuat grafik Linear antara data tahun sebagai sumbu x dan data jumlah kambing sebagai sumbu y, grafik dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik Jumlah Kambing Di Sleman

Perkiraan pertumbuhan kambing di Sleman pada tahun yang akan datang dihitung dengan menggunakan persamaan  $y = 158,4x - 282.547$  dimana  $x$  sebagai tahun dan  $y$  sebagai jumlah pertumbuhan kambing per ekor. Dengan persamaan di atas diperkirakan untuk tahun 2023 jumlah pertumbuhan kambing di Kabupaten Sleman sebesar :

$$y = 158,4x - 282.547$$

$$y = 158,4(2023) - 282.547$$

$$y = 37.896$$

### **1.2.2 Penentuan Kapasitas Sampah Rumah Makan**

Provinsi D. I. Yogyakarta merupakan salah satu provinsi dengan tingkat kunjungan pariwisata yang tinggi sehingga banyak berdiri usaha-usaha rumah makan mikro maupun makro (Statistik kepariwisataan DIY, 2016). Banyaknya usaha rumah makan, diiringi pula dengan meningkatnya jumlah sampah limbah organik maupun anorganik dari rumah makan, untuk itu diperlukan pengolahan lebih lanjut terhadap limbah-limbah tersebut. Limbah sisa makanan termasuk limbah organik yang banyak mengandung unsur karbon (C) yang dapat digunakan sebagai penyeimbang selama proses fermentasi biogas berlangsung. Penambahan ini dilakukan pada bahan biogas yang mengandung kadar Nitrogen (N) yang tinggi misalnya pada kotoran kambing.

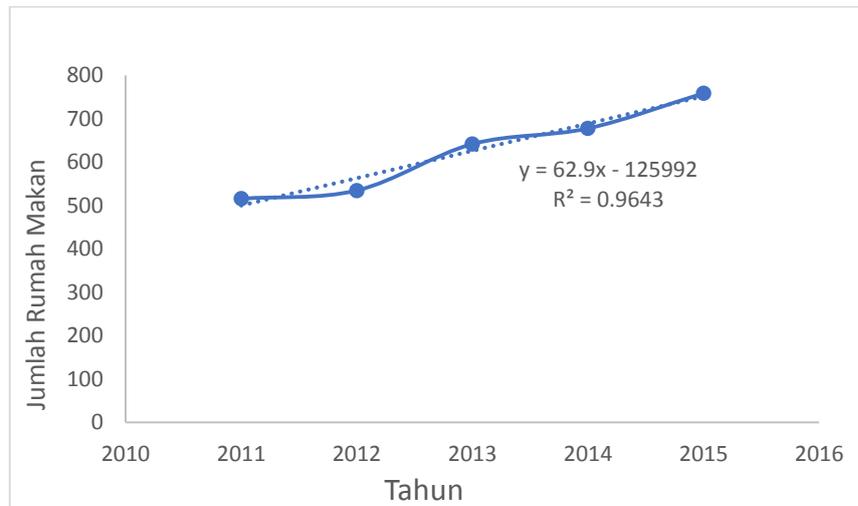
Di daerah Yogyakarta yang sudah termasuk wilayah padat penduduk, menghasilkan sampah organik yang terus meningkat. Untuk itu, limbah organik tersebut diolah sebagai bahan baku pembuatan biogas yang dapat berguna sebagai bahan bakar masak di setiap rumah makan dan

masyarakat umum. Dikarenakan limbah kotoran kambing berasal dari wilayah Kabupaten Sleman maka limbah organik rumah makan diambil disekitar wilayah yang berdekatan yaitu wilayah Kabupaten Sleman, Bantul, dan Kota Yogyakarta, agar meminimalkan biaya transportasi bahan baku. Pada Tabel 1.2. menunjukkan jumlah rumah makan di ketiga Kabupaten tersebut dari tahun 2011 - 2015. Klasifikasi rumah makan berdasarkan dari jumlah kursi dan karyawan disetiap tipe rumah makan

Tabel 1.2. Data Jumlah Rumah Makan di Bantul (sumber: Statistik  
Kepariwisataaan DIY, 2016)

Tahun	Kabupaten			Total (Jumlah Rumah makan)
	Sleman	Bantul	Yogyakarta	
2011	212	15	289	516
2012	218	26	291	535
2013	211	133	298	642
2014	211	154	313	678
2015	261	171	327	759

Pada Tabel 1.2. menunjukkan data jumlah rumah makan di Kabupaten Sleman, Bantul, dan Kota Yogyakarta dari tahun 2012-2016. Dari data diatas dapat dibuat grafik Linear antara data tahun sebagai sumbu x dan data jumlah rumah makan sebagai sumbu y, grafik dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Grafik Jumlah Rumah Makan Di Sleman, Bantul, Kota Yogyakarta

Perkiraan peningkatan jumlah rumah makan di Sleman, Bantul, dan Yogyakarta pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan  $y = 62,9x - 125.992$  dimana  $x$  sebagai tahun dan  $y$  sebagai jumlah rumah makan. Dengan persamaan di atas diperkirakan untuk tahun 2023 jumlah rumah makan di Kabupaten Sleman, Bantul, dan Kota Yogyakarta sebesar :

$$y = 62,9x - 125.992$$

$$y = 62,9(2023) - 125.992$$

$$y = 1.254$$

Diestimasikan jika jumlah ternak kambing setiap tahunnya akan meningkat, sehingga pada tahun 2023 jumlah ternak kambing mencapai 37.896 ekor. Diperkirakan bahwa seekor kambing menghasilkan feses (kotoran kering) sekitar 1,4 kg/hari dan urin 1,6 liter/hari (Djuarnani, 2005). Maka dapat diperoleh jumlah feses (kotoran padat kambing) pada

tahun 2023 sebesar 53.055 kg/hari dan jumlah urin kambing sebesar 62.453 kg/hari.

Hasil penelitian dari Mexico tahun 2015 menunjukkan rata-rata buangan limbah restoran adalah 40 kg/hari. Diestimasi bahwa jumlah rumah makan di ketiga wilayah tersebut mengalami peningkatan, sehingga pada tahun 2023 diperkirakan jumlah rumah makan sebanyak 1.254 buah. Sehingga, total limbah organik rumah makan yang dapat dihasilkan pada tahun 2023 sebesar 50.188 kg/hari. Sehingga, jika ditotal semuanya maka kapasitas pabrik yang akan digunakan berdasarkan jumlah bahan baku pada tahun 2023 yaitu sebesar 54.680 ton/tahun.

Proses Produksi biogas merupakan proses penguraian organik bahan organik oleh mikroba dilangsungkan dalam sebuah fermentor (digester) yang beroperasi secara kontinyu. Dimana limbah organik rumah makan dan limbah kotoran peternakan kambing akan diurai menjadi gas yang dibantu oleh bakteri biogas. Proses dilakukan dalam kondisi anaerob dengan waktu tinggal di dalam reaktor selama 35 hari.

## **1.3 Tinjauan Pustaka**

### **1.3.1 Kotoran Kering Kambing**

Limbah peternakan biasanya diartikan sempit berupa kotoran atau tinja dan urin ternak. Limbah adalah semua buangan yang bersifat padat, cair maupun gas. Limbah ternak yang terdiri dari kotoran kering kambing dan urin merupakan limbah ternak yang terbanyak dihasilkan oleh ternak ruminansia salah satunya adalah kambing. Kotoran ternak sangat baik

untuk digunakan sebagai bahan dasar pembuatan biogas, karena banyak mengandung unsur nitrogen. Ternak mempunyai pencernaan khusus yang menggunakan mikroorganisme dalam pencernaanya yang berfungsi untuk mencerna lignin dan selulosa dari rumput yang berserat tinggi, maka pada kotoran kering kambing ternak mempunyai kandungan selulosa yang tinggi.

### 1.3.2 Urin Kambing

Urin ternak dapat dijumpai dalam jumlah besar selain kotoran dari ternak. Urin dihasilkan oleh ginjal yang merupakan sisa hasil perombakan nitrogen dan sisa-sisa bahan dari tubuh yaitu, urea, asam urik dan kreatine hasil metabolisme protein. Urin juga berasal dari perombakan senyawa-senyawa sulphur dan fosfat dalam tubuh. Hasil analisis urin diperoleh kandungan bahan organik dan N urin cukup tinggi. Kandungan hara urin dari beberapa ternak dapat dilihat di Tabel 1.3 berikut ini.

Tabel 1.3. Kandungan Hara Urin Ternak

Sumber pukan	Kadar air	Bahan organik	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
Sapi	92	4,8	1,21	0,01	1,35	1,35
Kerbau	81	-	0,6	sedikit	1,61	Sedikit
Kambing	86,3	9,3	1,47	0,05	1,96	0,16
Babi	96,6	1,5	0,38	0,10	0,99	0,02
Kuda	89,6	8,0	1,29	0,01	1,39	0,45

Sumber: Anonim (1993)

Urin banyak mengandung N  $\pm$  10g/l, sebagian besar berbentuk urea. Urin juga mengandung sejumlah unsur-unsur mineral (S, P, K, Cl dan Na) dalam jumlah bervariasi tergantung jenis dan makanan ternak, keadaan

fisiologi dan iklim. Urin terdiri atas 90-95% air. Urea dalam urin adalah bahan padat utama yang umumnya >70% nitrogen dalam urin (Anonim, 1993).

### **1.3.3 Limbah Rumah Makan**

Limbah rumah makan termasuk ke dalam bagian sampah organik banyak di dominasi dari kebiasaan sehari-hari masyarakat seperti kegiatan memasak. Kandungan organik pada limbah padat dapur seperti sampah sayur dan nasi dapat menjadi sumber substrat bagi bakteri anaerobik, yang akan menghasilkan biogas sehingga dapat menjadi sumber energi alternatif dan terbarukan.

Menurut Djuarnani, dkk (1995), sampah organik yang dihasilkan dari aktivitas tumbuhan hasil pemeliharaan dan budi daya, dapur rumah tangga, pasar, mengandung lebih banyak bahan organik yang mudah membusuk, lembab, dan mengandung sedikit cairan. Karena banyak mengandung bahan organik, limbah ini dapat terdekomposisi secara cepat, terutama ketika cuaca hangat. Limbah ini dapat mengeluarkan bau busuk.

### **1.3.4 Pengertian Biogas**

Biogas merupakan sebuah gas yang dibuat melalui proses biologis dari material organik dengan bantuan suatu bakteri. Gas yang dihasilkan bersifat mudah terbakar. Proses degradasi material organik ini dilakukan tanpa melibatkan oksigen atau yang disebut dengan *anaerob digestion* dengan gas yang dihasilkan sebagian besar (lebih dari 50%) berupa gas metana. Kandungan gas lainnya dalam biogas adalah gas karbon dioksida

(CO<sub>2</sub>), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), amoniak (NH<sub>3</sub>), air (H<sub>2</sub>O) dan gas-gas lainnya. (Maynell, 1981). Pada Tabel 1.4. dibawah ini menunjukkan komposisi kandungan yang terdapat di dalam biogas.

Tabel 1.4. Komponen Senyawa pada Biogas

<b>Komponen</b>	<b>Konsentrasi</b>
Metana CH <sub>4</sub>	50 - 70 % vol
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	25 - 40 % vol
Air (H <sub>2</sub> O)	2 - 7 % vol (20 - 40 °C)
Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)	20 -20.000 ppm
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	< 2% vol
Oksigen (O <sub>2</sub> )	< 2% vol
Hidrogen (H <sub>2</sub> )	< 1% vol

Sumber: *Kaltschmitt dan Hartmann, 2001*

Biogas yang dihasilkan oleh aktifitas anaerobik digunakan untuk mengolah limbah *biodegradable* karena bahan bakar dapat dihasilkan, sambil menghancurkan bakteri patogen di dalamnya dan sekaligus mengurangi volume limbah buangan. Metana dalam biogas, bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada batubara. Biogas juga menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Pemanfaatan biogas memegang peranan penting dalam manajemen limbah karena metana merupakan gas rumah kaca yang lebih berbahaya dalam pemanasan global bila dibandingkan dengan karbon dioksida. Karbon dalam biogas merupakan karbon yang diambil dari atmosfer oleh fotosintesis tanaman, sehingga bila dilepaskan lagi ke atmosfer tidak akan

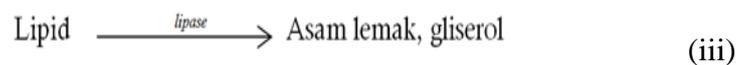
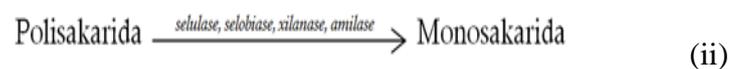
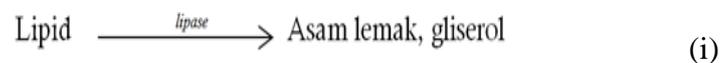
menambah jumlah karbon diatmosfer bila dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar fosil (Hanifah, 1999).

### 1.3.5 Proses Pembentukan Biogas

Proses penguraian oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik terjadi secara anaerob. Proses anaerob adalah proses biologi yang berlangsung pada kondisi tanpa oksigen oleh mikroorganisme tertentu yang mampu mengubah senyawa organik menjadi metana (biogas). Berikut ini adalah tahap-tahap dalam proses fermentasi anaerob:

#### a) Hidrolisis

Pada tahap hidrolisis ini, kompleks bahan organik (polimer) didekomposisi menjadi unit yang lebih kecil (mono dan oligo). Selama proses tersebut, polimer seperti karbohidrat, lipid, asam nukleat dan protein diubah menjadi glukosa, gliserol, purin dan pirimidin. Mikroorganisme hidrolitik akan mensekresi enzim hidrolitik, mengubah polimer menjadi senyawa sederhana berdasarkan persamaan seperti yang ditunjukkan dibawah ini :



Proses hidrolisis membutuhkan mediasi *exo-enzim* yang diekskresi oleh bakteri fermentatif. Produk yang dihasilkan dari proses hidrolisis lebih lanjut diuraikan oleh mikroorganisme yang terlibat dan digunakan

untuk proses metabolisme mereka sendiri. Walaupun demikian proses penguraian anaerobik sangat lambat dan menjadi terbatas dalam penguraian limbah selulolitik yang mengandung lignin. Pada proses ini, bakteri pengurai asam menguraikan senyawa glukosa sesuai dengan reaksi berikut (Sunarso, 2010).

Tahap hidrolisis merupakan proses perombakan bahan organik oleh mikrobial fermentasi yang terdiri dari mikrobial *selulolitik*, *hemiselulolitik*, *amilolitik*, *lipolitik* dan *proteolitik* yang mampu merombak karbohidrat kompleks termasuk selulosa (Sunarso, 2010).

#### b) Asidogenesis

Selama proses asidogenesis, produk hidrolisis dikonversi oleh bakteri asidogenik menjadi substrat metanogen. Gula sederhana, asam amino, dan asam lemak terdegradasi menjadi asetat, karbondioksida dan hidrogen (70%) serta menjadi *Volatile Fatty Acid* (VFA) dan alkohol (30%) (Ismayana, 2012).



#### c) Asetogenesis

Tahap asetogenesis yaitu hasil dari tahap hidrolisis dikonversi menjadi hasil akhir bagi produksi metana, yaitu berupa asetat, hidrogen, dan karbondioksida yang dilakukan oleh mikrobial asetogenik. Pembentukan asam asetat kadang-kadang disertai dengan pembentukan

karbondioksida atau hidrogen, tergantung kondisi oksidasi dari bahan organik aslinya (Sunarso, 2010).



#### d) Metanogenesis

Produksi metana dan karbondioksida dari produk antara dilakukan oleh bakteri metanogen, 70% dari metana yang terbentuk berasal dari asetat, sedangkan 30% sisanya dihasilkan dari konversi hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), dengan persamaan berikut :



Metanogenesis bukanlah proses dekomposisi yang sempurna karena biasanya hanya asam-asam organik yang dirombak sekitar 60 sampai 70 %. Menurut Sutariningsih dan Yuni (1989), mikrobia penghasil gas metana yang mendominasi metanogenesis adalah *Metanobacterium*, *Methanococcus*, *Methanobacillus*, *Methanosarcina* dan *Methanospirilus* sedangkan yang menggunakan substrat asetat adalah *Metanobacterium suhngeniei*, *Metanobacterium mesei*, *Metanobacterium metanaica*, dan *Metanobacterium karkerii*.

### 1.3.6 Faktor yang Mempengaruhi Biogas

Aktivitas mikroba di dalam bioreaktor membutuhkan kesesuaian kondisi operasional. Kondisi operasional tersebut harus terpantau dan

terpelihara secara berkala dalam rentang atau kisaran yang optimal. Hal ini dikarenakan mikroba pembentuk metana sangat sensitif terhadap berbagai perubahan kondisi operasional tersebut. Faktor-faktor yang berpengaruh dijelaskan di bawah ini.

a. C/N rasio

Proses anaerobik akan optimal bila diberikan bahan makanan yang mengandung karbon dan nitrogen secara bersamaan. Mikroorganisme membutuhkan nitrogen dan karbon untuk proses asimilasi. Akan tetapi, bila terlalu banyak karbon, nitrogen akan habis terlebih dahulu. Hal ini akan menyebabkan proses berjalan dengan lambat sedangkan bila nitrogen terlalu banyak, maka karbon akan habis lebih dulu dan proses fermentasi berhenti.

$$C/N \text{ rerata} = \sum \frac{\text{massa } C/N \text{ } i}{\text{massa total}}$$

Syarat optimum untuk proses biogas adalah C/N 25-30. Apabila C/N terlalu tinggi, nitrogen akan dikonsumsi dengan cepat oleh bakteri *metanogenik* untuk pertumbuhannya dan hanya sedikit yang bereaksi dengan karbon akibatnya gas yang dihasilkan rendah. Sebaliknya jika C/N rendah, nitrogen akan dibebaskan dan berakumulasi dalam bentuk amoniak (NH<sub>4</sub>) sehingga pH > 8,5 yang menyebabkan berkurangnya bakteri *metanogenik* Rasio Karbon dan Nitrogen (C/N) dari beberapa bahan (Ismayana, 2012). Selain itu, salah satu cara menentukan bahan organik yang sesuai untuk menjadi bahan masukan sistem Biogas adalah dengan mengetahui perbandingan Karbon (C) dan Nitrogen (N) atau disebut rasio C/N.

Jumlah rasio C/N dari beberapa bahan-bahan organik dapat dilihat pada Tabel 1.5 dibawah ini.

Tabel 1.5. Jumlah Rasio C/N dari Beberapa Bahan

No.	Kotoran dari	Rasio C/N
1.	Kotoran bebek	8
2.	Kotoran manusia	8
3.	Kotoran ayam	10
4.	Kotoran kambing	12
5.	Kotoran babi	18
6.	Kotoran domba	19
7.	Kotoran sapi/kerbau	24
8.	Sampah makanan	30
9.	Kotoran gajah	43
10.	Urin Kambing	3
11.	Jerami padi	70
12.	Jerami gandum	90
13.	Serbuk gergaji	> 200

Sumber : Ismayana, 2012

#### b. Nilai pH Awal

Derajat keasaman dari bahan didalam digester merupakan salah satu indikator bagaimana kerja digester. Derajat keasaman dapat diukur dengan pH meter atau kertas pH. Nilai pH yang dibutuhkan untuk digester antara 7 - 8,5. Bila proses tidak dimulai dengan membibitkan bakteri methan, seperti memasukkan kotoran hewan ke dalam kolam, kondisi buffer tidak akan tercipta.

Pertumbuhan bakteri penghasil gas metana akan baik bila pH bahannya pada keadaan alkali (basa). Bila proses fermentasi berlangsung dalam keadaan normal dan anaerobik, maka pH akan secara otomatis berkisar antara 7-8,5. Bila derajat keasaman lebih kecil atau lebih besar dari batas, maka bahan tersebut akan mempunyai sifat *toksik* terhadap bakteri metanogenik. (Buyukkamaci dan Filibeli, 2004)

c. Temperatur ( T )

Gas metana dapat diproduksi pada tiap *range* temperatur sesuai dengan bakteri yang hadir. Pada Tabel 1.6. menunjukkan *range* suhu dimana bakteri tertentu dapat hidup pada suhu-suhu tertentu.

Tabel 1.6. Range Suhu untuk Bakteri Metana

<b>Bakteri Methana</b>	<b>Temperatur ( °C )</b>
<i>Psyhrophilic</i>	0 - 7
<i>Mesophilic</i>	13 - 40
<i>Thermopilic</i>	55 - 60

Temperatur yang optimal untuk digester adalah temperatur 30-35°C. Temperatur yang tinggi (*thermophilic*) jarang digunakan karena sebagian besar bahan sudah dicerna dengan baik pada temperatur *mesophilic*, selain itu bakteri *thermophilic* mudah mati karena perubahan temperatur. (Bitton, 1994). Bakteri *mesophilic* adalah bakteri yang mudah dipertahankan pada kondisi buffer yang mantap (*well buffered*) dan dapat tetap aktif pada perubahan temperatur yang kecil, khususnya bila perubahan berjalan perlahan. Pada proses biometanisasi yang harus diperhatikan adalah perubahan temperatur, karena proses tersebut

sangat sensitif terhadap perubahan temperatur. Perubahan temperatur tidak boleh melebihi batas temperatur yang diijinkan. Untuk bakteri *psychrophilic* selang perubahan temperatur berkisar antara 2 °C/ jam, bakteri *mesophilic* 1°C/jam dan bakteri *thermophilic* 0.5°C/jam.

d. Kadar VS dan TS

Konsentrasi ideal padatan untuk memproduksi biogas adalah 7-11%. Pengukuran kadar *Volatile Solid* (VS) dan *Total Solid* (TS) diperlukan untuk mengetahui seberapa banyak substrat yang digunakan dan degradasi sumber karbon. *Total Solid Content* (TS) adalah jumlah materi padatan yang terdapat dalam limbah pada bahan organik selama proses digester terjadi dan ini mengidentifikasi laju penghancuran material padatan limbah organik. *Total solid* (TS) dan *Volatile Solid* (VS) dapat dihitung dengan metode gravimetrik sesuai metode *standard APHA 1998*.

e. Pengadukan

Pengadukan bertujuan untuk menghomogenkan bahan baku pembuatan biogas karena pada saat pencampuran dilakukan, bahan-bahan tersebut tidak tercampur dengan baik dan merata. Pengadukan dapat dilakukan sebelum dimasukkan ke dalam bioreaktor atau ketika sudah berada di dalam bioreaktor.

## **BAB II**

### **PERANCANGAN PRODUK**

#### **2.1 Spesifikasi Produk**

##### **2.1.1 Biogas**

Terdapat tiga kandungan gas yang terdapat pada produk biogas sebagai hasil akhir pengolahan di pabrik biogas ini yaitu sebagai berikut:

###### **a. Gas Metana (CH<sub>4</sub>)**

Kandungan CH<sub>4</sub> : 52,95 %

Berat Molekul : 16,043 g/mol

Temperatur kritis : -82,7 °C

Tekanan kritis : 45,96 bar

Fasa padat

- Titik cair : -182,5 °C
- Panas laten : 58,68 kJ/kg

Fasa cair

- Densitas cair : 500 kg/m<sup>3</sup>
- Titik didih : -161,6 °C
- Panas laten uap : 510 kJ/kg

Fasa gas

- Densitas gas : 0,717 kg/m<sup>3</sup>

- Faktor kompresi : 0,998
- Spesifik graviti : 0,55
- Spesifik volume : 1,48 m<sup>3</sup>/kg
- CP : 0,035 kJ/mol.K
- CV : 0,027 kJ/mol.K
- Viskositas : 0,0001027 poise
- Kelarutan : 0,054 vol/vol

(Wikipedia, 2010)

**b. Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)**

Kandungan CO<sub>2</sub> : 40,42 %

Berat Molekul : 44,01 g/mol

Temperatur kriti : 31°C

Tekanan kritis : 73,825 bar

Densitas kritis : 464 kg/m<sup>3</sup>

Fasa padat

- Densitas padat : 1.562 kg/m<sup>3</sup>
- Panas laten : 196,104 kJ/kg

## Fasa cair

- Densitas cair : 1.032 kg/m<sup>3</sup>
- Titik didih : -78,5 °C
- Panas laten uap : 571,08 kJ/kg
- Tekanan uap : 58,5 bar

## Fasa gas

- Densitas gas : 2,814 kg/m<sup>3</sup>
- Spesifik graviti : 1,521
- Spesifik volume : 0,547 m<sup>3</sup>/kg
- CP : 0,037 kJ/mol.K
- CV : 0,028 kJ/mol.K
- Viskositas : 0,0001372 poise
- Kelarutan : 1,7163 vol/vol

(Lide, 2005)

**c. Hidrogen Sulfida (H<sub>2</sub>S)**

- Kandungan H<sub>2</sub>S : 0,03 %
- Berat molekul : 34 g/mol
- Temperatur kritis : 99,95°C
- Tekanan kritis : 90atm

Densitas kritis : 347,28 kg/m<sup>3</sup>

#### Fasa cair

- Densitas cair : 949,2 kg/m<sup>3</sup>
- Titik didih : -60,3°C (1 atm)
- Panas laten uap : 546,41 kJ/kg
- Tekanan uap : 18,266 atm

#### Fasa padat

- Titik Leleh : -85,7 °C
- Panas Laten : 69,731 kJ/kg

#### Fasa gas

- Densitas gas : 1,997 kg/m<sup>3</sup>
- Faktor kompresi : 0,99148
- Spesifik gravity : 1,19
- Spesifik volume : 0,7126 m<sup>3</sup>/kg
- C<sub>P</sub> : 0,0346 kJ/mol.°K
- C<sub>V</sub> : 0,026 kJ/mol.°K
- Viskositas : 0,00011298 Poise
- Kelarutan : 4,67 vol/vol

(Gas *Encyclopedia*, 2010)

### 2.1.2 Pupuk Padat Organik

C-Organik	: 15,45 %
C/N	: 8 – 18,40
pH	: 7,5 - 8
Nutrisi Makro	
N	: 1,39 – 2,05 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	: 0,24 – 2,70 %
K <sub>2</sub> O	: 0,02 – 0,58 %
Ca	: 13.934,89 – 28.300 ppm
Mg	: 800 – 6.421,06 ppm
S	: 1,74 %
Nutrisi Mikro	
Fe	: 3,15 - 23 ppm
Mn	: 132,50 – 1.950 ppm
Cu	: 9 – 36,23 ppm
Zn	: 80 ppm
Co	: 35 ppm
Mo	: 29,69 – 3.223 ppm
B	: 243,75 – 665

(Pengelolaan dan Pemanfaatan *Bio-Slurry*, 2013)

## 2.2 Spesifikasi Bahan

### 2.2.1 Sampah Organik

*Biodegradable organic* : 69,60 %

Densitas	:195,6 kg/m <sup>3</sup>
<i>Water</i>	: 84,83 % <i>weight</i>
<i>Total solid</i>	: 11,67 % <i>weight</i>
Ash	: 11,91 % <i>dry basis</i>
<i>Volatile solid</i>	: 88,09 % <i>dry basis</i>
<i>Volatile matter</i>	: 64,64 % <i>dry basis</i>
<i>Fixed Carbon</i>	: 6,89 % <i>dry basis</i>
C/N	: 30
Karbohidrat	: 60 % Vs
Protein	: 22 % Vs
Lemak	: 18 % Vs
pH	: 4,83

(*Gunamantha et al.*, 2012 dan *Kasam et al.*, 2013)

### **2.2.2 Kotoran Kambing**

Densitas	:1001,15 kg/m <sup>3</sup>
pH	: 7,6
C/N	: 12
<i>Total solid</i>	: 24,04 % <i>weight</i>
Ash	: 7,74 % <i>dry basis</i>
<i>Volatile solid</i>	: 17,73 % <i>dry basis</i>

*Water* : 75,96 % *weight*

Sifat Kimia : Larut dalam air  
pH sedikit basa  
Bersifat korosi

(*Barker, J.C. dan F.R. Walls, 2002*)

### 2.2.3 Urin Kambing

Densitas : 1030 kg/m<sup>3</sup>

*Total solid* : 0,99 % *weight*

Ash : 1,37 % *dry basis*

*Volatile solid* : 0,18 % *dry basis*

*Water* : 99,01 % *weight*

C/N : 3

pH : 7,6

Sifat Kimia : Larut dalam air  
pH sedikit basa  
Bersifat korosi

(*Martin, Benjamin, 1747*)

## 2.3 Spesifikasi Bahan Penunjang

### 2.3.1 Kalsium Oksida (CaO)

Fungsi : sebagai *alkali treatment* untuk  
menonaktifkan aktivitas bakteri

metanogenesis dan sebagai agen penetral  
pH

Berat molekul	: 58,08 gr/mol
Titik lebur	: 2572 °C
Kelarutan dalam air	: 1,19 gr/L pada 25 °C
Densitas	: 3,34 gr/cm <sup>3</sup>
Specific Gravity	: 3,33 (Water = 1)
Kelarutan	: Sangat sedikit larut dalam air dingin, air panas. Tidak larut dalam alkohol. Tidak larut dalam metanol, dietil eter, n-oktanol. Larut dalam asam, gliserol, larutan gula. Padatan putih Tidak berbau

(MSDS ScienceLab, 2013 ; Wikipedia, 2018)

### 2.3.2 Air (H<sub>2</sub>O)

Fungsi	: sebagai absorben gas karbondioksida (CO <sub>2</sub> ) di dalam kolom absorber.
Berat molekul	: 18,016 gr/gmol
Titik lebur	: 0 °C (1 atm)
Titik didih	: 100 °C (1 atm)
Densitas	: 1 gr/ml (4 °C)
Spesifik graviti	: 1,00 (4 °C)

Viskositas : 0,8949 cP

Kapasitas panas : 1 kal/gr

Panas pembentukan : 80 kal/gr

Panas penguapan : 540 kal/gr

Temperatur kritis : 374 °C

Tekanan kritis : 217 atm

(MSDS ScienceLab, 2012)

## **2.4 Pengendalian Kualitas**

### **2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku**

Pengendalian kualitas dari bahan baku digunakan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang akan digunakan, sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses atau belum. Sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku yang berupa sampah organik dan kotoran kambing, urin kambing dan bahan-bahan pembantu berupa inokulum dengan tujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses di dalam pabrik. Uji kualitas yang dilakukan adalah uji densitas, pH, viskositas, volatilitas, kadar komposisi komponen, kemurnian bahan baku.

### **2.4.2 Pengendalian Kualitas Proses**

Pengendalian kualitas proses meliputi alat sistem kontrol dan aliran sistem kontrol.

## 1. Alat Sistem Kontrol

- a. Sensor, digunakan untuk identifikasi variabel-variabel proses. Alat yang digunakan manometer untuk sensor aliran fluida, tekanan dan level, *termocouple* untuk sensor suhu.
- b. *Controller* dan Indikator, meliputi level indikator dan *control*, *temperature indicator control*, *pressure control*, *flow control*.
- c. *Actuator* digunakan untuk *manipulate* agar variabelnya sama dengan variabel *controller*. Alat yang digunakan *automatic control valve* dan *manual hand valve*.

## 2. Aliran Sistem Kontrol

- a. Aliran *pneumatis* (aliran udara tekan) digunakan untuk valve dari *controller* ke *actuator*.
- b. Aliran *electric* (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*.
- c. Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan level) digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

### 2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk

Mutu Produk standar yang berkualitas dan layak dipasarkan dapat diperoleh dengan menggunakan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan menggunakan *system control*. Uji densitas, viskositas, volatilitas, kemurnian produk, dan komposisi komponen produk digunakan untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada.

## **BAB III**

### **PERANCANGAN PROSES**

#### **3.1 Uraian Proses**

Kotoran kering kambing dan sampah sisa makanan rumah makan diangkut dengan menggunakan truk pengangkut yang tertutup menuju ke bak penampungan BP-01 (sampah makanan) dan BP-02 (kotoran kering kambing) yang dapat digunakan untuk persediaan 7 hari. Sistem pengumpulan bahan baku dilakukan dengan langkah awal melakukan sosialisasi di setiap peternakan kambing dan rumah makan yang akan digunakan sebagai bahan baku pabrik, lalu setiap 7 hari sekali diambil dengan menggunakan truk pabrik.

Selama ditampung dilakukan proses pemisahan secara manual dengan menggunakan tongkat penjepit sampah oleh pekerja manusia, yang bertujuan untuk memisahkan sampah anorganik yang ada pada sampah makanan. Sedangkan urin diangkut dengan truk bertangki menuju ke tangki penyimpanan (T-01). Kemudian, untuk sampah makanan sebelum masuk ke mixer (M), terlebih dahulu di hancurkan dengan menggunakan alat penghancur yaitu *shredder*. Sampah makanan diangkut menggunakan buldoser masuk ke *shredder* dan kemudian hasil keluaran dari *shredder* diangkut menggunakan *bucket elevator* (BE-01) menuju tangki *mixer* (M)

Semua bahan tersebut dimasukkan ke dalam *mixer* (M) dan ditambahkan air hingga kadar kering bahan menjadi sekitar 7% - 11%, serta ditambahkan serbuk CaO yang bertujuan sebagai penetral pH selama proses. Semua bahan

tersebut diangkat dengan bantuan alat *bucket elevator* (BE-01 dan BE-02) dan untuk urin menggunakan pompa tipe *screw pump* (P-01). Tujuan dimasukan ke dalam *mixer* (M) agar semua bahan dapat bercampur secara homogen. Setelah semua bahan tercampur, maka umpan dari *mixer* masuk menuju ke *digester* atau reaktor biogas (R) yang dialirkan dengan bantuan *screw pump* (P-02), serta ditambahkan inokulum yang berguna sebagai bakteri selama proses fermentasi berlangsung. Penambahan inokulum hanya dilakukan sekali saja, karena bakteri akan berkembang dengan sendirinya. Apabila, hasil gas menurun inokulum dapat ditambahkan kembali.

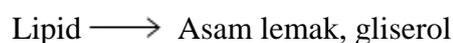
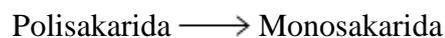
Umpan yang berada di dalam reaktor biogas (R) akan mengalami proses *dark fermentation* yaitu proses anaerobik yang menghasilkan biogas. Selama proses *dark fermentation* tidak ada udara luar yang masuk ke dalam reaktor dan harus dilakukan proses pengadukan secara konsisten. Alat pengadukan yang digunakan yaitu berupa *screw pump* yang diletakan dibagian luar reaktor, alasan menggunakan pompa sebagai pengaduk yaitu agar umpan masuk baru dapat tercampur dengan umpan lama yang sudah ada di dalam reaktor. Kondisi operasi selama proses fermentasi yaitu suhu *mesofilik* (diambil suhu 35°C), tekanan atmosferik untuk fase *slurry*, rata-rata waktu tinggal (HRT) 35 hari serta mengatur keadaan pH menjadi 7 agar bakteri metanogenesis dapat berkembang dan menghasilkan biogas. Karena suhu yang masuk ke dalam reaktor belum mencapai suhu 35 °C maka dibutuhkan alat pemanas berupa koil pemanas yang dialirkan *steam panas* agar dapat mencapai suhu yang diinginkan. Keadaan operasi di reaktor bersifat eksotermis.

Pada reaktor akan terjadi beberapa tahapan fermentasi anaerob yaitu tahapan hidrolisis berupa dekomposisi bahan-bahan organik, tahapan asidogenesis dan asetogenesis terjadi pembentukan asam serta tahapan terakhir yaitu metanogenesis dimana terjadinya pembentukan metana yang dibantu oleh bakteri metanogen. Pada tahapan metanogenesis, asam-asam yang dihasilkan dari tahapan sebelumnya dirubah menjadi metana dengan bantuan bakteri.

Reaksi yang terjadi di dalam reaktor :



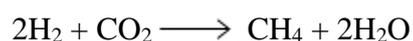
1. Proses Hidrolisis:



2. Proses Asidogenesis



3. Proses Metanogenesis



Berdasarkan perhitungan dari metode Buswell, biogas yang terbentuk terdiri dari CH<sub>4</sub> 52,95 %, CO<sub>2</sub> 40,42 %, H<sub>2</sub>S 0,03 %, NH<sub>3</sub> 6.30 %, dan H<sub>2</sub>O 0.95%. Gas yang terbentuk sesuai dengan reset-reset terdahulu, dimana gas

CH<sub>4</sub> dihasilkan sekitar 50% - 75%. Fase gas hasil reaksi dari reaktor (R) keluar dengan suhu yang sama dan tekanan di atur menjadi 4 atm serta harus dijaga tetap dengan *temperature indicator control* dan *pressure control* untuk mencegah reaksi melewati *range* suhu dan tekanan yang diijinkan.

Gas keluar reaktor masuk ke unit pemisahan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S yaitu ke *Absorber* (AB). Tujuannya untuk memisahkan sebagian besar gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S, agar hasil biogas lebih bagus. Alat *absorber* (AB) beroperasi pada tekanan 2 atm dan temperatur 35°C. Proses pemisahan dilakukan dengan menggunakan larutan *solvent* berupa air (H<sub>2</sub>O). Pada *absorber* (AB) ini, campuran gas keluar dari reaktor dialirkan menuju bagian bawah tangki *absorber*. Kemudian, dari bagian atas di aliri air seperti hujan yang akan menyerap gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S karena memiliki nilai kelarutan terhadap air yang tinggi. Tangki *absorber* diatur agar dapat mengabsorpsi gas CO<sub>2</sub> sebanyak 85 % dan H<sub>2</sub>S sebanyak 37 %. Di dalam *absorber* gas-gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S akan berikatan dengan larutan H<sub>2</sub>O yang kemudian akan terlarut bersama dengan air menuju bawah tangki absorber. Hasil bawah absorber kemudian diolah pada unit utilitas dan kembali menuju bagian atas *absorber*. Gas hasil reaksi dari absorber keluar dari bagian atas *absorber* dengan temperatur 35°C dan tekanan 2 atm.

Gas yang keluar dari *absorber* (AB), kemudian masuk ke dalam *separator* (SP) agar gas dan cairan yang masih tersisa dapat terpisah. Keluar dari separator gas di kompres hingga tekanan dari 2 atm menjadi 200 atm dengan menggunakan *compressor* (C) terlebih dahulu sebelum masuk ke tangki

penyimpanan produk yang berbentuk bola (T-02). Tujuannya untuk menaikkan tekanan pada gas. Setelah itu, gas CH<sub>4</sub> yang dihasilkan akan dimasukkan ke dalam tabung-tabung kecil agar dapat digunakan oleh masyarakat sebagai bahan bakar masak. Sedangkan untuk keluaran bawah *absorber* dan *separator* akan diolah di unit pengolahan limbah (UPL).

Hasil keluaran bawah reaktor biogas (R) masih mengandung substrat organik yang masih dapat dimanfaatkan kembali. Oleh karena itu lebih efisien jika hasil keluaran reaktor digunakan sebagai bahan pembuat pupuk organik padat. Dimana, sisa *slurry* tersebut kemudian dialirkan menggunakan *screw pump* (P-03) menuju ke *centrifuge* agar dapat dipisahkan kandungan cairan dan padatannya, dimana di dalam *centrifuge* *slurry* masuk ke *nozzle* kemudian *nozzle* berputar dengan gaya sentrifugal sehingga padatan dan cairan dapat terpisah. Setelah terpisah, padatan ditampung di bak penampung (BP-03) pupuk. Sedangkan hasil cairan yang sebagian besar mengandung air diolah pada unit pengolahan limbah (UPL). Sehingga, dapat digunakan kembali. Namun, perlu dilakukan beberapa *treatment* khusus karena mengandung senyawa NH<sub>3</sub> yang berbahaya untuk lingkungan. Salah satu *treatment* yang dilakukan dengan penambahan bahan kimia berupa *Calcium Hypo Clodire* yang di sertai dengan *aerasi* untuk menghilangkan bahan-bahan organik seperti ammoniak dan nitrit serta untuk menghilangkan bakteri-bakteri patogen di dalam air.

### 3.2 Spesifikasi Alat

#### 1. *Shredder*

Fungsi : Menghancurkan sampah sisa makanan agar lebih halus.

Jenis : *Organic Waste Shredder*

Bahan : *Carbon Steel*

Kondisi operasi : Temperatur = 27 °C

Tekanan = 1 atm

Spesifikasi alat : Kapasitas = 2071,20 kg/jam

Diameter = 9,45 in = 0,24 m

Kecepatan = 41 rpm

Daya = 11 kW

Dimensi mesin : Panjang = 2,7 m

Lebar = 1 m

Tinggi = 1,3 m

Harga : US\$ 14,000

#### 2. **Bak Penampung Sampah Sisa Makanan Rumah Makan (BP-01)**

Fungsi : Menampung sampah sisa makanan restoran.

Bentuk : Bak persegi panjang dengan tutup

Bahan konstruksi : Beton kedap air

Waktu penyimpanan : 7 hari

Jumlah : 1

Ukuran : Volume = 1.956,83 m<sup>3</sup>

Panjang	= 19,86 m
Lebar	= 9,93 m
Tinggi	= 9,93 m
Luas	= 985,56 m <sup>2</sup>

Harga : US\$ 10,312

### 3. Bak Penampung Kotoran Kering Kambing (BP-02)

Fungsi : Menampung kotoran kering kambing.

Bentuk : Bak persegi panjang tanpa tutup

Bahan konstruksi : Beton kedap air

Waktu penyimpanan : 7 hari

Jumlah : 1

Ukuran : Volume = 382,32 m<sup>3</sup>

Panjang = 11,52 m

Lebar = 5,76 m

Tinggi = 5,76 m

Luas = 331,84 m<sup>2</sup>

Harga : US\$ 3,559

### 4. Bin CaO

Fungsi : Menampung batu kapur sebelum masuk ketangki mixer (M-0)

Bentuk : tangki silinder dengan tutup bawah berbentuk conis dengan sudut 60<sup>0</sup> dan tutup atas berbentuk flat.

Bahan : *Stainless steel SA-240 Grade M tipe 316*  
Jumlah : 1  
Waktu penyimpanan : 60 hari  
Kondisi Operasi : Suhu : 27 °C  
Tekanan : 1 atm  
Dimensi : Diameter = 1,016 m  
Tinggi bin = 0,1934 m  
Tinggi tutup bawah = 0,0708 m  
Harga : US\$ 804

#### **5. Tangki Penyimpanan Urin Kambing (T-01)**

Fungsi : Tempat penyimpanan urin kambing  
Bentuk : Tangki silinder tegak dengan tutup  
Waktu penyimpanan : 7 hari  
Jumlah : 1 buah  
Kapasitas : 2761,59 kg/jam  
Kondisi Operasi : Suhu : 27 °C  
Tekanan : 1 atm  
Dimensi : Diameter = 4,57 m  
Tinggi = 3,66 m  
Bahan Kontruksi : *Stainless steel SA-167 tipe 304*  
Harga : US\$ 5,581

**6. Bucket Elevator 1 (BE-01)**

Fungsi	: Mengangkut sampah makanan dari <i>shredder</i> menuju ke tangki <i>Mixer</i> (M)
Jenis	: <i>Bucket Elevator</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel</i>
Tinggi	: 6,1004 m
Kecepatan	: 7,6338 rpm
Daya	: 0,0833 Hp
Harga	: US\$ 11,161

**7. Bucket Elevator 2 (BE-02)**

Fungsi	: Mengangkut kotoran kering kambing dan CaO dari tempat penyimpanan menuju ke tangki <i>Mixer</i> (M)
Jenis	: <i>Bucket Elevator</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel</i>
Tinggi	: 6,1004 m
Kecepatan	: 7,6429 rpm
Daya	: 0,0833 Hp
Harga	: US\$ 11,161

**8. Pompa 1 (P-01)**

Fungsi	: Untuk memompa urin menuju <i>Mixer</i> (M)
Jenis	: <i>Screw Pump</i>
Jumlah	: 2
Laju Alir Volumetrik	: 2761,59 m <sup>3</sup> /jam

Spesifikasi pipa	: <i>Schedule</i> pipa ( Sch N)	= 40
	Diameter luar (OD)	= 1,66 in
	Diameter dalam (ID)	= 1,38 in
	Luas penampang dalam (at)	= 1,5 in <sup>2</sup>
	Kecepatan linear	= 3,0299 ft/s
	Panjang pipa total	= 20 m
Total head	: 31,6720 ft	
Motor penggerak	: 2 HP	
Bahan penggerak	: <i>Commercial steel</i>	
Harga	: US\$ 1,141	

### 9. Pompa 2 (P-02)

Fungsi	: Untuk memompa umpan dari <i>mixer</i> (M) menuju ke reaktor (R)
Jenis	: <i>Screw Pump</i>
Jumlah	: 2
Laju Alir Volumetrik	: 7641,81 m <sup>3</sup> /jam
Spesifikasi pipa	: <i>Schedule</i> pipa ( Sch N) = 40
	Diameter luar (OD) = 3,5 in = 0,089 m
	Diameter dalam (ID) = 3,068 in = 0,078 m
	Luas penampang dalam (at) = 3,35 in <sup>2</sup>
	Kecepatan linear = 3,6887 ft/s
	Panjang pipa total = 6 m
Total head	: 0,3970 ft = 0,121 m

Motor penggerak : 0.05 HP  
 Bahan penggerak : *Commercial steel*  
 Harga : US\$ 1,150

### 10. Pompa 3 (P-03)

Fungsi : Untuk memompa umpan dari Reaktor (R) menuju  
 ke *centrifuge*  
 Jenis : *Screw Pump*  
 Jumlah : 2  
 Laju Alir Volumetrik : 7462,77 m<sup>3</sup>/jam  
 Spesifikasi pipa : *Schedule* pipa ( Sch N) = 40  
 Diameter luar (OD) = 3,5 in = 0,089 m  
 Diameter dalam (ID) = 3,068 in = 0,078 m  
 Luas penampang dalam (at) = 3,35 in<sup>2</sup>  
 Kecepatan linear = 3,6022 ft/s  
 Panjang pipa total = 12 m  
 Total head : 17,3499 ft = 5,2880 m  
 Motor penggerak : 0.75 HP  
 Bahan penggerak : *Commercial steel*  
 Harga : US\$ 1,150

### 11. Barscreen Urin (SB-01)

Fungsi : Menyaring partikel-partikel padat yang besar  
 Jenis : *Barscreen*  
 Jumlah : 1

Bahan	: <i>Carbon steel</i>	
Jumlah batang	: 40	
Cd	: 0,6	
Slope	: 30	
Lebar bar	: 5 mm	= 0,005 m
Tebal bar	: 20 mm	= 0,02 m
Bar Clear spacing	: 30 mm	= 0,03 m
Panjang Screen	: 2 m	
Lebar Screen	: 2 m	
Luas bukaan	: 61,2 m <sup>2</sup>	
Harga	: US\$ 2,193	

## 12. Barscreen Shredder (SB-02)

Fungsi	: Menyaring partikel-partikel padat yang besar	
Jenis	: <i>Barscreen</i>	
Jumlah	: 2	
Bahan	: <i>Carbon steel</i>	
Jumlah batang	: 31	
Cd	: 1,15	
Slope	: 30	
Lebar bar	: 10 mm	= 0,01 m
Tebal bar	: 25 mm	= 0,025 m
Bar Clear spacing	: 40 mm	= 0,04 m
Panjang Screen	: 2 m	

Lebar Screen	: 2 m
Luas bukaan	: 81,24 m <sup>2</sup>
Harga	: US\$ 4,286

### 13. Tangki Mixer (M)

Fungsi	: Tempat mencampur bahan baku utama dengan air dan CaO	
Jenis	: Tangki Berpengaduk	
Bahan	: <i>Stainless Steel SA 167 grade 10 tipe 310</i>	
Jumlah	: 1 unit	
Jenis Head	: <i>Torisperichal dished head</i>	
Fase	: Padat, Cair, Gas	
Kondisi Operasi	Suhu	= 35°C
	Tekanan	= 1 atm
	Waktu tinggal( $\tau$ )	= 24 jam
Spesifikasi Mixer	Kapasitas	= 7641,809 m <sup>3</sup>
	Diameter	= 3,048 m
	Tinggi	= 5,4864 m
	Tebal <i>Shell</i>	= 0,1875 in
	Tebal <i>Head</i>	= 0,25 in
	Tebal <i>Bottom Flat</i>	= 0,25 in
Pengaduk	Jenis	= <i>Curved Blade Turbines Impeller with disk</i>
	Jumlah <i>baffle</i>	= 4 buah

Daya Motor = 25 HP

Harga : US\$ 442,118

#### 14. Reaktor Biogas (R)

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi pembentukan biogas dari proses fermentasi

Jenis : *Continuous Stirred Tank Reactor*

Bahan : *Stainless Steel SA 167 grade 10 tipe 310*

Jumlah : 1 unit

Jenis *Head* : *Torispherical dished head*

Fase : Padat, Cair, Gas

Kondisi Operasi : Suhu = 35 °C

Tekanan = 1 atm

Waktu tinggal cairan ( $\tau$ ) = 35 hari

Waktu tinggal gas ( $\tau$ ) = 2 hari

Reaksi = Eksotermis

Spesifikasi reaktor : Kapasitas = 11.831 m<sup>3</sup>

Diameter = 18,29 m

Tinggi = 7,32 m

Tebal *Shell* = 0,625 in

Tebal *Head* = 0,625 in

Pengaduk : Jenis = *Screw pump*

Jumlah pompa = 2 buah

Daya Motor = 0,33 HP

Koil Pemanas : *Overall cleancoefisien (Uc)*  
 $= 5302,8452 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F}$   
 koefisien perpindahan panas desain *overall*  
 $= 192,7310 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F}$   
 luas perpindahan panas (A)  $= 37,73 \text{ ft}^2$   
 Jumlah putaran  $= 25$  putaran  
 Panjang koil  $= 1148 \text{ m}$

Harga : US\$ 493,582

### 15. *Blower (B)*

Fungsi : Untuk mengalirkan gas produk reaktor biogas (R)  
 ke absorber  $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{CO}_2$

Jenis : *Blower Centrifugal*

Bahan : *Cast Iron*

Suhu Operasi :  $35^\circ\text{C}$

Tekanan Operasi : 4 atm

Laju alir gas masuk :  $33,1992 \text{ ft}^3/\text{menit}$

Daya *Blower* : 0,25 HP

Harga Satuan : US\$ 2,796

### 16. *Absorber (AB)*

Fungsi : Menyerap gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  dari campuran gas  
 keluar reaktor dengan menggunakan solven  $\text{H}_2\text{O}$ .

Jenis : *Packed Tower*

Jenis *Packing bed* : *Richig ring*

Bahan <i>Packing bed</i>	: Keramik	
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 129 Grade A</i>	
Jumlah	: 1 unit	
Fase	: Gas	
Kondisi Operasi	: Suhu	= 35 °C
	Tekanan	= 2 atm
Spesifikasi absorber	: Diameter	= 0,3 m
	Tinggi	= 6,105 m
	Tebal Shell	= 0,1875 in
	Tebal Head	= 0,1875 in
	Tinggi <i>Packing</i> per bed	= 5,0408 m
	Jumlah <i>bed</i>	= 2 buah
Harga	: US\$ 11,311	

### 17. Separator (SP)

Fungsi	: untuk memisahkan fase cair dan gas dari fase gasnya
Jenis	: <i>Knock out drum</i>
Desain	: tangki vertikal dengan tutup dan alas berbentuk <i>torispherical head</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 285 Grade A</i>
Jumlah	: 1 unit
Fase	: Gas, cair
Kondisi Operasi	: Suhu = 35 °C

	Tekanan	= 1,996 atm
Waktu tinggal	: 10 menit	
Spesifikasi separator	: Diameter	= 1,439 m
	Diameter tutup	= 1,439 m
	Panjang kolom	= 1,691 m
	Panjang shell	= 2,411 m
	Tebal Shell	= 0,0191 m
	Tebal Head	= 0,1875 in
Harga	: US\$ 439	

### 18. Kompresor (C)

Fungsi	: Untuk menaikkan tekanan gas dari 1,996 atm menjadi 200 atm
Jenis	: <i>Centrifugal multi stage</i>
Jumlah <i>stage</i>	: 4 <i>stage</i>
Tekanan masuk	: 1,996 atm
Tekanan keluar	: 200 atm
Suhu masuk	: 308 K
Suhu keluar	: 308 K
Power	: 3,8452 Hp
Harga	: US\$ 1,232

### 19. Tangki Produk (T-02)

Fungsi	: Menampung produk biogas
Jenis	: Tangki berbentuk <i>spherical</i>

Bahan	: <i>Stainless Steel SA 316</i>		
Jumlah	: 1 unit		
Fase	: Gas bertekanan		
Kondisi Operasi	Suhu	= 35°C	= 308 K
	Tekanan	=200 atm	= 200 bar
	Waktu tinggal ( $\tau$ )	= 7 hari	
Spesifikasi tangki	Volume	= 120,8332 m <sup>3</sup>	
	Diameter	= 4,8692 m	
	Tinggi	= 4,8692 m	
	Tebal tangki	= 2 in	
Harga	: US\$ 168,024		

## 20. *Centrifuge* (CN)

Fungsi	: Memisahkan <i>powder sulfur</i> dari larutan induk ( <i>mother liquor</i> -nya)		
Tipe	: <i>Continuous decanter centrifuge</i>		
Bentuk	: <i>Cone-silinder</i>		
Type rotor	: <i>Scroll convetor (solid bowl)</i>		
Bahan kontruksi	: <i>Stainless steel SA 336 Tipe 316</i>		
Jumlah	: 1		
Waktu tinggal	: 1,16 menit		
Suhu	: 35 °C		
Tekanan	: 1 atm		
Diameter bowl	: 14 in		

Panjang alat	: 56 in
Diameter lubal	: <i>Inlet Slurry</i> = 0,0493 m
	<i>Outlet wet cake</i> = 0,0107 m
	<i>Outlet mother liquor</i> = 0,0525 m
Luas area	: 2786,03 m <sup>2</sup>
Daya motor	: 20 Hp
Harga	: US\$ 21,930

### 21. Bak Penampung Pupuk Organik (B-03)

Fungsi	: Menampung pupuk organik
Bentuk	: Bak persegi panjang tanpa tutup
Bahan konstruksi	: Beton kedap air
Waktu penyimpanan	: 7 hari
Jumlah	: 1
Ukuran	: Volume = 33,893 m <sup>3</sup>
	Panjang = 6,472 m
	Lebar = 3,236 m
	Tinggi = 3,236 m
	Luas = 20,946 m <sup>2</sup>
Harga	: US\$ 21,366

### **3.3 Perancangan Produksi**

#### **3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku**

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada jumlah bahan baku yang tersedia di sekitar wilayah pabrik di bangun, serta ketentuan kapasitas bahan baku minimal. Di wilayah Indonesia salah satunya Provinsi DI Yogyakarta, untuk kebutuhan energi masyarakat dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Selain itu, hasil dari sampah-sampah rumah makan dan kotoran hewan mengalami peningkatan juga karena semakin banyaknya manusia. Oleh karena itu, untuk memaksimal penggunaan sampah-sampah organik agar terciptanya *zero waste*. Maka direncanakan akan dibangun satu pabrik di wilayah Sleman dengan kapasitas bahan baku sebesar 54.680 ton/tahun. Perolehan bahan baku dari Kabupaten Bantul, Sleman, dan Kota Yogyakarta.

#### **3.3.2 Analisis Kebutuhan Peralatan Proses**

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses dan umur atau jam kerja peralatan dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik pembelian maupun perawatannya.

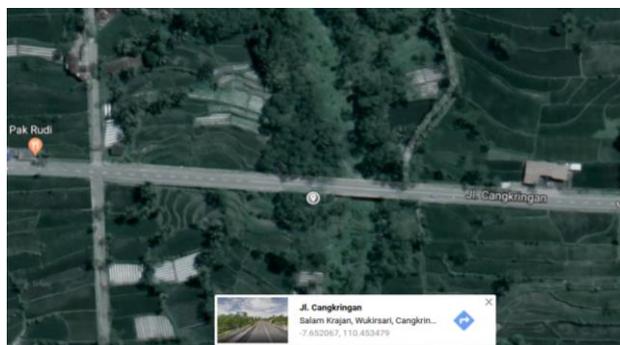
## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

#### **4.1 Lokasi Pabrik**

Pemilihan lokasi merupakan hal yang sangat penting dalam perancangan dan pendirian suatu pabrik, karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Pemilihan yang tepat mengenai lokasi pabrik harus memberikan suatu perhitungan biaya produksi dan distribusi yang seminimal mungkin. Banyak pertimbangan yang menjadi dasar dalam menentukan lokasi pabrik, antara lain: letak pabrik dengan sumber bahan baku dan bahan pembantu, letak pabrik dengan pasar penunjang, transportasi, tenaga kerja, kondisi sosial dan kemungkinan pengembangan di masa mendatang.

Berdasarkan faktor-faktor diatas, maka lokasi pabrik biogas ini ditetapkan di dekat kali Opak di Jalan Raya Cangkringan, Wukisari, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia. Letak sungai opak dapat dilihat di Gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Peta Letak Rencana Pabrik

Adapun faktor-faktor yang berpengaruh dalam penentuan lokasi pabrik pada umumnya ada 2 yaitu :

#### **4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik**

Faktor yang secara langsung dapat mempengaruhi proses produksi dan distribusi. Faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik meliputi :

##### **a. Kemudahan Transportasi**

Pengambilan bahan baku dan penjualan produk dapat dilakukan melalui jalan darat dengan menggunakan truk tertutup. Lokasi yang dipilih dalam rencana pendirian pabrik ini merupakan kawasan yang letaknya strategis karena dekat dengan wilayah pengambilan bahan baku. Selain itu, jalan di daerah yang di tetapkan itu sudah beraspal dan dapat dilalui kendaraan yang berat atau besar.

##### **b. Pemasaran Produk**

Pemasaran merupakan salah satu hal yang sangat penting. Pemasaran yang baik dan tepat akan menghasilkan keuntungan dan menjamin kelangsungan hidup pabrik. Dengan membangun pabrik di wilayah yang lumayan penduduknya di targetkan produk dapat terjual. Konsep pemasaran produk biogas ini bertujuan untuk menjamin kebutuhan gas restoran-restoran yang memberikan sampah organik restorannya kepada pabrik. Selain itu, untuk menunjang kebutuhan gas untuk warga di daerah Yogyakarta. Serta menyediakan pupuk organik yang ramah lingkungan untuk para petani wilayah Provinsi Yogyakarta.

c. Ketersediaan Bahan Baku/Pembantu

Suatu pabrik sebaiknya berada di daerah yang dekat dengan sumber bahan baku sehingga transportasi dapat berjalan dengan lancar dan biaya transportasi dapat diminimalisir. Sumber bahan baku yang digunakan untuk kebutuhan produksi yaitu sampah organik dari restoran-restoran di wilayah Sleman, Bantul, dan Kota Jogja. Serta kotoran dan urin kambing dari peternakan kambing yang berada di Kabupaten Sleman.

d. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik. Sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan sebagian sarjana. Untuk memenuhinya dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik. Selain itu faktor kedisiplinan dan pengalaman kerja juga menjadi prioritas dalam perekrutan tenaga kerja, sehingga diperoleh tenaga kerja yang berkualitas.

e. Kondisi Iklim dan Keadaan Geografis

Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki iklim rata-rata yang cukup baik. Seperti daerah lain di Indonesia yang beriklim tropis dengan temperatur udara berkisar 20 – 30°C. Bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor maupun banjir besar jarang terjadi sehingga operasi pabrik dapat berjalan lancar.

#### 4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses operasional pabrik. Akan tetapi berpengaruh dalam kelancaran proses operasional dari pabrik itu sendiri. Faktor-faktor sekunder meliputi :

a. Perluasan Pabrik

Pendirian pabrik harus mempertimbangkan rencana perluasan pabrik tersebut dalam jangka waktu 10 atau 20 tahun ke depan. Karena apabila suatu saat nanti akan memperluas area pabrik tidak kesulitan dalam mencari lahan perluasan.

b. Perijinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik. Pengaturan tata letak pabrik merupakan bagian yang penting dalam proses pendirian pabrik, hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- Segi keamanan kerja terpenuhi.
- Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.
- Pemanfaatan areal tanah seefisien mungkin.
- Transportasi yang baik dan efisien.

c. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Prasana dan fasilitas sosial yang dimaksud seperti penyediaan bengkel industri dan fasilitas umum lainnya seperti rumah sakit, sekolah, dan sarana ibadah.

d. Lingkungan masyarakat sekitar

Sikap masyarakat sekitar cukup terbuka dengan berdirinya pabrik baru. Hal ini disebabkan akan tersedianya lapangan pekerjaan bagi mereka, sehingga terjadi peningkatan kesejahteraan masyarakat setelah pabrik-pabrik didirikan. Selain itu pendirian pabrik ini tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya karena dampak dan faktor-faktornya sudah dipertimbangkan sebelum pabrik berdiri.

e. Sumber air

Suatu jenis pabrik memerlukan sejumlah air yang cukup banyak untuk kegiatan produksinya, maka di daerah lokasi diperlukan adanya sumber air. Air yang dibutuhkan dalam proses diperoleh dari Kali Opak yang mengalir di sekitar pabrik untuk proses, utilitas dan keperluan domestik.

f. Listrik

Tenaga listrik dan bahan bakar merupakan faktor yang sangat penting bagi pendirian suatu pabrik. Listrik untuk kebutuhan pabrik diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) wilayah Bantul. Selain

dari PLN, disediakan juga cadangan dari generator pembangkit tenaga menggunakan bahan bakar solar yang diperoleh dari PT. Pertamina.

#### **4.2 Tata Letak Pabrik (*Layout Plant*)**

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, dan sarana lain seperti utilitas, taman dan tempat parkir. Secara garis besar *lay out* pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu :

1. Daerah administrasi/perkantoran, laboratorium dan fasilitas pendukung.

Area ini terdiri dari :

- Daerah administrasi sebagai pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik yang mengatur kelancaran operasi.
- Laboratorium sebagai pusat pengendalian kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan yang dijual.
- Fasilitas – fasilitas bagi karyawan seperti : poloklinik, kantin, aula dan masjid.

2. Daerah Proses dan Ruang Kontrol

Merupakan daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan proses berlangsung. Ruang kontrol sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.

3. Daerah pergudangan, umum, bengkel, dan garasi
4. Daerah Utilitas dan Pemadam kebakaran



Gambar 4.2. *Lay Out* Pabrik

Keterangan Gambar :

- |                               |                            |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1. Kantor teknik dan produksi | 11. Unit pemadam kebakaran |
| 2. Pos Keamanan/satpam        | 12. Taman                  |
| 3. Perpustakaan dan arsip     | 13. Parkir Tamu            |
| 4. Klinik                     | 14. Bengkel                |
| 5. Masjid                     | 15. Area proses            |
| 6. Kantin                     | 16. Control Room           |
| 7. Laboratorium               | 17. Ruang timbang truk     |
| 8. Kantor utama               | 18. Parkir Truk            |
| 9. Mess                       | 19. Control Utilitas       |
| 10. Gudang alat               | 20. Utilitas               |
|                               | 21. Perluasan pabrik       |
|                               | 22. Jalan                  |

Tabel 4.1. Area Bangunan Pabrik Biogas

<b>Lokasi</b>	<b>Panjang m</b>	<b>Lebar m</b>	<b>Luas m<sup>2</sup></b>
Kantor utama	30	15	450
Pos Keamanan/satpam	10	3	30
Mess	18	29	522
Parkir Tamu	17	15	255
Parkir Truk	20	8	160
Ruang timbang truk	14	3	42
Kantor teknik dan produksi	22	16	352
Klinik	12	12	144
Masjid	16	12	192
Kantin	15	12	180
Bengkel	22	15	330
Unit pemadam kebakaran	14	16	224
Gudang alat	18	16	288
Laboratorium	12	16	192
Utilitas	24	25	600
Area proses	55	40	2200
Control Room	8	24	192
Control Utilitas	8	14	112
Perpustakaan	10	12	120
Taman	8	15	120
Jalan	236,8	6	1420,8
Perluasan pabrik	94	12	1128
<b>Luas Tanah</b>			<b>9253,8</b>
<b>Luas Bangunan</b>			<b>6585</b>
<b>Total</b>	<b>670</b>	<b>341</b>	<b>9253,8</b>

### 4.3 Tata Letak Mesin/Alat (*Machines*)

Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Aliran bahan baku dan produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

2. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin.

3. Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

4. Lalu lintas manusia dan kendaraan

Dalam perancangan *lay out* peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

## 5. Pertimbangan Ekonomi

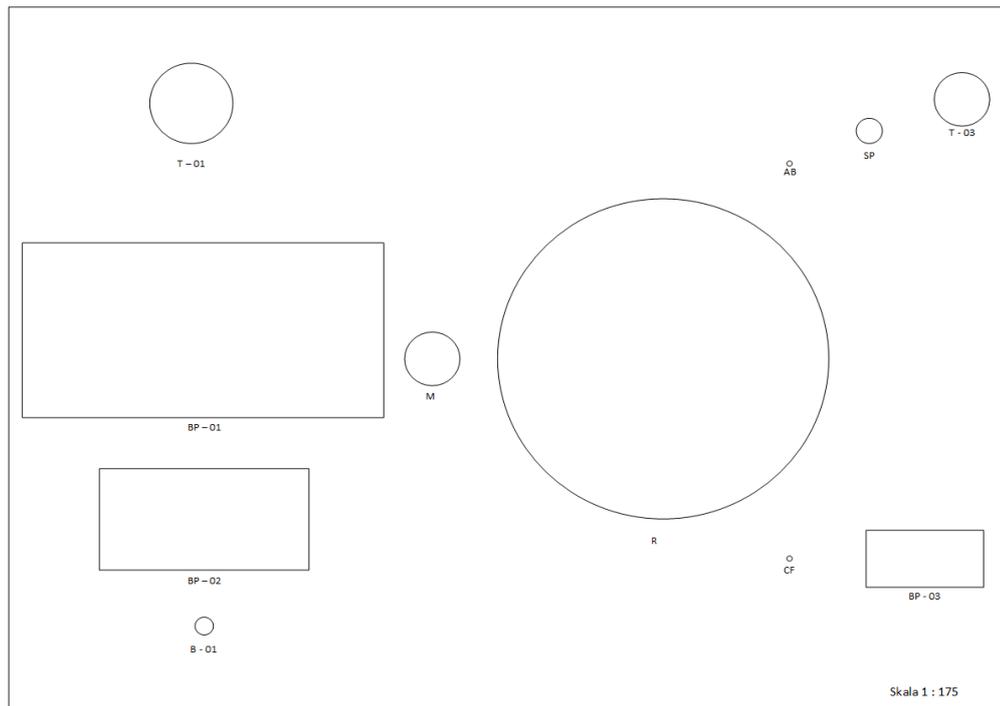
Dalam menempatkan alat – alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menggantungkan dari segi ekonomi.

## 6. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.

Tata letak proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga :

1. Kelancaran proses produksi dapat terjamin
2. Dapat mengefektifkan penggunaan luas lantai
3. Biaya material handling menjadi rendah, sehingga menyebabkan menurunnya pengeluaran untuk capital yang tidak penting
4. Jika tata letak peralatan proses sedemikian rupa sehingga urutan proses produksi lancar, maka perusahaan tidak perlu untuk memakai alat angkut dengan biaya mahal
5. Karyawan mendapatkan kepuasan kerja.



Gambar 4.3 Tata letak proses pabrik

Keterangan :

T-1	: Tangki Urin	BP-03	: Bak Produk
BP-01	: Bak Sampah	T-2	: Tangki Produk
BP-02	: Bak Intil	C	: Kompresor
B-01	: Bin CaO		
M	: Mixer		
CN	: Centrifuge		
R	: Reaktor		
AB	: Absorber		
SP	: Separator		

#### 4.4 Aliran Proses dan Material

##### 4.4.1 Neraca Massa

###### 4.4.1.1 Neraca Massa Total

Tabel 4.2 Neraca Massa Total

Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
VS	0,05	212,92	88,28	-	-	301,25	-	112,13
TS	26,92	0,00	371,10	-	-	398,01	-	398,01
H <sub>2</sub> O (Cair)	2734,25	1829,49	1573,28	-	735,37	6872,39	-	6870,56
ABU	0,37	28,79	38,54		-	67,70	-	67,70
CaO	-	-	-	2,46	-	2,46	-	2,46
CH <sub>4</sub>	-	-	-	-	-	-	100,15	-
CO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	76,44	-
H <sub>2</sub> S	-	-	-	-	-	-	0,62	-
NH <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	11,91
H <sub>2</sub> O (Gas)	-	-	-	-	-	-	1,82	-
Pupuk Padat	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Jumlah</b>	<b>2761,59</b>	<b>2071,20</b>	<b>2071,20</b>	<b>2,46</b>	<b>735,37</b>	<b>7641,81</b>	<b>179,04</b>	<b>7462,77</b>

Lanjutan Tabel 4.2 Neraca Massa Total

Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)						
	9	10	11	12	13	14	15
VS	-	-	-	-	-	-	-
TS	-	-	-	-	-	-	6870,56
H <sub>2</sub> O (Cair)	625,26	-	623,86	-	3,16	-	-
ABU	-	-	-	-	-	-	-
CaO	-	-	-	-	-	-	2,46
CH <sub>4</sub>	-	100,15	-	87,00	13,15	-	-
CO <sub>2</sub>	-	34,40	42,04	3,73	30,67	-	-
H <sub>2</sub> S	-	0,39	0,23	0,001	0,39	-	-
NH <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	11,91
H <sub>2</sub> O (Gas)	-	3,23	-	0,004	-	-	-
Pupuk Padat	-	-	-	-	-	577,84	-
<b>Jumlah</b>	<b>625,26</b>	<b>138,17</b>	<b>666,14</b>	<b>90,73</b>	<b>47,36</b>	<b>577,84</b>	<b>6884,93</b>

#### 4.4.1.2 Neraca Massa per Alat

##### 1. Neraca Massa di Tangki Mixer (M)

Tabel 4.3 Neraca Massa di Tangki Mixer

Komponen	Input (kg/jam)					Output (kg/jam)
	1	2	3	4	5	6
VS	0,05	212,92	88,28			301,25
TS	26,92	0,00	371,10			398,01
AIR (H <sub>2</sub> O)	2734,25	1829,49	1573,28		735,37	6872,39
ABU	0,37	28,79	38,54			67,7
CaO				2,46		2,46
Subtotal	2761,59	2071,20	2071,20	2,46	735,37	7641,81
<b>Total</b>	<b>7641,81</b>					<b>7641,81</b>

##### 2. Neraca Massa di Reaktor Biogas (R)

Tabel 4.4 Neraca Massa di Reaktor Biogas

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	6	7	8
VS	301,25	0,0000	112,12
TS	398,01		398,013
H <sub>2</sub> O (Cair)	6872,39		6870,56
ABU	67,70		67,70
CaO	2,46		2,46
CH <sub>4</sub>		100,15	
CO <sub>2</sub>		76,44	
H <sub>2</sub> S		0,62	
H <sub>2</sub> O (Gas)		1,82	

Lanjutan Tabel 4.4 Neraca Massa di Reaktor Biogas

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	6	7	8
NH <sub>3</sub>			11,91
Subtotal	7641,8	179,04	7462,77
<b>Total</b>	<b>7641,81</b>	<b>7641,81</b>	

3. Neraca Massa di Absorber CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>STabel 4.5 Neraca Massa di Absorber CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	7	9	10	11
CH <sub>4</sub>	100,15		100,15	
CO <sub>2</sub>	76,44		34,40	42,04
H <sub>2</sub> S	0,62		0,39	0,23
H <sub>2</sub> O (Gas)	1,82		3,23	
H <sub>2</sub> O (Cair)		625,26		623,86
Subtotal	179,04	625,26	138,17	666,14
<b>Total</b>	<b>804,30</b>		<b>804,30</b>	

## 4. Neraca Massa di Separator

Tabel 4.6 Neraca Massa di Separator

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	10	12 (Gas)	13 (Cair)
CH <sub>4</sub>	100,15	87,00	13,15
CO <sub>2</sub>	34,40	3,73	30,67
H <sub>2</sub> S	0,39	0,001	0,39
H <sub>2</sub> O	3,23	0,07	3,16
Subtotal	138,17	90,80	47,36
<b>Total</b>	<b>138,17</b>	<b>138,17</b>	

5. Neraca Massa di *Centrifuge*Tabel 4.7 Neraca Massa di *Centrifuge*

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	8	14	15
VS	112,13	112,13	
TS	398,01	398,01	
H <sub>2</sub> O (Cair)	6870,56		6870,56
ABU	67,70	67,70	
NH <sub>3</sub>	11,91		11,91
CaO	2,46		2,46
Subtotal	7462,77	577,84	6884,93
<b>Total</b>	<b>7462,77</b>	<b>7462,77</b>	

## 4.4.2 Neraca Panas

1. Neraca Panas di Tangki *Mixer*Tabel 4.8 Neraca Panas di Tangki *Mixer*

Panas Masuk (Kkal/jam)		Panas Keluar (Kkal/jam)	
Panas masuk	3093,1365	Panas keluar	3093,1365
Panas yang ditambahkan	0	Panas reaksi	0
<b>Total</b>	<b>3093,1365</b>	<b>Total</b>	<b>3093,1365</b>

## 2. Neraca Panas di Reaktor Biogas

Tabel 4.9 Neraca Panas di Reaktor Biogas

<b>Masuk</b>	<b>kJ/jam</b>	<b>Keluar</b>	<b>kJ/jam</b>
$\Delta H_{in}$	23147,6778	$\Delta H_{out}$	104307,2647
Qpemanas	-942698,9782	$\Delta H_r$	1023858,565
<b>Total</b>	<b>-919551,3005</b>	<b>Total</b>	<b>1128165,8298</b>

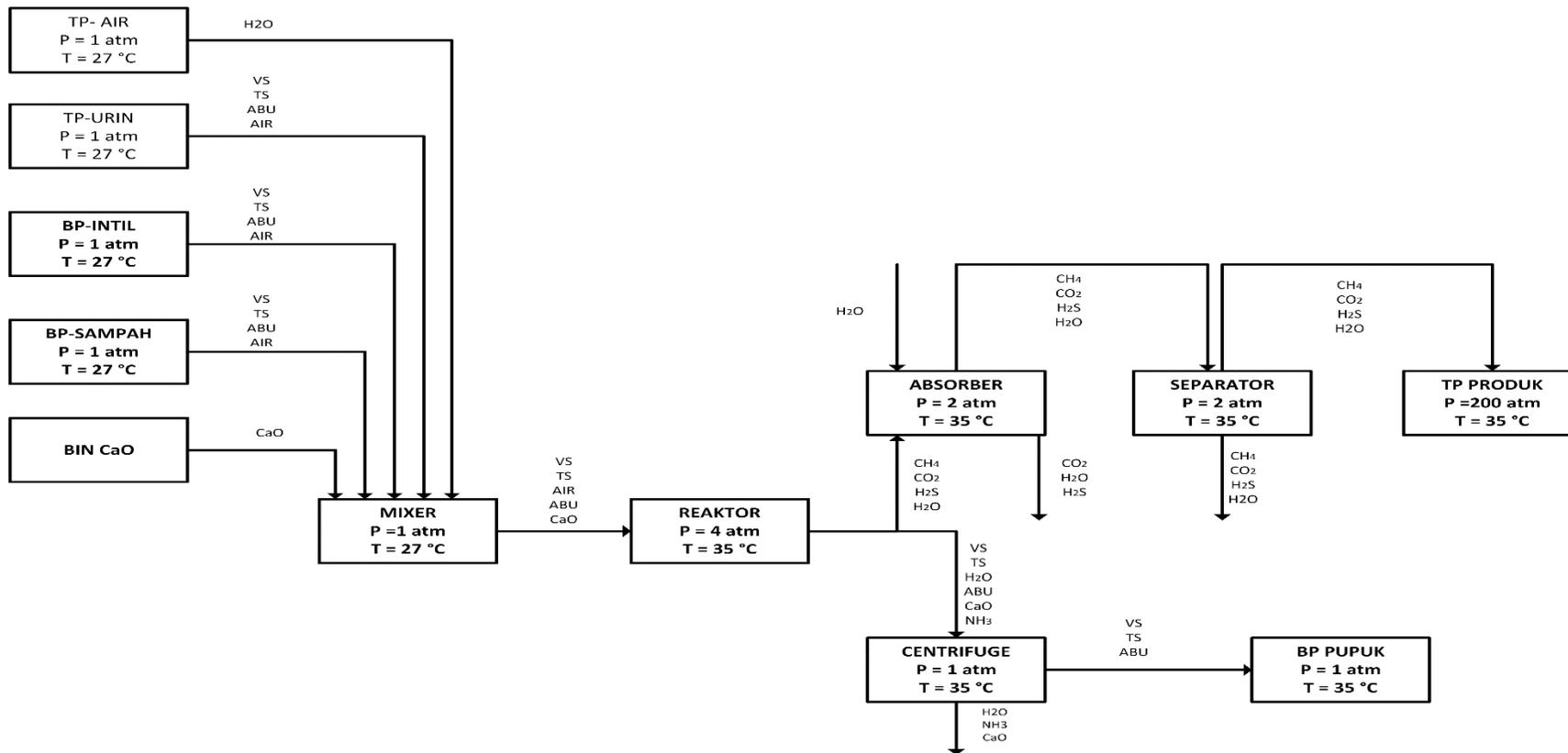
3. Neraca Panas di Absorber CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>STabel 4.10 Neraca Panas di Absorber CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S

<b>Panas Masuk (Kkal/jam)</b>		<b>Panas Keluar (Kkal/jam)</b>	
Panas masuk	786,281	Panas keluar	786,281
Panas yang ditambahkan	0	Panas reaksi	0
<b>Total</b>	<b>786,281</b>	<b>Total</b>	<b>786,281</b>

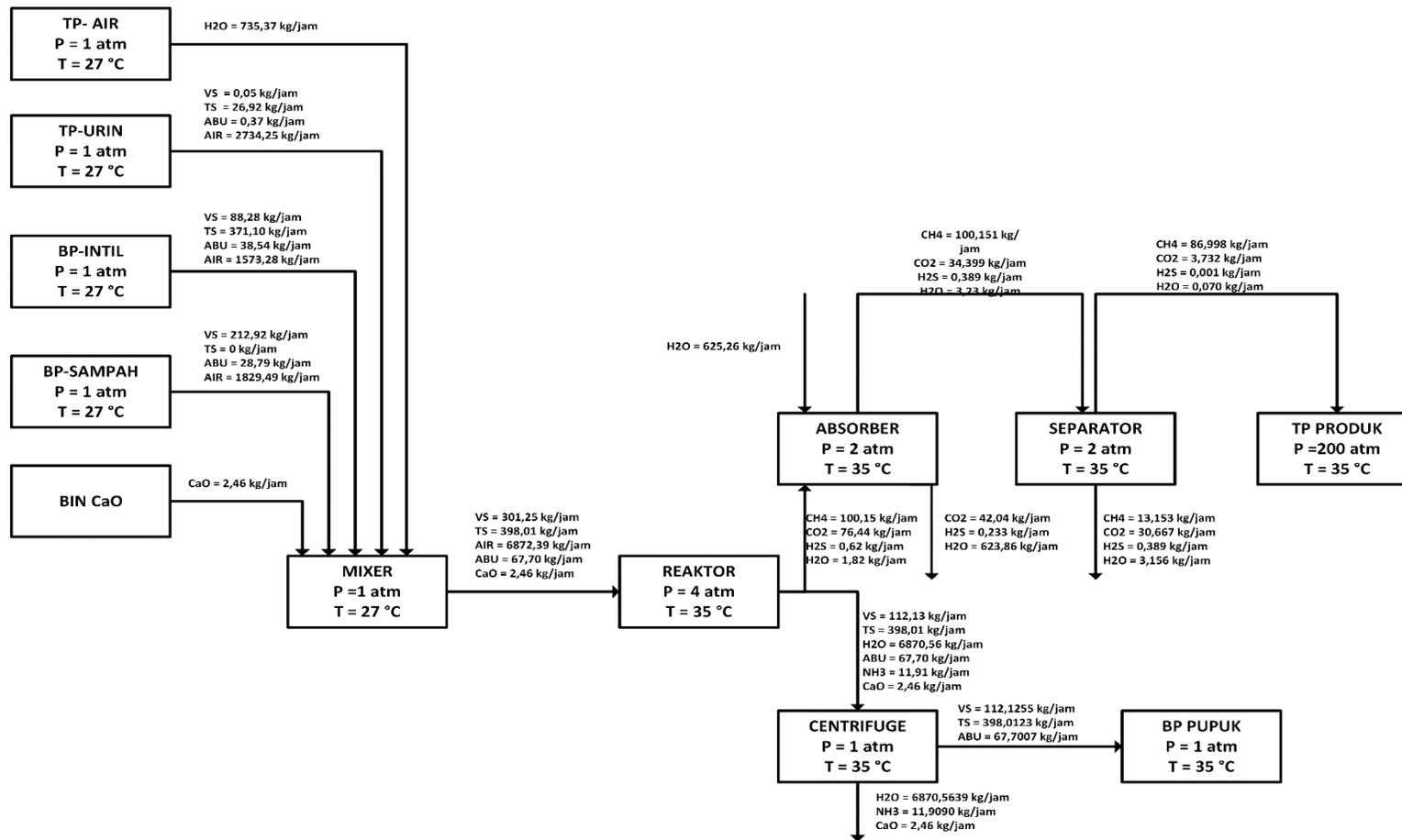
## 4. Neraca Panas di Separator

Tabel 4.11 Neraca Panas di Separator

<b>Panas Masuk (Kkal/jam)</b>		<b>Panas Keluar (Kkal/jam)</b>	
Panas masuk	100,244	Panas keluar	4,737
Panas yang ditambahkan	-95,507	Panas reaksi	0
<b>Total</b>	<b>4,737</b>	<b>Total</b>	<b>4,737</b>



Gambar 4.4 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.5 Diagram Alir Kuantitatif

## 4.5 Maintenance

*Maintenance* berguna untuk menjaga saran atau fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktifitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi produk yang diharapkan.

Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat-alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dapat dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada setiap ala. Perawatan mesin tiap-tiap alat meliputi :

1. *Over head* 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta *leveling* alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak, kemudian kondisi alat dikembalikan seperti kondisi semula.

2. *Repairing*

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

a. Umur alat

Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

b. Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan meyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

c. Tenaga manusia

Pemanfaatan tenaga kerja terdidik, terlatih dan berpengalaman akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula.

#### 4.6 Utilitas

Untuk mendukung proses dalam suatu pabrik diperlukan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas ini meliputi :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

#### 4.6.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

##### a. Unit Penyediaan Air

Dalam memenuhi kebutuhan air suatu industri, pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Dalam perancangan pabrik biogas ini, sumber air yang digunakan berasal air sungai yang terdekat dengan pabrik, Pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah :

1. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
2. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.
3. Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur.
4. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik.

Air yang diperlukan pada pabrik ini adalah :

- Air pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut :

- Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.

- Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
  - Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
  - Tidak terdekomposisi.
- Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah sebagai berikut :

- Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan NH<sub>3</sub>, O<sub>2</sub> masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

- Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*)

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

- Zat yang menyebabkan *foaming*

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

- Air Proses

Air Proses digunakan untuk membantu menyuplai kebutuhan air selama alat proses berjalan. Sehingga, tidak akan terjadi pemberhentian proses ditengah-tengah proses. Air Proses tidak memerlukan proses yang terlalu lama.

- Air Domestik

Air domestik adalah air yang akan digunakan untuk keperluan domestik. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran laboratorium, masjid. Air domestik harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

- Syarat fisika, meliputi:

Suhu : Di bawah suhu udara

Warna : Jernih

Rasa : Tidak berasa

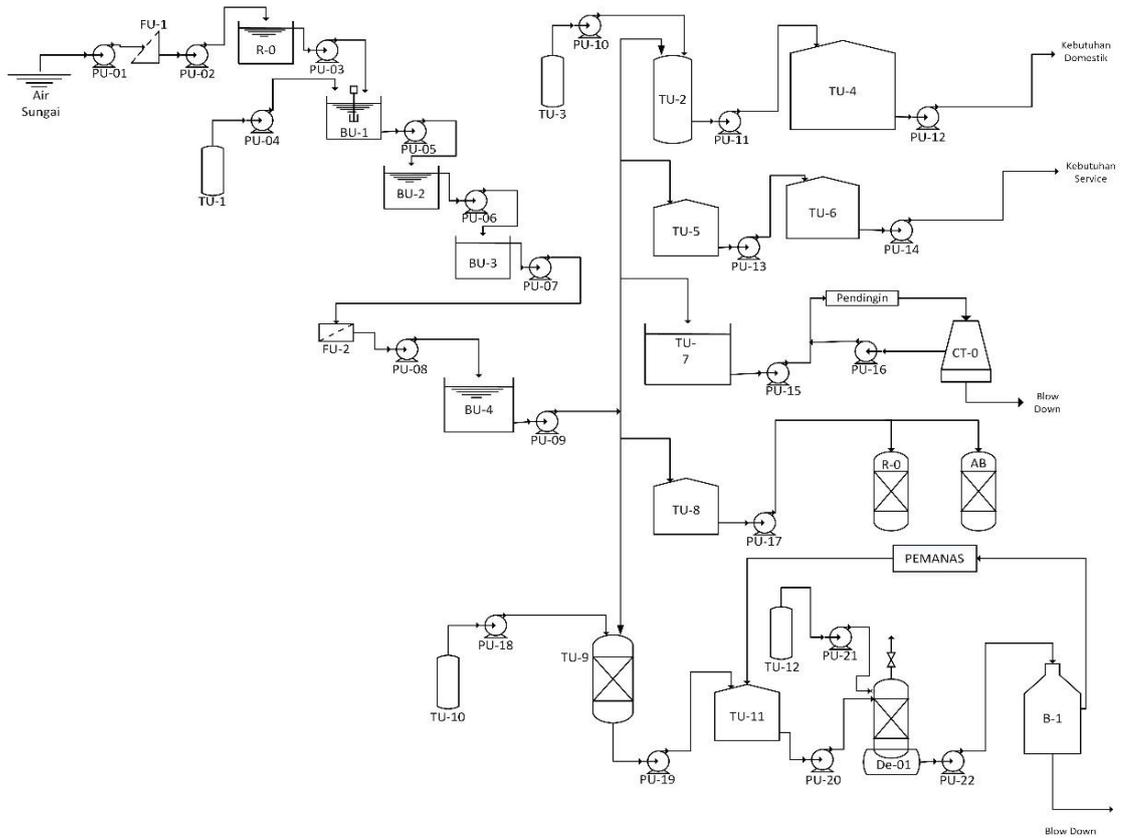
Bau : Tidak berbau

- Syarat kimia, meliputi:

Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air serta tidak mengandung bakteri.

b. Unit Pengolahan Air

Dalam perancangan pabrik biogas ini, kebutuhan air diambil dari air sungai yang terdekat dengan pabrik. Berikut ini merupakan diagram alir pengolahan air :



Gambar 4.6 Diagram Pengolahan Air

Keterangan :

1. PU : Pompa Utilitas
2. FU-01 : Screening
3. R-01 : Reservoir
4. BU-01 : Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)
5. TU-01 : Tangki Alum
6. BU-02 : Bak Pengendap I
7. BU-03 : Bak Pengendap II
8. FU-02 : Sand Filter
9. BU-04 : Bak Penampung Air Bersih
10. TU-02 : Tangki Klorinasi

11. TU-03 : Tangki Kaporit
12. TU-04 : Tangki Air Kebutuhan Domestik
13. TU-05 : Tangki *Service Water*
14. TU-06 : Tangki Air Bertekanan
15. BU-07 : Bak *Cooling Water*
16. CT-01 : *Cooling Tower*
17. TU-08 : Tangki Air Proses
18. TU-09 : *Mixed-Bed*
19. TU-10 : Tangki NaCl
20. TU-11 : Tangki Air Demin
21. TU-12 : Tangki N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>
22. De-01 : Deaerator
23. BO-01 : Boiler

Adapun tahap-tahap proses pengolahan air yang dilakukan meliputi :

- Penghisapan

Pengambilan air dari sungai dilakukan dengan cara pemompaan yang kemudian dialirkan ke penyaringan (*screening*) dan langsung dimasukkan ke dalam reservoir.

- Penyaringan (*Screening*)

Pada *screening*, partikel-partikel padat yang besar akan tersaring tanpa bantuan bahan kimia. Sedangkan partikel-partikel yang lebih kecil akan terikut bersama air menuju unit pengolahan selanjutnya. Penyaringan dilakukan agar kotoran-kotoran bersifat kasar atau besar tidak terikut ke sistem pengolahan air, maka sisi isap pompa di pasang saringan (*screen*) yang dilengkapi dengan fasilitas pembilas apabila screen kotor.

- Penampungan (*Reservoir*)

Air dalam penampungan di *reservoir*, kotorannya seperti lumpur akan mengendap.

- Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan akibat penambahan zat kimia atau bahan koagulan ke dalam air. Koagulan yang digunakan biasanya adalah tawas atau Aluminium Sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), yang merupakan garam yang berasal dari basa lemah dan asam kuat, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses

flokulasi dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur ke dalam air. Selain itu kapur juga berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan.

- Bak Pengendap I dan II

Flok dan endapan dari proses koagulasi diendapkan dalam bak pengendap I dan II.

- Proses Filtrasi

Air yang keluar dari bak pengendap II yang masih mengandung padatan tersuspensi selanjutnya dilewatkan filter untuk difiltrasi.

- Bak Penampung Air Bersih

Air dari proses filtrasi merupakan air bersih, ditampung di dalam bak penampung air bersih. Air bersih tersebut kemudian digunakan secara langsung untuk air pendingin dan air layanan (*Service Water*). Air bersih kemudian digunakan juga untuk air domestik yang terlebih dahulu di desinfektanisasi, dan umpan boiler terlebih dahulu di demineralisasi.

- Demineralisasi

Air untuk umpan ketel pada reaktor harus murni dan bebas dari garam-garam terlarut yang terdapat didalamnya, Untuk itu perlu dilakukan proses demineralisasi. Alat demineralisasi terdiri atas penukar kation (*cation exchanger*) dan penukar anion (*anion exchanger*). Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral

yang terkandung dalam air seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  dan lain-lain, dengan menggunakan resin. Air yang diperoleh adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan boiler.

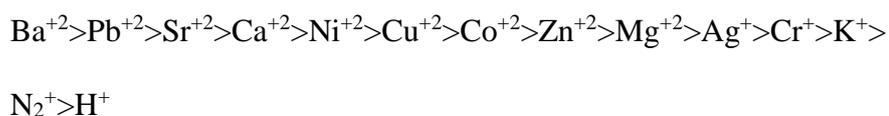
Proses *Cation Exchanger* dan *Anion Exchanger* berlangsung pada Resin *Mixed-Bed*. Resin *Mixed-Bed* adalah kolom resin campuran antara resin kation dan resin anion. Air yang mengandung kation dan anion bila dilewatkan ke Resin *Mixed-Bed* tersebut, kation akan terambil oleh resin kation dan anion akan terambil oleh resin anion. Saat resin kation dan anion telah jenuh oleh ion-ion, resin penukar kation dan anion akan diregenerasi kembali.

#### - *Cation Exchanger*

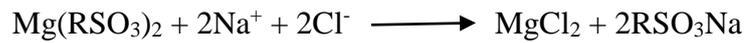
*Cation Exchanger* ini berisi resin penukar kation dengan formula  $\text{RSO}_3\text{H}$ , dimana pengganti kation – kation yang dikandung dalam air diganti dengan ion  $\text{H}^+$  sehingga air yang akan keluar dari *Cation Exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion  $\text{H}^+$ .  
Reaksi penukar kation :



Ion  $\text{Mg}^{+2}$  dapat menggantikan ion  $\text{H}^+$  yang ada dalam resin karena selektivitas  $\text{Mg}^{+2}$  lebih besar dari selektivitas  $\text{H}^+$ . Urutan selektivitas kation adalah sebagai berikut :



Saat resin kation telah jenuh, maka resin penukar kation akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl. Reaksi Regenerasi :



- *Anion Exchanger*

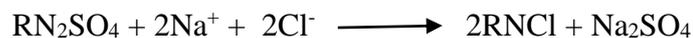
*Anion Exchanger* berfungsi untuk mengikat ion –ion negatif (anion) yang larut dalam air dengan resin yang bersifat basa, yang mempunyai formula RNOH, sehingga anion-anion seperti  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , dan  $\text{SO}_4^{2-}$  akan membantu garam resin tersebut. Reaksi Penukar Anion :



Ion  $\text{SO}_4^{2-}$  dapat menggantikan ion  $\text{OH}^-$  yang ada dalam resin karena selektivitas  $\text{SO}_4^{2-}$  lebih besar dari selektivitas  $\text{OH}^-$ . Urutan selektivitas anion adalah sebagai berikut :



Saat resin anion telah jenuh, maka resin penukar anion akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl. Reaksi Regenerasi :



- Deaerator

Air yang telah mengalami demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut terutama  $\text{O}_2$  dan  $\text{CO}_2$ . Gas tersebut dihilangkan lebih dahulu, karena dapat menimbulkan korosi. Unit deaerator

diinjeksikan bahan kimia berupa *Hidrazin* yang berfungsi menghilangkan sisa-sisa gas yang terlarut terutama oksigen sehingga tidak terjadi korosi.

Deaerator berfungsi untuk memanaskan air yang keluar dari alat penukar ion (*ion exchanger*) dan kondensat bekas sebelum dikirim sebagai air umpan ketel, Pada deaerator ini, air dipanaskan hingga 90°C supaya gas-gas yang terlarut dalam air, seperti O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> dapat dihilangkan. Karena gas-gas tersebut dapat menimbulkan suatu reaksi kimia yang menyebabkan terjadinya bintik-bintik yang semakin menebal dan menutupi permukaan pipa-pipa dan hal ini akan menyebabkan korosi pada pipa-pipa ketel. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan koil pemanas di dalam deaerator.

c. Kebutuhan Air

- Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4.12 Kebutuhan Air Proses Pendinginan

<b>Nama Alat</b>	<b>Kode</b>	<b>Jumlah (kg/jam)</b>
Inter cooler	IC-1	1.057,20
Inter cooler	IC-2	1.057,20
Inter cooler	IC-3	1.057,20
Inter cooler	IC-4	1.057,20
Total		4.228,79

Perancangan dibuat over design sebesar 20%, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air pendingin} &= 20\% \times 4.228,79 \text{ kg/jam} \\ &= 5.075 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

*Make up* air pendingin

$$\begin{aligned} W_m &= W_e + W_d + W_b \\ &= 13 \text{ kg/jam} + 1 \text{ kg/jam} + 12 \text{ kg/jam} \\ &= 26 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

- Kebutuhan air pembangkit steam

Tabel 4.13 Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor	R	489.5960
<b>Total</b>		489.5960

Perancangan dibuat over design sebesar 20%

$$\text{Kebutuhan steam} = 20\% \times 489,5960 \text{ kg/jam}$$

$$= 588 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Blowdown} = 15\% \times \text{kebutuhan steam}$$

$$= 15\% \times 588 \text{ kg/jam}$$

$$= 88 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Steam Trap} = 5\% \times \text{kebutuhan steam}$$

$$= 5\% \times 588 \text{ kg/jam}$$

$$= 29 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Kebutuhan air make up untuk steam} = 88 \text{ kg/jam} + 29 \text{ kg/jam}$$

$$= 118 \text{ kg/jam}$$

- **Kebutuhan Air Proses**

Tabel 4.14 Kebutuhan Air Proses

<b>Nama Alat</b>	<b>Kode</b>	<b>Jumlah (kg/jam)</b>
Mixer	M	735,3666
Absorber	AB	625,2637
<b>Total</b>		<b>1.360,6303</b>

Perancangan dibuat over design sebesar 20%, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air proses} &= 20\% \times 1.360,6303 \text{ kg/jam} \\ &= 1632,7563 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

- **Kebutuhan Air Domestik**

Meliputi kebutuhan air karyawan dan kebutuhan air untuk mess.

1. **Kebutuhan air karyawan**

Menurut standar WHO, kebutuhan air untuk 1 orang adalah

100-120 liter/hari

$$\begin{aligned} \text{Diambil kebutuhan air tiap orang} &= 120 \text{ liter/hari} \\ &= 5 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah karyawan} = 147 \text{ orang}$$

$$\text{Kebutuhan air untuk semua karyawan} = 718 \text{ kg/jam}$$

2. **Kebutuhan air untuk mess**

$$\text{Jumlah mess} = 20 \text{ rumah}$$

$$\text{Penghuni mess} = 40 \text{ orang}$$

$$\text{Kebutuhan air untuk mess} = 4000 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Total kebutuhan air domestik} = (718+4000) \text{ kg/jam}$$

$$= 4718 \text{ kg/jam}$$

- Kebutuhan *service water*

Perkiraan kebutuhan air untuk pemakaian layanan umum seperti bengkel, laboratorium, masjid, kantin, pemadam kebakaran dll sebesar 700 kg/jam.

- Total kebutuhan air

Tabel 4.15 Total Kebutuhan Air Unit Utilitas

No.	Keperluan	Jumlah (kg/jam)
1	<i>Domestik Water</i>	4.718
2	<i>Service Water</i>	700
3	<i>Cooling water</i>	26
4	<i>Air Proses</i>	1.360,63
5	<i>Steam Water</i>	118
	Total	6.922,63

#### 4.6.2 Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi

Kapasitas : 588 kg/jam

Tekanan : 8512 kPa

Suhu : 100°C

Jenis *Steam* : *Saturated*

Jenis : *water tube boiler*

Jumlah : 1 buah

*Boiler* tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve sistem* dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O<sub>2</sub>, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pH nya yaitu sekitar 10,5–11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi.

Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran batubara yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 100<sup>0</sup>C, kemudian diumpankan ke *boiler*.

Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa - pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih, Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

#### **4.6.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)**

Kebutuhan listrik pada pabrik biogas ini diperoleh melalui 2 sumber yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator diesel.

Generator diesel berfungsi sebagai tenaga cadangan ketika PLN terjadi gangguan. Berikut adalah spesifikasi generator diesel yang digunakan:

Kapasitas = 3.500 kW

Jenis = 1 buah

Rincian kebutuhan listrik :

a. Kebutuhan listrik untuk proses

Tabel 4.16 Kebutuhan Listrik Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Reaktor	R	0.3333	248.5667
Mixer	M	25	18642.5000
Pompa-01	P-01	2	1491.4000
Pompa-02	P-02	0.05	37.2850
Pompa-03	P-03	0.75	559.2750
Bucket Elevator 1	BE-01	0.083	37.2850
Bucket Elevator 2	BE-02	0.083	124.2833
Shredder		14.7512	11000
Blower	B	0.25	186.4250
Kompresor	C	3.8452	2867.3801
Centrifuge	CN	50	37285.0000
<b>Total</b>		<b>97.1965</b>	<b>72,479.4001</b>

## b. Kebutuhan listik untuk utilitas

Tabel 4.17 Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Daya	
	Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	2,000	1491,400
Pompa-01	0,622	463,666
Pompa-02	0,892	665,338
Pompa-03	0,915	682,120
Pompa-04	0,020	14,914
Pompa-05	0,889	662,631
Pompa-06	1,098	818,567
Pompa-07	0,472	351,945
Pompa-08	0,787	586,988
Pompa-09	0,462	344,670
Pompa-10	0,020	14,914
Pompa-11	0,644	480,182
Pompa-12	0,644	480,182
Pompa-13	0,381	284,359
Pompa-14	0,329	245,060
Pompa-15	0,706	526,432
Pompa-16	0,030	22,371
Pompa-17	0,370	276,029
Pompa-18	0,149	111,385
Pompa-19	0,554	413,233
Pompa-20	0,149	111,385
Pompa-21	0,554	413,233
<b>Total</b>	<b>19,850</b>	<b>9461,002</b>

c. Kebutuhan listrik untuk penerangan dan AC

Listrik untuk penerangan diperkirakan adalah sebesar 100 kW

Listrik untuk AC diperkirakan adalah sebesar 15 kW

d. Kebutuhan listrik untuk laboratorium dan bengkel

Listrik untuk laboratorium dan bengkel diperkirakan adalah sebesar 40 kW

- Kebutuhan listrik untuk instrumentasi

Listrik untuk instrumentasi diperkirakan adalah sebesar 10 kW

Total kebutuhan listrik pada pabrik LABS adalah sebesar:

Tabel 4.18 Total Kebutuhan Listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (Kw)
1	Kebutuhan Plant	
	a. Proses	72,8523
	b. Utilitas	14,8019
2	a. Listrik Ac	15
	b. Listrik Penerangan	100
3	Laboratorium dan Bengkel	40
4	Instrumentasi	10
<b>Total</b>		<b>252,6541</b>

#### 4.6.4 Unit Penyedia Udara Instrumen ( *Instrument Air System* )

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*.

Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 20,3904 m<sup>3</sup>/jam.

#### 4.6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada generator dan boiler. Bahan bakar yang digunakan untuk generator

adalah solar (Industrial Diesel Oil) sebanyak 344,1391 kg/jam yang diperoleh dari PT. Pertamina, Cilacap. Sedangkan bahan bakar yang dipakai pada boiler adalah fuel oil sebanyak 21,8919 kg/jam yang juga diperoleh dari PT. Pertamina, Cilacap.

## **4.7 Organisasi Perusahaan**

### **4.7.1 Bentuk Perusahaan**

Pabrik biogas yang akan didirikan ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas (PT) merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Dalam Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

Perusahaan-perusahaan skala besar, biasanya menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT/korporasi), Perseroan Terbatas (PT) merupakan asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum.

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan (PT) ini adalah didasarkan beberapa faktor sebagai berikut :

- a. Mudah mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
- b. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.

- c. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
- d. Efisiensi dari manajemen
- e. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur yang cukup cakap dan berpengalaman.
- f. Lapangan usaha lebih luas
- g. Suatu PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.
- h. Merupakan badan usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.
- i. Mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.
- j. Mudah bergerak di pasar global.

#### **4.7.2 Struktur Organisasi**

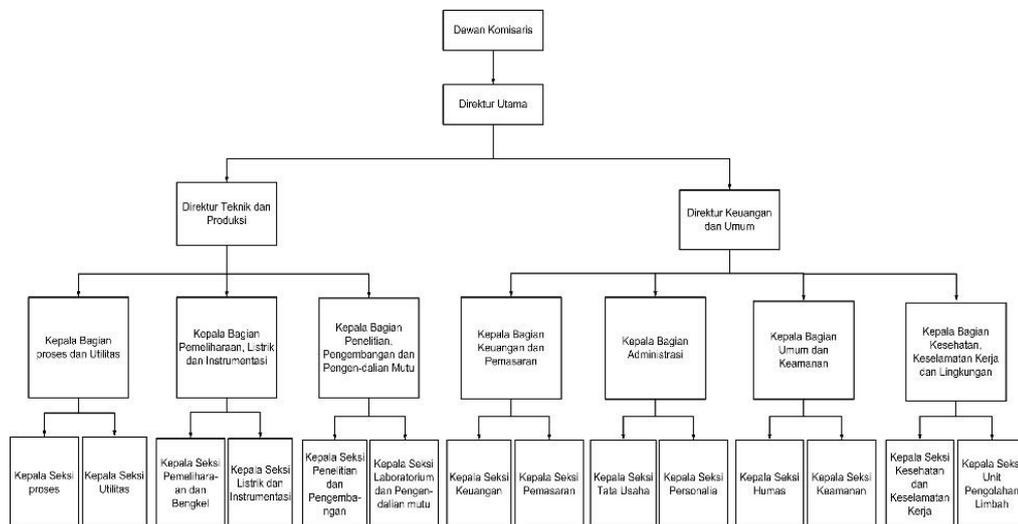
Organisasi merupakan suatu wadah atau alat dimana orang-orang yang mempunyai satu visi melakukan kegiatan untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Struktur organisasi adalah gambaran secara sistematis tentang tugas dan tanggung jawab serta hubungan antara bagian-bagian dalam perusahaan. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut:

- a. Pemegang saham
- b. Dewan komisaris
- c. Direktur Utama
- d. Direktur
- e. Kepala Bagian
- f. Kepala Seksi
- g. Karyawan dan Operator

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur yang dibantu oleh Manajer Operasional serta Manajer Keuangan dan Umum. Dimana Manajer Operasional membawahi bidang produksi, utilitas, pemeliharaan serta pengembangan dan pengendalian mutu. Sedangkan Manajer keuangan dan umum membawahi bidang pemasaran, administrasi, bagian umum dan keamanan serta bagian kesehatan, keselamatan kerja dan lingkungan. Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi (Supervisor) dan masing-masing akan membawahi dan mengawasi beberapa karyawan atau staf perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi.

Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menjelaskan wewenang pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang.
2. Sebagai bahan orientasi pejabat
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat
4. Penyusunan program pengembangan manajemen
5. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.



Gambar 4.7 Struktur Organisasi

## 4.7.3 Tugas dan Wewenang

### 4.7.3.1 Pemegang saham

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang

mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham. Pada rapat umum tersebut para pemegang saham :

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
2. Mengangkat dan memberhentikan direktur
3. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan

#### **4.7.3.2 Dewan Komisaris**

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham.

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target labaperusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahan pemasaran
2. Mengawasi tugas-tugas direktur utama
3. Membantu direktur utama dalam hal-hal penting

#### **4.7.3.3 Direktur Utama**

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai

pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum.

Direktur utama membawahi :

a. Direktur Teknik dan Produksi

Tugas Direktur Teknik dan Produksi adalah memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

b. Direktur Keuangan dan Umum

Tugas Direktur Keuangan dan Umum adalah bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

#### **4.7.3.4 Staff Ahli**

Staf ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing.

Tugas dan wewenang:

1. Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.

2. Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.
3. Mempertinggi efisiensi kerja.

#### **4.7.3.5 Kepala Bagian**

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri dari :

##### **1. Kepala Bagian Proses dan Utilitas**

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan bahan baku dan utilitas.

##### **2. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

##### **3. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu**

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

##### **4. Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran**

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

#### **5. Kepala Bagian Administrasi**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan.

#### **6. Kepala Bagian Humas dan Keamanan**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.

#### **7. Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

#### **4.7.3.6 Kepala Seksi**

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing-masing. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

##### **1. Kepala Seksi Proses**

Tugas : Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi.

##### **2. Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan bahan baku dan menjaga kemurnian bahan baku, serta mengontrol produk yang dihasilkan.

**3. Kepala Seksi Utilitas**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

**4. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel**

Tugas : Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.

**5. Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentasi.

**6. Kepala Seksi Bagian Penelitian dan Pengembangan**

Tugas : Mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.

**7. Kepala Seksi Laboratorium dan pengendalian mutu**

Tugas : Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.

**8. Kepala Seksi Keuangan**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

**9. Kepala Seksi Pemasaran**

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

#### **10. Kepala Seksi Tata Usaha**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan serta tata usaha kantor.

#### **11. Kepala Seksi Personalia**

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

#### **12. Kepala Seksi Humas**

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.

#### **13. Kepala Seksi Keamanan**

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

#### **14. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja**

Tugas : Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

#### **15. Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap limbah pabrik agar sesuai dengan baku mutu limbah.

#### **4.7.4 Status Karyawan**

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut status karyawan ini dapat dibagi menjadi 3 golongan, sebagai berikut:

a. Karyawan Tetap

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

b. Karyawan Harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan

Karyawan yang digunakan oleh pabrik/perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

#### **4.7.5 Ketenagakerjaan**

a. Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu.

b. Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (non shift), hari libur nasional tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (overtime).

**c. Kerja Lembur (Overtime)**

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

**d. Sistem Gaji Karyawan**

Gaji karyawan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1. Bila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji dilakukan sehari sebelumnya.

Tabel 4.19 Gaji Karyawan

<b>Jabatan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Gaji (/orang/bulan)</b>	<b>Gaji (/bulan)</b>	<b>Gaji (/tahun)</b>
Direktur Utama	1	45.000.000	45.000.000	540.000.000
Direktur Produksi & Teknik	1	35.000.000	35.000.000	420.000.000
Direktur Keuangan & Umum	1	35.000.000	35.000.000	420.000.000
Staff Ahli	1	40.000.000	40.000.000	480.000.000
Ka. Bag. Produksi	1	30.000.000	30.000.000	360.000.000
Ka. Bag. Teknik	1	30.000.000	30.000.000	360.000.000
Ka. Bag. Pemasaran	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
Ka. Bag. Keuangan & Administrasi	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
Ka. Bag. Umum	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
Ka. Bag. K3 & Litbang	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
Ka. Sek. Proses	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
Ka. Sek. Pengendalian	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
Ka. Sek. Laboratorium	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
Ka. Sek. Pemeliharaan	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
Ka. Sek. Utilitas	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
Ka. Sek. Pembelian	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. Pemasaran	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. Administrasi	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. Kas	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. Personalia	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. Humas	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000

Lanjutan Tabel 4.19 Gaji Karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji (/orang/bulan)	Gaji (/bulan)	Gaji (/tahun)
Ka. Sek. Keamanan	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. K3	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. Litbang	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Karyawan Proses	8	10.000.000	80.000.000	960.000.000
Karyawan Pengendalian	3	10.000.000	30.000.000	360.000.000
Karyawan Laboratorium	4	9.000.000	36.000.000	432.000.000
Karyawan Pemeliharaan	3	9.000.000	27.000.000	324.000.000
Karyawan Utilitas	5	9.000.000	45.000.000	540.000.000
Karyawan Pembelian	2	8.000.000	16.000.000	192.000.000
Karyawan Pemasaran	2	8.000.000	16.000.000	192.000.000
Karyawan Administrasi	2	8.000.000	16.000.000	192.000.000
Karyawan Kas	2	8.000.000	16.000.000	192.000.000
Karyawan Personalia	2	8.000.000	16.000.000	192.000.000
Karyawan Humas	2	8.000.000	16.000.000	192.000.000
Karyawan Keamanan	4	8.000.000	32.000.000	384.000.000
Karyawan K3	3	8.000.000	24.000.000	288.000.000
Karyawan Litbang	3	8.000.000	24.000.000	288.000.000
Operator	56	5.000.000	280.000.000	3.360.000.000
Supir	10	1.800.000	18.000.000	216.000.000
Librarian	1	1.850.000	1.850.000	22.200.000
<i>Cleaning service</i>	5	1.850.000	9.250.000	111.000.000
Dokter	2	8.000.000	16.000.000	192.000.000
Perawat	4	4.500.000	18.000.000	216.000.000
<b>Total</b>	<b>147</b>	<b>762.000.000</b>	<b>1.344.500.000</b>	<b>16.316.000.000</b>

e. Jam Kerja Karyawan

Pabrik Linear *Alkylbenzene* Sulfonate (LABS) akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Pembagian jam kerja karyawan digolongkan menjadi dua golongan, yaitu:

- Karyawan non shift yang bekerja selama 6 jam dalam seminggu dengan total kerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Karyawan *non shift* adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk para karyawan *non shift* adalah : Direktur Utama, Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum, Kepala Bagian serta bawahan yang berada di kantor. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai non shift:

Senin- Kamis : 07.00 - 16.00 (istirahat 12.00 – 13.00)

Jum'at : 07:00 – 16:00 (istirahat 11:00 – 13:00)

Sabtu : 07:00 – 12:00

Minggu : Libur, termasuk hari libur nasional

- Karyawan shift bekerja 24 jam perhari yang terbagi dalam 3 shift. Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan *shift* ini adalah operator produksi, bagian teknik, bagian gudang dan bagian-bagian yang harus siaga untuk menjaga keselamatan serta keamanan pabrik. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai shift sebagai berikut:

Shift I : 08.00 - 16.00

Shift II : 16.00 - 24.00

Shift III: 24.00- 08.00

Untuk karyawan *shift* dibagi menjadi 4 regu (A/B/C/D) dimana dalam satu hari kerja, hanya tiga regu yang masuk dan ada satu regu yang libur. Setiap regu mendapatkan giliran 6 hari kerja dan dua hari libur untuk setiap minggunya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan pemerintah, regu yang bertugas tetap harus masuk, akan tetapi dihitung kerja lembur dan mendapat intensif tambahan.

Jadwal pembagian kerja masing-masing regu ditampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 4.20 Jadwal Kerja Karyawan Shift

<i>Shift/ Hari</i>	1	2	3	4	5	6	7	8
Pagi	A	A	D	D	C	C	B	B
Sore	B	B	A	A	D	D	C	C
Malam	C	C	B	B	A	A	D	D
Libur	D	D	C	C	B	B	A	A

#### 4.7.6 Fasilitas Karyawan

Tersedia fasilitas yang memadai dapat meningkatkan kelangsungan produktifitas karyawan dalam suatu perusahaan. Adanya fasilitas dalam perusahaan bertujuan agar kondisi jasmani dan rohani karyawan tetap terjaga dengan baik, sehingga karyawan tidak merasa jenuh dalam menjalankan tugas sehari-harinya dan kegiatam yang ada dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Sehubungan dengan hal tersebut, maka

perusahaan menyediakan fasilitas yang bermanfaat dalam lingkungan perusahaan yang berhubungan dengan kepentingan para karyawan.

Adapun fasilitas yang diberikan perusahaan adalah :

a. Poliklinik

Untuk meningkatkan efisiensi produksi, faktor kesehatan karyawan merupakan hal yang sangat berpengaruh. Oleh karena itu perusahaan menyediakan fasilitas poloklinik yang ditangani oleh Dokter dan Perawat.

b. Pakaian kerja

Untuk menghindari kesenjangan antar karyawan, perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahun, selain itu juga disediakan masker sebagai alat pengaman kerja.

c. Makan dan minum

Perusahaan menyediakan makan dan minum 1 kali sehari yang rencananya akan dikelola oleh perusahaan catering yang ditunjuk oleh perusahaan.

d. Koperasi

Koperasi karyawan didirikan untuk mempermudah karyawan dalam hal simpan pinjam, memenuhi kebutuhan pokok dan perlengkapan rumah tangga serta kebutuhan lainnya.

e. Tunjangan Hari Raya (HRT)

Tunjangan ini diberikan setiap tahun, yaitu menjelang hari raya Idul Fitri dan besarnya tunjangan tersebut sebesar satu bulan gaji.

f. Jamsostek

Merupakan asuransi pertanggung jawaban jiwa dan asuransi kecelakaan.

g. Masjid dan Kegiatan kerohanian

Perusahaan membangun tempat ibadah (masjid) agar karyawan dapat menjalankan kewajiban rohaninya dan melaksanakan aktifitas keagamaan lainnya.

h. Transportasi

Untuk meningkatkan produktifitas dan memperingan beban pengeluaran karyawan, perusahaan memberikan uang transport tiap hari yang penyerahannya bersamaan dengan penerimaan gaji tiap bulan.

i. Hak Cuti

1. Cuti Tahunan

Diberikan kepada karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.

2. Cuti Massal

Setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

#### **4.7.7 Penggolongan Jabatan dan Keahlian**

Masing-masing jabatan dalam struktur organisasi diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan yang sesuai dengan jabatan dan tanggung jawab. Jenjang pendidikan karyawan yang diperlukan berkisar dari Sarjana S-1 sampai lulusan SLTA. Perinciannya sebagai berikut:

Tabel 4.21 Jabatan dan keahlian

Jabatan	Pendidikan
Direktur Utama	S-2
Direktur	S-2
Kepala bagian	S-1
Kepala Seksi	S-1
Staff Ahli	S-1
Sekretaris	S-1
Dokter	S-1
Perawat	D-3/D-4/S-1
Karyawan	D-3/S-1
Operator	D-3/SMK
Supir	SLTA
Cleaning Service	SLTA
Satpam	SLTA

#### 4.8 Evaluasi Ekonomi

Dalam prarancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (*estimation*) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik. Dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan.

Dalam evaluasi ekonomi ini faktor - faktor yang ditinjau adalah:

- a. *Return On Investment*
- b. *Pay Out Time*
- c. *Discounted Cash Flow*
- d. *Break Even Point*
- e. *Shut Down Point*

Sebelum dilakukan analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal sebagai berikut:

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*)

Meliputi :

- 1) Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
- 2) Modal kerja (*Working Capital Investment*)

2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cos* )

Meliputi :

- 1) Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
- 2) Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)

3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

- 1) Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- 2) Biaya variabel (*Variable Cost*)
- 3) Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

#### 4.8.1 Harga Peralatan

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

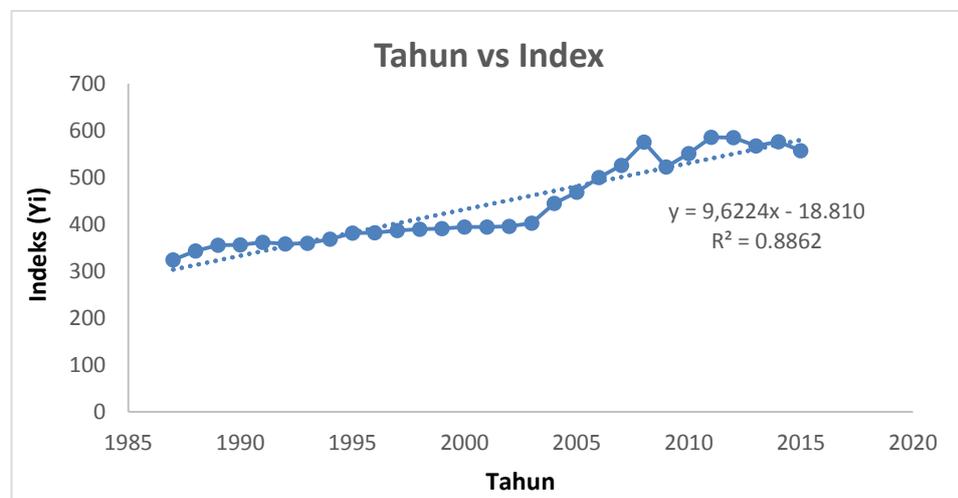
Tabel 4.22 Indeks Harga

No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1987	324
2	1988	343
3	1989	355
4	1990	356
5	1991	361,3
6	1992	358,2
7	1993	359,2
8	1994	368,1
9	1995	381,1
10	1996	381,7
11	1997	386,5
12	1998	389,5
13	1999	390,6
14	2000	394,1
15	2001	394,3
16	2002	395,6
17	2003	402
18	2004	444,2
19	2005	468,2

Lanjutan Tabel 4.22 Indeks Harga

No	(Xi)	Indeks (Yi)
20	2006	499,6
21	2007	525,4
22	2008	575,4
23	2009	521,9
24	2010	550,8
25	2011	585,7
26	2012	584,6
27	2013	567,3
28	2014	576,1
29	2015	556,8

Sumber: *Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)* ([www.che.com](http://www.che.com))



Gambar 4.8 Grafik Tahun vs Indeks Harga

Berdasarkan data tersebut, maka persamaan regresi Linear yang diperoleh adalah  $y = 9,6224x - 18.810$ . Pabrik Biogas dengan Kapasitas

Bahan Baku 54.680 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2019, maka dari persamaan regresi Linear diperoleh indeks sebesar 617,626.

Harga – harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi.

- a. Peters & Timmerhaus, pada tahun 1990 dan Aries & Newton, pada tahun 1955). Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan:

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (\text{Aries \& Newton, 1955})$$

Dalam hubungan ini:

- Ex : Harga pembelian  
 Ey : Harga pembelian pada tahun referensi  
 Nx : Index harga pada tahun pembelian  
 Ny : Index harga pada tahun referensi

- b. Metode *six tenths factor* :

$$\frac{Ca}{Cb} = \left( \frac{Aa}{Ab} \right)^n$$

Dalam hubungan ini :

Ca : Harga alat a

Cb : Harga alat b

Aa : kapasitas alat a

Ab : Kapasitas alat b

n : eksponen harga (0,4- 0,8)

c. Metode *Bare Module Cost Factor* :

$$C_{BM} = C_p^o F_{BM}$$

$$C_{BM} = C_p^o [B_1 + B_2 F_p F_M]$$

$$F_{BM} = B_1 + B_2 F_p F_M$$

Tabel 4.23 Harga Alat Proses

Komponen	Kode	Jumlah	Harga
Tangki Urin	T-01	1	\$ 5.581
Barscreen	SB	2	\$ 4.386
Bin CaO		1	\$ 804
Bak Penampung Sampah	BP-01	1	\$ 10.312
Bak Penampung Intil	BP-02	1	\$ 3.559
Mixer	M	1	\$ 442.118
Reaktor	R	1	\$ 493.582
Blower	B	1	\$ 2.796
Absorber	AB	1	\$ 11.311
Separator	SP	1	\$ 439
Centrifuge	CN	1	\$ 21.930
Pompa 1	P-01	2	\$ 1.141
Pompa 2	P-02	2	\$ 1.150
Pompa 3	P-03	2	\$ 1.150
Kompresor	C	1	\$ 1.232
Tangki Produk	T-02	1	\$ 3.910
Bak Penampung Pupuk	BP-03	1	\$ 21.366
Shedder		1	\$ 15.944
Truk		3	\$ 19.737
Buldozer		2	\$ 19.737
Elevator Intil dan CaO	BE-02	1	\$ 45.504
Elevator Sampah	BE-01	1	\$ 47.264
<b>Total</b>			<b>\$ 1.185.087</b>

Tabel 4.24 Harga Alat Utilitas

<b>Nama Alat</b>	<b>Kode</b>	<b>Jumlah</b>	<b>EX 2023</b>
Screening	FU-01	1	\$ 27.447
Reservoir	BU-01	1	\$ 1.093
Bak Koagulasi dan Flokulasi	BU-02	1	\$ 1.093
Bak Pengendap I	BU-03	1	\$ 1.093
Bak Pengendap II	BU-04	1	\$ 1.093
Sand Filter	FU-02	1	\$ 7.858
Bak Air Penampung Sementara	BU-05	1	\$ 1.093
Deaerator	De-01	1	\$ 1.481
Boiler	Bo-01	1	\$ 2.506
Tangki Alum	TU-01	1	\$ 8.086
Tangki Klorinasi	TU-02	1	\$ 11.047
Tangki Kaporit	TU-03	1	\$ 797
Tangki Air Bersih	TU-04	1	\$ 32.572
Tangki Service Water	TU-05	1	\$ 12.756
Tangki Air Bertekanan	TU-06	1	\$ 12.756
Tangki Air Proses	TU-07	1	\$ 12.756
Mixed Bed	TU-08	1	\$ 160.470
Tangki NaCl	TU-09	1	\$ 4.556
Tangki Air Demin	TU-10	1	\$ 9.908
Tangki Hydrazine	TU-11	1	\$ 5.922
Pompa 1	PU-01	2	\$ 30.295
Pompa 2	PU-02	2	\$ 30.295
Pompa 3	PU-03	2	\$ 24.828
Pompa 4	PU-04	2	\$ 3.872
Pompa 5	PU-05	2	\$ 24.828
Pompa 6	PU-06	2	\$ 24.828
Pompa 7	PU-07	2	\$ 24.828

Lanjutan Tabel 4.24 Harga Alat Utilitas

<b>Nama Alat</b>	<b>Kode</b>	<b>Jumlah</b>	<b>EX 2023</b>
Pompa 8	PU-08	2	\$24.828
Pompa 9	PU-09	2	\$24.828
Pompa 10	PU-10	2	\$3.872
Pompa 11	PU-11	2	\$17.767
Pompa 12	PU-12	2	\$17.767
Pompa 13	PU-13	2	\$3.872
Pompa 14	PU-14	2	\$10.022
Pompa 15	PU-15	2	\$10.022
Pompa 16	PU-16	2	\$10.022
Pompa 17	PU-17	2	\$24.828
Pompa 18	PU-18	2	\$3.872
Pompa 19	PU-19	2	\$14.578
Pompa 20	PU-20	2	\$14.578
Pompa 21	PU-21	2	\$3.872
Pompa 22	PU-22	2	\$14.578
Tangki Bahan Bakar		1	\$12.642
Kompresor		2	\$12.528
<b>Total</b>		<b>67</b>	<b>\$531.011</b>

#### 4.8.2 Dasar Perhitungan

Dalam perhitungan evaluasi ekonomi, digunakan standar perhitungan yang didasarkan pada berikut ini:

- a. Kapasitas bahan baku : 54.680 ton/tahun
- b. Pabrik beroperasi : 330 hari kerja
- c. Umur alat : 10 tahun
- d. Nilai kurs : 1 US \$: Rp. 15.015,00
- e. Pabrik didirikan tahun : 2019

- f. Upah pekerja asing : \$ 20/manhour
- g. Upah pekerja Indonesia : Rp. 15.000/manhour
- h. 1 manhour asing : 2 manhour Indonesia
- i. 5 % tenaga asing : 95% tenaga Indonesia

### 4.8.3 Perhitungan Biaya

#### a. Modal (*Capital Investment*)

*Capital Investment* adalah banyaknya pengeluaran–pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas–fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya.

*Capital investment* terdiri dari:

#### 1. *Fixed Capital Investment*

*Fixed Capital Investment* adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

Tabel 4.25 *Physical Plan Cost (PPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp 27.021.444.035	\$ 1.799.630
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 6.755.361.009	\$ 449.907
3	Instalasi cost	Rp 4.225.333.216	\$ 281.407
4	Pemipaan	Rp 6.261.834.984	\$ 417.039
5	Instrumentasi	Rp 6.720.079.263	\$ 447.558
6	Insulasi	Rp 1.006.420.567	\$ 67.028
7	Listrik	Rp 2.702.144.403	\$ 179.963
8	Bangunan	Rp 4.938.750.000	\$ 328.921
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	Rp 2.313.450.000	\$ 154.076
<b><i>Physical Plant Cost (PPC)</i></b>		<b>Rp 61.944.817.477</b>	<b>\$ 4.125.529</b>

Tabel 4.26 *Direct Plan Cost (DPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp 12.388.963.495	\$ 825.106
<b>Total (DPC + PPC)</b>		<b>Rp 74.333.780.972</b>	<b>\$ 4.950.635</b>

Tabel 4.27 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	Rp 74.333.780.972	\$ 4.950.635
2	Kontraktor	Rp 2.973.351.239	\$ 198.025
3	Biaya tak terduga	Rp 7.433.378.097	\$ 495.063
<b>Fixed Capital Investment (FCI)</b>		<b>Rp 84.740.510.309</b>	<b>\$ 5.643.724</b>

## 2. *Working Capital Investment*

*Working Capital Investment* adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

Tabel 4.28 *Total Working Capital Investment (WCI)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 10.457.126	\$ 696
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp 924.033.930	\$ 61.541
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 1.848.067.860	\$ 123.081
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 34.051.798.629	\$ 2.267.852
5	<i>Available Cash</i>	Rp 23.760.872.480	\$ 1.582.476
<b>Working Capital (WC)</b>		<b>Rp 60.595.230.024</b>	<b>\$ 4.035.646</b>

**b. Biaya Produksi (Manufacturing Cost)**

*Manufacturing Cost* merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

Menurut Aries & Newton, 1955 *Manufacturing Cost* meliputi :

**1. Direct Manufacturing Cost**

*Direct Manufacturing Cost* adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

Tabel 4.29 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 115.028.385	\$ 7.661
2	<i>Labor</i>	Rp 16.134.000.000	\$ 1.074.525
3	<i>Supervision</i>	Rp 1.613.400.000	\$ 107.453
4	<i>Maintenance</i>	Rp 1.694.810.206	\$ 112.874
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp 254.221.531	\$ 16.931
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp 1.248.565.950	\$ 83.155
7	<i>Utilities</i>	Rp 38.398.387.139	\$ 2.557.335
<b><i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i></b>		<b>Rp 59.458.413.210</b>	<b>\$ 3.959.934</b>

**2. Indirect Manufacturing Cost (IMC)**

*Indirect Manufacturing Cost* adalah pengeluaran tidak langsung akibat dari pembuatan suatu produk.

Tabel 4.30 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 2.420.100.000	\$ 161.179
2	<i>Laboratory</i>	Rp 1.613.400.000	\$ 107.453
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 8.067.000.000	\$ 537.263
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 6.242.829.749	\$ 415.773
<b><i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i></b>		<b>Rp 18.343.329.749</b>	<b>\$ 1.221.667</b>

### 3. Fixed Manufacturing Cost (FMC)

*Fixed Manufacturing Cost* adalah pengeluaran tetap yang tidak bergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 4.31 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 6.779.240.825	\$ 451.498
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp 1.694.810.206	\$ 112.874
3	<i>Insurance</i>	Rp 847.405.103	\$ 56.437
<b><i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i></b>		<b>Rp 9.321.456.134</b>	<b>\$ 620.810</b>

Tabel 4.32 *Total Manufacturing Cost (TMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 59.458.413.210	\$ 3.959.934
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 18.343.329.749	\$ 1.221.667
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 9.321.456.134	\$ 620.810
<b><i>Manufacturing Cost (MC)</i></b>		<b>Rp 87.123.199.093</b>	<b>\$ 5.802.411</b>

#### c. Pengeluaran Umum (*General Expense*)

*General expense* atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

Tabel 4.33 General Expense (GE)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Administration	Rp 2.613.695.973	\$ 174.072
2	Sales expense	Rp 4.356.159.955	\$ 290.121
3	Research	Rp 3.049.311.968	\$ 203.084
4	Finance	Rp 5.813.429.613	\$ 387.175
<b>General Expense (GE)</b>		<b>Rp 15.832.597.509</b>	<b>\$ 1.054.452</b>

Tabel 4.34 Total Production Cost (TPC)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Manufacturing Cost (MC)	Rp 87.123.199.093	\$ 5.802.411
2	General Expense (GE)	Rp 15.832.597.509	\$ 1.054.452
<b>Total Production Cost (TPC)</b>		<b>Rp 102.955.796.602</b>	<b>\$ 6.856.863</b>

#### 4.8.4 Analisis keuntungan

##### a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp 124.856.694.974

Total biaya produksi : Rp 102.955.796.602

Keuntungan : Total penjualan - Total biaya produksi

: Rp 21.900.798.372

##### b. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak : 52 % x Rp 21.900.798.372

: Rp 11.388.415.153

Keuntungan : Keuntungan sebelum pajak – pajak  
: Rp 10.512.383.219

#### 4.8.5 Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak, maka dilakukan suatu analisa atau evaluasi kelayakan. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

##### a. Return on Investment (ROI)

*Return on investment* adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang telah dikeluarkan.

$$ROI = \frac{\text{Profit (Keuntungan)}}{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}} \times 100\%$$

##### 1. ROI sebelum pajak (ROI<sub>b</sub>)

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% dan syarat ROI setelah pajak maksimum adalah 44% (Aries & Newton, 1955).

$$ROI_b = 25,84 \% \quad (\text{pabrik memenuhi kelayakan})$$

##### 2. ROI setelah pajak (ROI<sub>a</sub>)

$$ROI_a = 12,41 \% \quad (\text{pabrik memenuhi kelayakan})$$

##### b. Pay out Time (POT)

*Pay out time* adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang dicapai.

*Pay Out Time (POT)* adalah :

- a. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.
- b. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- c. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}}$$

### 1. POT sebelum pajak (POT<sub>b</sub>)

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun dan syarat POT setelah pajak maksimum adalah 5 tahun (Aries & Newton, 1955).

$$POT_b = 3 \text{ tahun} \quad (\text{pabrik memenuhi kelayakan})$$

### 2. POT setelah pajak (POT<sub>a</sub>)

$$POT_a = 4,9 \text{ tahun} \quad (\text{pabrik memenuhi kelayakan})$$

### c. Break Even Point (BEP)

*Break even point* adalah titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan *break even point* kita dapat menentukan tingkat harga jual dan

jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga perunit yang dijual agar mendapatkan keuntungan.

$$BEP = \frac{Fa+0.3Ra}{Sa-Va-0.7Ra} \times 100\%$$

Tabel 4.35 Annual Fixed Cost (Fa)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 6.779.240.825	\$ 451.498
2	<i>Property taxes</i>	Rp 1.694.810.206	\$ 112.874
3	<i>Insurance</i>	Rp 847.405.103	\$ 56.437
<b>Fixed Cost (Fa)</b>		<b>Rp 9.321.456.134</b>	<b>\$ 620.810</b>

Tabel 4.36 Annual Variable Cost (Va)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	Rp 115.028.385	\$ 7.661
2	<i>Packaging &amp; shipping</i>	Rp 6.242.829.749	\$ 415.773
3	<i>Utilities</i>	Rp 38.398.387.139	\$ 2.557.335
4	<i>Royalties and Patents</i>	Rp 1.248.565.950	\$ 83.155
<b>Variable Cost (Va)</b>		<b>Rp 46.004.811.222</b>	<b>\$ 3.063.923</b>

Tabel 4.37 Annual Regulated Cost (Ra)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	Rp 16.134.000.000	\$ 1.074.525
2	<i>Plant overhead</i>	Rp 8.067.000.000	\$ 537.263
3	<i>Payroll overhead</i>	Rp 2.420.100.000	\$ 161.179
4	<i>Supervision</i>	Rp 1.613.400.000	\$ 107.453
5	<i>Laboratory</i>	Rp 1.613.400.000	\$ 107.453
6	<i>Administration</i>	Rp 2.613.695.973	\$ 174.072
7	<i>Finance</i>	Rp 5.813.429.613	\$ 387.175

Lanjutan Tabel 4.37 Annual Regulated Cost (Ra)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
8	Sales expense	Rp 4.356.159.955	\$290.121
9	Research	Rp 3.049.311.968	\$203.084
10	Maintenance	Rp 1.694.810.206	\$112.874
11	Plant supplies	Rp 254.221.531	\$16.931
<b>Regulated Cost (Ra)</b>		<b>Rp 47.629.529.246</b>	<b>\$3.172.130</b>

Tabel 4.38 Annual Sales Cost (Sa)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Annual Sales Cost	\$ 8.315.458	Rp 124.856.594.974
<b>Annual Sales Cost</b>		<b>\$ 8.315.458</b>	<b>Rp 124.856.594.974</b>

Dari hasil perhitungan di dapatkan BEP sebesar 51,88 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40%–60%, sehingga pabrik memenuhi kelayakan.

#### d. Shut Down Point (SDP)

*Shut down point* adalah titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan. Karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

$$\text{SDP} = \frac{0.3Ra}{Sa - Va - 0.7Ra} \times 100\%$$

$$\text{SDP} = 31,40 \%$$

### e. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)

*Discounted cash flow rate of return* adalah laju bunga maksimum dimana pabrik dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFRR dibuat dengan mempertimbangkan nilai uang yang berubah dan didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik (10 Tahun).

Umur pabrik (n)	: 10 tahun
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	: Rp 84.740.510.309
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	: Rp 60.595.230.024
<i>Salvage value (SV) : Depresiasi</i>	: Rp 6.779.240.825
<i>Cash flow (CF)</i>	: <i>Annual profit + depresiasi + finance</i>
	: Rp 16.326.264.330

*Discounted cash flow* dihitung secara *trial & error* dimana nilai  $R$  harus sama dengan  $S$ .

Persamaan untuk menentukan DCFR:

$$\frac{(WC + FCI) \times (1 + i)^{10}}{CF} = \left[ (1 + i)^9 + (1 + i)^8 + \dots + (1 + i) + 1 \right] + \frac{(WC + SV)}{CF}$$

Dengan *trial & error* diperoleh nilai  $i$  : 0,0928

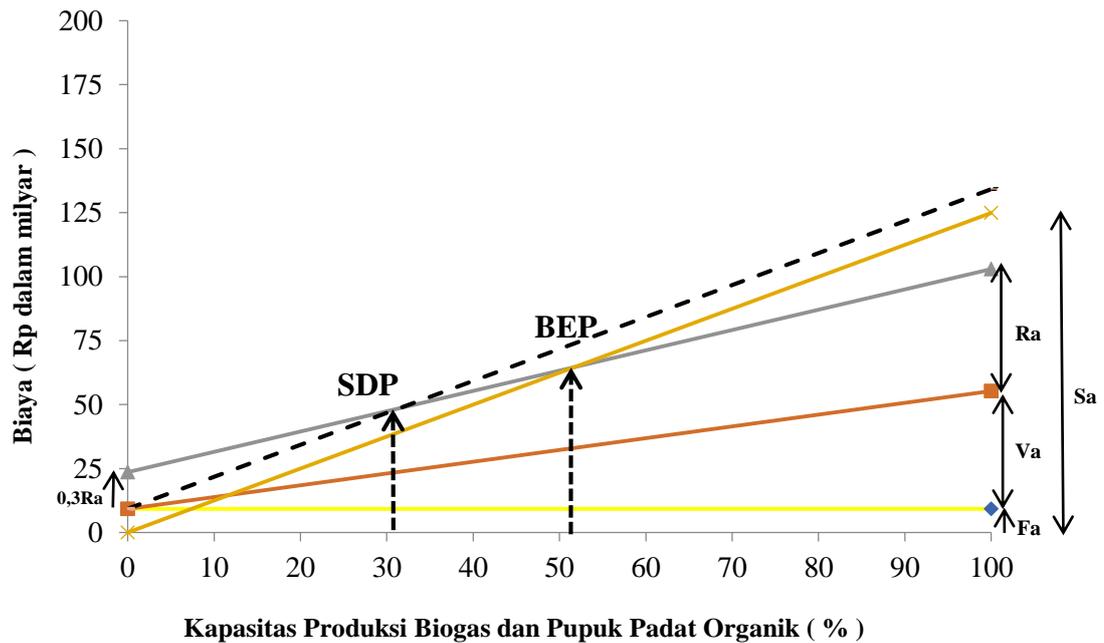
DCFRR : 9,28 %

Minimum nilai DCFR : 1,5 x suku bunga acuan bank  
: 4,75 %

Kesimpulan : Memenuhi syarat

$$: 1,5 \times 4,75 \% = 7,13 \%$$

(Didasarkan pada suku bunga deposito acuan di Bank Indonesia saat ini adalah 4,75 %, berlaku mulai akhir 10 Oktober 2018)



Gambar 4.9 Grafik BEP dan SDP

**Keterangan :**

Fa = Annual Fixed Cost

Va = Annual Variable Cost

Ra = Annual Regulated Cost

Sa = Annual Sales Cost (Sa)

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Prospek biogas metana sangat menjanjikan karena melimpahnya bahan baku dan menggunakan teknologi ramah lingkungan.
2. Pabrik ini menghasilkan produk utama berupa biogas dengan serta produk samping yaitu pupuk organik.
3. Lokasi pabrik dipilih di Jalan Raya Cangkringan, Wukisari, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, disebabkan dekat dengan sumber bahan baku serta kebutuhan air.
4. Untuk kapasitas produksi gas metana sebesar 54.680 ton/tahun, total investasi yang dibutuhkan untuk membangun sebuah pabrik biogas di Indonesia adalah Rp 84.740.510.309 dengan total biaya produksi sebesar Rp. 102.955.796.602.
5. Parameter kelayakan dengan kapasitas produksi 54.680 ton/tahun adalah total penjualan produk sebesar Rp 124.856.594.974 dan keuntungan bersih sebesar Rp 10.512.383.219 *Break Even Point* (BEP) 51,88 %, *Shut Down Point* (SDP) 31,40 %, *Return on Investment* (ROI) sesudah pajak 12,41 %, *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 4,9 tahun.

## 5.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep - konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut :

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik - pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produk biogas dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., "*Chemical Engineering Cost Estimation*", Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York, 1955.
- Asep Bayu, dkk. 2010. Biogas Sebagai Peluang Pengembangan Energi Alternatif.  
<http://megtech.net/?P=80>
- Austin, G.T. 1984. *Shreve's Chemical Process Industries, 5th ed.* Mc Graw Hill Book Co., Inc. New York
- Anonim. 2018. "*Methane*". <https://en.wikipedia.org/wiki/Methane>. Diakses pada tanggal 19 September 2018
- Anonim. 2018. "*Hydrogen Sulfide*".  
<https://encyclopedia.airliquide.com/hydrogen-sulfide>. Diakses pada tanggal 19 September 2018
- Badan Pusat Statistik Kota Yogyakarta. "*Kota Yogyakarta dalam Angka 2016*".  
<https://jogjakota.bps.go.id/>. Diakses pada tanggal 2 September 2018
- Badan Pusat Statistik Kota Yogyakarta. "*Bantul dalam Angka 2016*".  
<https://jogjakota.bps.go.id/>. Diakses pada tanggal 2 September 2018
- Badan Pusat Statistik Kota Yogyakarta. "*Sleman dalam Angka 2017*".  
<https://jogjakota.bps.go.id/>. Diakses pada tanggal 2 September 2018
- Barker, J.C. and F.R. Walls. 2002. *Livestock Manure Production Rates and Nutrient Content*. North Carolina.
- Bitton, G. 1994. *Wastewater Microbiology*. A John Wiley & Sons. New York.

- Brown, G.G. 1978. *Unit Operations*. John Wiley and Sons Inc. New York
- Brownell, L.E. and Young. E.H. 1979. *Process Equipment Design*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Buyukkamaci, N. dan Filibeli, A. 2004. Volatile Fatty Acid Formation in an Anaerobic Hybrid Reactor. *Process Biochemistry* 39, 1491-1494.
- Coulson, J. M. and Richardson, J. F. 1983. *Chemical Engineering, 1st edition, Volume 6*. Pergason Press. Oxford.
- Dinas Pariwisata. 2017. “*Statistik Kepariwisataaan 2016*”. <https://visitingjogja.com/10193/statistik-pariwisata-2016/>. Diakses pada tanggal 2 September 2018
- Dwiyani, Nur dan Fanya Aulia Nadhira. 2017. “*Produksi Biogas dari Limbah Peternakan Kambing dan Limbah Kobis dari Rumah Makan Olahan Kambing Secara Batch: BMP (Biomethane Potential)*”. Yogyakarta
- Gunamantha, M., and Sarto, “*Life cycle assessment of municipal solid waste treatment to energy option: Case study of KARTAMANTUL region, Yogyakarta*”, *International Journal of Renewable Energy*, Vol. 41, p. 277-284, 2012.
- Gunaseelan, V. Nallathambi, 2003. Biochemical methane potential of fruits and vegetabel solid waste feedstocks. Departement of Zoology, PSG College of Arts and Science. India
- Hanifah, Abu. Jose, Cristine. Dan Nugroho. 1999. *Proses pembuatan biogas*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau.

- Ismayana, A., N, Indrasti., Suprihatin., dan A, Maddu. 2012. *Faktor rasio C/N Awal dan Laju Aerasi pada Proses CO-Composting Bagasse dan Blotong*. Jurnal Teknologi Industri Pertanian.
- Kern, D.Q., “*Process Heat Transfer*”, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York, 1983.
- Kirk, R. E., and Othmer D. F. 1998. *Encyclopedia of Chemical Technology, 4th ed.* The Interscience Encyclopedia Inc. New York.
- Levenspiel, O., “*Chemical Reaction Engineering*”, 2nd ed., John Willey and Sons Inc., Singapore, 1972.
- Lide, D. R., ed., “*CRC Handbook of Chemistry and Physics*”, 86th ed. BocaRaton (FL), CRC Press, p. 4-80, ISBN 0-8493-0486-5, 2005.
- Ludwig, E.E., “*Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*”, Gulf Publishing, Co., Houston, 1964.
- Martin, Benjamin. 1747. “*Philosophia Britannica: A new and Comprehensive System Of The Newtonian Philosophy Astronomi and Geography*”. C. Micklewright., London, 1747
- Matche. 2018. *equipment cost*. <http://www.matche.com/>. Diakses pada tanggal 2 Oktober 2018 pukul 08.00 WIB
- Mc Cabe, Smith, J.C., and Harriot, “*Unit Operation of Chemical Engineering*”, 4<sup>th</sup> ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York, 1985.
- MSDS Sciencelab, “*MSDS Water*” ,2013, <http://www.sciencelab.com/msds> , diakses pada 19 September 2018

- MSDS Sciencelab. "*MSDS Ammonium Hidroxide*", 2013, <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=992291>, diakses pada 19 September 2018.
- MSDS Airgas, "*MSDS Carbon Dioxide*", 2001, <http://www.sciencelab.com/msds>, diakses pada 19 September 2018.
- MSDS Sciencelab. "*MSDS Calcium Oxide*", 2013, <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9927480>, diakses pada 19 September 2018.
- Perry, R.H., and Green, D.W., "*Perry's Chemical Engineer's Handbook*", 6<sup>th</sup> ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York, 1986.
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., "*Plant Design and Economics for Chemical Engineers*", 3<sup>rd</sup> ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York, 1980.
- Rase, H.F., "*Cemical Reactor Design for Process Plants*", Wiley Interscience, Canada, 1977.
- Sarono, 2013. Strategi Pengurangan Gas Rumah Kaca Melalui Konversi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit menjadi Energi Listrik (Studi Kasus di Lampung). Disertasi. IPB. Bogor.
- Smith, J.M., "*Chemical Engineering Kinetic's*", 3rd ed, Mc GrawHill Book Kogakusha, Tokyo, 1973.
- Smith, J.M., and Van Ness,H.C., "*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*", 3 rd. Ed. Mc. Graw Hill, kogakusha, Tokyo, 1975.
- Smith, R., "*Chemical Process Design and Integration*", John Wiley and Sons, England, 2005.

- Sudono A. 1995. *Produksi Sapi Perah*. Jurusan Ilmu Produksi Ternak Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sunarso, Sumardiono, S., dan Budiyo. 2010. *Biogas Production Using Anaerobic Biodigester From Cassava Starch Effluent*. Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Diponegoro University.
- Ulrich, G.G., "*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*", John Willey and Sons, New York, 1984.
- Yaws, C. L., "*Chemical Properties Handbook*", p. 1-29, 185-211, 288-313, McGraw Hill Company, Inc., New York, 1999.

# **LAMPIRAN A**

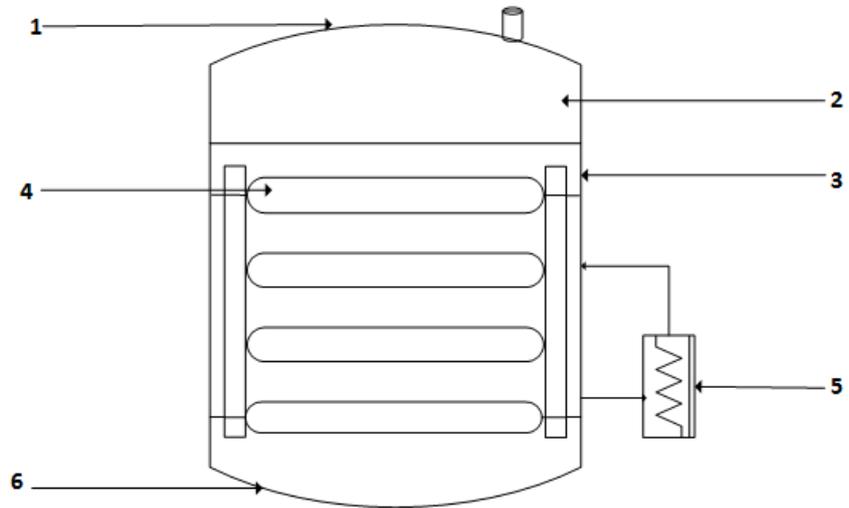
## LAMPIRAN A

### PERHITUNGAN REAKTOR

#### REAKTOR

- Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
- Tipe : *Continous Stirred Tank Reactor*
- Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi pembentukan biogas dari proses fermentasi
- Kondisi Operasi : Suhu = 35 °C
- Tekanan = 1 atm
- Waktu tinggal ( $\tau$ ) = 35 hari
- Reaksi = Eksotermis
- Tujuan :
1. Menentukan volume reaktor
  2. Menentukan diameter dan tinggi reaktor
  3. Merancang *Head*
  4. Merancang pengaduk
  5. Merancang koil pemanas

Gambar Reaktor :



Keterangan gambar:

1. *Head*
2. *Gas Holder*
3. *Shell*
4. *Koil Pemanas*
5. *Screw Pump*
6. *Bottom*

Langkah-langkah dalam perancangan Reaktor adalah :

**A. Menghitung Neraca Massa di sekitar Reaktor**

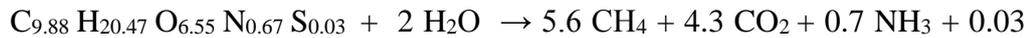
Kondisi :

Suhu (T) = 35 °C

pH = 7

HRT = 35 hari

Reaksi dalam Reaktor :



H<sub>2</sub>S

Laju alir massa input = 6903,98 kg/jam

Komponen	Nilai Persentase (%)		
	Intil	Urin	SM
VS	17,73	0,18	88,09
TS	24,04	0,99	11,67
AIR	75,96	99,01	88,33
ABU	7,74	1,37	11,91

Dari tabel nilai persentase di atas dapat diperoleh gabungan nilai VS, TS, Air, dan abu.

Dimana,

Berat basah = TS + Air

Jika, Berat Kering (TS) = VS + Abu

Jadi, Berat basah = (VS + Abu) + Air

Dari Perhitungan yang diperoleh hasil dapat dilihat dalam tabel di bawah ini.

Komponen	Nilai Massa (kg/jam)		
	Intil	Urin	SM
VS	88,280	0,049	212,921
TS	371,096	26,916	0,000
AIR	1573,280	2734,254	1829,487
ABU	38,539	0,375	28,787
<b>TOTAL</b>	<b>2071,195</b>	<b>2761,594</b>	<b>2071,195</b>

Dengan menggunakan model *Boyle* dari modifikasi *Buswell* dan *Mueller* akan diperoleh nilai persen gas CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, dan NH<sub>3</sub> yang akan terbentuk.

$$C_aH_bO_cN_dS_e + \left(a - \frac{b}{4} - \frac{c}{2} + \frac{3 \cdot d}{4} + \frac{e}{2}\right) H_2O$$

$$\rightarrow \left(\frac{a}{2} + \frac{b}{8} - \frac{c}{4} - \frac{3 \cdot d}{8} - \frac{e}{4}\right) CH_4$$

$$+ \left(\frac{a}{2} - \frac{b}{8} + \frac{c}{4} + \frac{3 \cdot d}{8} + \frac{e}{4}\right) CO_2 + d NH_3 + e H_2S$$

Eq. *Buswell and Mueller*

Diperlukan data prosentase kandungan senyawa C, H, O, N, dan S dari masing-masing bahan persatuan kg VS. Kemudian diperoleh nilai Kmole. Hasil dapat dilihat di tabel dibawah ini. Nilai berat mole dapat digunakan sebagai perhitungan menggunakan rumus *Buswell and Mueller*.

Komponen	Prosentase (%)		Ar	kMol
	SM	Kambing		
C (a)	48,57	30,17	12	9,88
H (b)	7,2	6,39	1	20,47
O (c)	42,33	27,21	16	6,55
N (d)	3,825	2,37	14	0,67
S (e)	0,4	0,34	32	0,03

Perhitungan koefisien reaksi

$$\text{Senyawa CH}_4 = \frac{a}{2} + \frac{b}{8} - \frac{c}{4} - \frac{3.d}{8} - \frac{e}{4} = 5,61$$

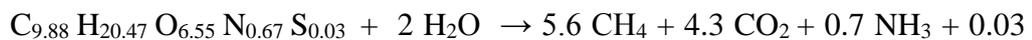
$$\text{Senyawa CO}_2 = \frac{a}{2} - \frac{b}{8} + \frac{c}{4} + \frac{3.d}{8} + \frac{e}{4} = 4,28$$

$$\text{Senyawa H}_2\text{S} = e = 0,03$$

$$\text{Senyawa NH}_3 = d = 0,67$$

$$\text{Senyawa H}_2\text{O} = a - \frac{b}{4} - \frac{c}{2} + \frac{3.d}{4} + \frac{e}{2} = 2,01$$

Didapat reaksi sebagai berikut :



H<sub>2</sub>S

Dari hasil perhitungan koefisien maka akan diperoleh nilai persen dari masing-masing senyawa gas yang terbentuk. Hasil dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Komponen	Koefisien	Liter/kgVS	Persen (%)
CH <sub>4</sub>	5,61	0,49	52,95
CO <sub>2</sub>	4,28	0,38	40,42
H <sub>2</sub> S	0,03	0,003	0,33
NH <sub>3</sub>	0,67	0,06	6,30
H <sub>2</sub> O	2,01	0,18	18,99
Jumlah	10,58	0,93	100,00

Nilai *yield* yang digunakan 62,78 % (nilai ini digunakan untuk menentukan jumlah massa VS yang terdegradasi menjadi biogas)

Maka, keluaran reaktor yang dihasilkan sebagai berikut:

Gas CH<sub>4</sub> = *persen CH<sub>4</sub> yang terbentuk x (persen yield x massa VS)*

$$= \frac{52,95}{100} \times \left[ \frac{62,78}{100} \times 301,25 \text{ kg/jam} \right]$$
$$= 100,15 \text{ kg/jam}$$

Gas CO<sub>2</sub> = *persen CO<sub>2</sub> yang terbentuk x (persen yield x massa VS)*

$$= \frac{40,42}{100} \times \left[ \frac{62,78}{100} \times 301,25 \text{ kg/jam} \right]$$
$$= 76,44 \text{ kg/ jam}$$

Gas H<sub>2</sub>S = *persen H<sub>2</sub>S yang terbentuk x (persen yield x massa VS)*

$$= \frac{0,33}{100} \times \left[ \frac{62,78}{100} \times 301,25 \text{ kg/jam} \right]$$
$$= 0,62 \text{ kg/ jam}$$

Gas NH<sub>3</sub> = *persen NH<sub>3</sub> yang terbentuk x (persen yield x massa VS)*

$$= \frac{6,30}{100} \times \left[ \frac{62,78}{100} \times 301,25 \text{ kg/jam} \right]$$
$$= 11,91 \text{ kg/ jam}$$

Gas H<sub>2</sub>O yang terbentuk sebagai berikut ini.

Kondisi Operasi dimana:

$$T = 35 \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow P_{\text{s H}_2\text{O}} = 5,62 \text{ Kpa}$$

$$P = 4 \text{ atm (gas diatur hingga mencapai tekanan segini)} = 405,32 \text{ Kpa}$$

$$X_{\text{air}} = 0,9 \text{ (dianggap kandungan air dalam reaktor mencapai 90\%)}$$

$$\begin{aligned}
\text{Maka, mol gas H}_2\text{O (y H}_2\text{O)} &= \frac{P_s}{P} \times X \text{ air dalam reaktor} \\
&= \frac{5,62 \text{ Kpa}}{405,32 \text{ Kpa}} \times 0,9 \\
&= 0,0125 \text{ kmol}
\end{aligned}$$

Mol H<sub>2</sub>O yang terbentuk menjadi biogas sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
&= \frac{y_{H_2O}}{1 - y_{H_2O}} \times (m_{CH_4} + m_{CO_2} + m_{H_2S}) \\
&= 0,101 \text{ Kmol} \qquad = 1,82 \text{ kg/jam}
\end{aligned}$$

<b>Komponen</b>	<b>kg/jam</b>	<b>BM</b>	<b>IN (kmol)</b>
CH <sub>4</sub>	100,15	16	6,26
CO <sub>2</sub>	76,44	44	1,74
H <sub>2</sub> S	0,62	34	0,02
H <sub>2</sub> O	1,82	18	0,10
Total			8,12

Jumlah VS hasil keluaran reaktor:

$$\begin{aligned}
\text{VS hasil bawah reaktor} &= 301,25 \text{ kg/jam} - (62,78 \% \times 301,25 \text{ kg/jam}) \\
&= 112,13 \text{ kg/jam}
\end{aligned}$$

Gas NH<sub>3</sub> dianggap mudah bereaksi dengan air sehingga menjadi hasil bawah reaktor. Senyawa NH<sub>3</sub> memiliki sifat yang mudah bereaksi dengan air.

Didapat neraca massa reaktor sebagai berikut ini.

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	5	6	7
VS	301,25	0,00	112,13
TS	398,01		398,01
H <sub>2</sub> O (Cair)	6872,39		6870,56
ABU	67,70		67,70
CaO	2,46		2,46
CH <sub>4</sub>		100,15	
CO <sub>2</sub>		76,44	
H <sub>2</sub> S		0,62	
H <sub>2</sub> O (Gas)		1,82	
NH <sub>3</sub>			11,91
Subtotal	7641,81	179,04	7462,77
<b>Total</b>	<b>7641,81</b>	<b>7641,81</b>	

## B. Menghitung Neraca Panas di Sekitar Reaktor

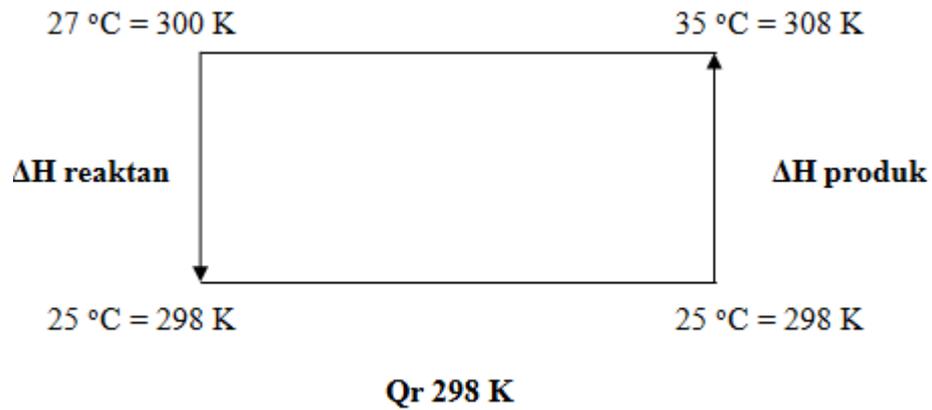
Data suhu :

$$T_{\text{input}} = 27 \text{ }^{\circ}\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$T_{\text{output}} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C} = 308 \text{ K}$$

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

## Neraca Panas Reaktor Biogas



Data kapasitas panas komponen padatan :

Perhitungan  $C_p$  beberapa padatan (J/mol.K) dengan menggunakan metode

Hurst dan Harrison, dimana nilai kontribusi unsur atom adalah :

Unsur Atom	$\Delta z$
C	10,89
H	7,56
O	13,42

Rumus metode Hurst dan Harison :

$$C_{ps} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot \Delta_{Ei}$$

Dimana :

$C_{ps}$  = Kapasitas panas padatan pada 298 K ( J/mol.K)

$n$  = Jumlah unsur atom yyang berbeda dalam suatu senyawa

$N_i$  = Jumlah unsur atom I dalam senyawa

$\Delta E_i$  = Nilai dari distribusi atom I pada tabel

Data kapasitas panas untuk komponen cairan :

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3$$

$$\int_{T_{ref}}^{T_R} c_p \cdot dT = \left[ AT + \frac{BT^2}{2} + \frac{CT^3}{3} + \frac{DT^4}{4} + \frac{ET^5}{5} \right]_{T_{ref}}^{T_R}$$

Komponen	A	B	C	D
H <sub>2</sub> O	92,053	-3,9953E-02	-2,1103E-04	5,3469E-07
NH <sub>3</sub>	-182,157	3,36E+00	-1,44E-02	2,04E-05

Data kapasitas panas untuk fase gas :

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

Komponen	A	B	C	D	E
CH <sub>4</sub>	34,94	-4,00E-02	1,92E-04	-1,53E-07	3,93E-11
CO <sub>2</sub>	27,44	4,23E-02	-1,96E-05	4,00E-09	-2,99E-13
H <sub>2</sub> S	3,93	1,49E+03		-2,32E-06	
H <sub>2</sub> O	33,93	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12

$$\int_{T_1}^{T_2} c_p \cdot dT = \left[ AT + \frac{BT^2}{2} + \frac{CT^3}{3} + \frac{DT^4}{4} \right]_{T_1}^{T_2}$$

## 1. Menghitung Q pemanas

Neraca Panas Masuk ( $\Delta H_2$ )

Komponen	massa, kg/jam	$\int Cp \cdot dT$ (kJ/kg)	$\Delta H_2$ (kJ/jam)
Sampah makanan	2071,20	3,6	7456,3028
Kotoran kambing	2071,20	2,2	4556,6295
Urin Kambing	2761,59	4,032	11134,7455
CaO	2,46	1,0426	2,5634
Air	735,37	5,1096	3757,4068
<b>Total</b>			<b>23147,678</b>

Neraca Panas Keluaran Atas ( $\Delta H_5$ )

Komponen	massa, kg/jam	BM, kg/kmol	$\int Cp \cdot dT$ (kJ/kg)	$\Delta H_5$ (kJ/jam)
CH <sub>4</sub>	100,15	16	22,8267	2286,1210
CO <sub>2</sub>	76,44	44	8,7663	670,1174
H <sub>2</sub> S	0,62	34	132767,4633	82629,4105
H <sub>2</sub> O	1,82	18	18,7018	34,0956
<b>Total</b>				<b>85619,7445</b>

Neraca Panas Keluaran Bawah ( $\Delta H_6$ )

Komponen	massa, kg/jam	BM, kg/kmol	$\int Cp \cdot dT$ (kJ/kg)	$\Delta H_6$ (kJ/jam)
C <sub>9,88</sub> H <sub>20,47</sub> O <sub>6,55</sub> N <sub>0,67</sub> S <sub>0,03</sub>	6714,86	254,17	1,4289	9594,610616
H <sub>2</sub> O	735,37	18	5,1026	3752,307813
CaO	2,46	56,077	2223,2564	5466,471617
NH <sub>3</sub>	11,91	17	-10,5693	-125,8698894
<b>Total</b>	<b>7464,59</b>			<b>18687,52016</b>

$$\Delta H_{in} \text{ total} = 23147,678 \text{ Kj/jam}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{out} \text{ total} &= \Delta H_5 + \Delta H_6 \\ &= 104307,2647 \text{ Kj/jam} \end{aligned}$$

Panas Reaksi  $\Delta H_R$  298 K  
(Referensi:  $\Delta H_f$  dari buku yaws)

Komponen	$\Delta H_f$ (kj/kmol)	massa (kg/jam)	n (kmol/jam)	n. $\Delta H_f$ (kj/jam)
$C_{9.88} H_{20.47} O_{6.55}$ $N_{0.67} S_{0.03}$	-871	6903,98407	27,1629	-23656,13457
H <sub>2</sub> O	-285,8	7353,6659	408,5370	-116759,8731
CH <sub>4</sub>	-74,85	100,15121	6,2595	-468,5198583
CO <sub>2</sub>	-393,51	76,44258	1,737331394	-683,6572767
H <sub>2</sub> S	-20,6	0,62236	0,018304762	-0,377078091
NH <sub>3</sub>	-45,9	11,909	0,700528178	-32,15424336

$$\Delta H_f (298 \text{ K}) = 740,99 \text{ Kj/jam}$$

$$\Delta H_{reaktan} = -514351,76 \text{ Kj/jam}$$

$$\Delta H_{produk} = 508765,80 \text{ Kj/jam}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{rx} (308) &= \Delta H_f (298 \text{ K}) + \Delta H_{produk} - \Delta H_{reaktan} \\ &= 1023858,565 \text{ Kj/jam} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Q_{pemanas} &= \Delta H_{out} - (\Delta H_R + \Delta H_{in}) \\ &= 104307,2647 \text{ Kj/jam} - (1023858,565 + 23147,678) \end{aligned}$$

Kj/jam

$$= -942698,978 \text{ Kj/jam}$$

## 2. Menghitung Steam sebagai media pemanas dalam reaktor

$$T_s \text{ input} = 100^\circ\text{C}$$

$$P_s \text{ input} = 1 \text{ atm}$$

$$T_s \text{ Output} = 75^{\circ}\text{C}$$

$$P_s \text{ Output} = 1 \text{ atm}$$

Smith,2001, Appendix F,Steam Tabela hal 668

Pada kondisi  $T = 100^{\circ}\text{C}$  dan  $P = 1 \text{ atm}$ , diperoleh :

$$H_v = 2.676 \text{ kJ/kg}$$

$$H_I = 419 \text{ kJ/kg}$$

$$q = H_v(100^{\circ}\text{C}) - H_I(100^{\circ}\text{C})$$

$$= 2.257 \text{ kJ/kg}$$

Jumlah steam yang dibutuhkan :

$$m = (dQ/dT)/q$$

$$= 417,678 \text{ kg/jam}$$

Panas Masuk (Kkal/jam)		Panas Keluar (Kkal/jam)	
Panas masuk	23147,678	Panas keluar	104307,2647
Panas yang ditambahkan	-942698,978	Panas reaksi	1023858,565
<b>Total</b>	<b>-919551,301</b>	<b>Total</b>	<b>1128165,8298</b>

### C. Menentukan Volume reaktor

$$\text{Laju alir massa (F)} = 7.641,81094 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas campuran} = 450,0962 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{OLR} = 1 \text{ gr VS/l/hari}$$

Waktu tinggal gas ( $\tau$ ) = 2 hari

Tekanan gas = 4 atm

Faktor Kelonggaran = 20%

Tabel BM campuran dalam fase gas reaktor

Komponen	kmol	xi	Mr (kg/kmol)	xi.Mr
CH4	6.2595	0.5096	16	8.1536
CO2	2.2762	0.1853	44	8.1536
H2S	2.9456	0.2398	34	8.1536
NH3	0.7005	0.0570	17	0.9695
H2O	0.1013	0.0082	18	0.1484
Jumlah	12.2831	1.0000	129	25.5788

a. Menentukan volume cairan dalam reaktor

$$V_{cairan} = \frac{\text{berat Vs dalam reaktor} \times 24 \text{ jam}}{OLR/1000}$$

$$V_{cairan} = \frac{\left(301,25 \frac{kg}{jam}\right) \times 24 \text{ jam}}{\frac{1 \frac{gr}{l}}{hari} / 1000}$$

$$V_{cairan} = 7.230,0144 \text{ m}^3$$

b. Menentukan volume headspace dalam reaktor

$$V_{headspace} = \frac{\text{berat Vs} / \text{BM campuran} \times R \times T}{P} \times \text{waktu tinggal gas } (\tau)$$

$$V_{headspace} = \frac{\left(301,25 \frac{kg}{jam}\right) \times 0,08201 \text{ l.atm} / \text{K.mol} \times 308 \text{ K}}{4 \text{ atm}} \times 48 \text{ jam}$$

$$V \text{ head space} = 3.571,9979 \text{ m}^3$$

c. Volume fluida total reaktor

$$\begin{aligned}
V_t &= (V \text{ cairan} + V \text{ headspace}) \times 1,2 \\
&= (7.230,0144 \text{ m}^3 + 3.571,9979 \text{ m}^3) \times 1,2 \\
&= 12.962,4148 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

#### D. Menentukan diameter dan tinggi reaktor

Jenis : Silinder Vertikal

Head : *Torispherical dished head*

Bahan : *Stainless Steel SA 167 grade 10 tipe 310*

$$V = 12.962,4148 \text{ m}^3$$

Rasio H/D

Perbandingan tinggi tangki dengan diameter tangki (Hs : D) = 2 : 5

Volum silinder :

$$V_t = \frac{\pi D^2 H}{4} = \frac{\pi 2,5 D^3}{4} \quad D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

Volum head = 0,000049 x D<sup>3</sup> (Brownell hal 88 pers 5.11)

V tangki total = Volum silinder + Volum head

$$V = (2,5 \cdot \frac{\pi}{4} D^3) + (2 \cdot 0,000049 D^3)$$

$$\text{Maka, } D \text{ (Diameter tangki)} = \sqrt[3]{\frac{V_R}{\left(\frac{2,5 \pi}{4} + 2 \cdot 0,000049\right)}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{12.962,4148 \text{ m}^3}{\left(\frac{2,5 \times 3,14}{4} + 2 \times 0,000049\right)}}$$

$$= 18,7622 \text{ m} \quad = 61,5559 \text{ ft}$$

$$H_s \text{ (Tinggi Silinder)} = \frac{2}{5} D = \frac{2}{5} 18,7622 \text{ m} = 7,5049 \text{ m} = 24,6224 \text{ ft}$$

Diambil ukuran standar tangki : ( App., E, Brownell)

Diameter standar = 60 ft = 720 in = 18,2880 m  
 Tinggi standar = 24 ft = 288 in = 7,3152 m  
 Sehingga kapasitas standar tangki sebesar = 12.9090 bbl = 2.052,3632

m<sup>3</sup>

### Menentukan Tebal *shell*

Direncanakan menggunakan bahan konstruksi Stainless-steel SA-167, tipe 310 (Brownell & Young hal: 342)

Pertimbangannya : Slurry dalam reaktor bersifat asam dan waktu tinggalnya lama, sehingga mudah berkarat.

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + C$$

Dimana,

$t_s$  = tebal shell, in

$r_i$  = jari-jari shell, (D/2), in

$f$  = allowable stress, psi (Tabel 13.1 Brownell 251)

$E$  = joint efisiensi tipe *double-butt weld* (Tabel 13.2 Brownell 254)

$C$  = faktor koreksi, in (Tabel 6. Timmerhaus, 1991: 542)

$P$  = internal pressure, lb/in<sup>2</sup>

Jika, diketahui data sebagai berikut:

$r_i$  = 360 in

$f$  = 18750 psia (Tabel 13.1 Brownell 251)

$E$  = 0.8 (Tabel 13.2 Brownell 254)

$C$  = 0.125 in (Tabel 6. Timmerhaus, 1991: 542)

$$P = 17,642 \text{ psia}$$

Sehingga, tebal shell adalah:

$$t_s = \frac{17,642 \text{ psia} \times 360 \text{ in}}{18750 \text{ psia} \times 0.8 - 0.6 \times 17,642 \text{ psia}} + 0.125 \text{ in}$$

$$t_s = 0,5487 \text{ in}$$

Diambil tebal standart yaitu  $t_s = 0,6250 \text{ in}$

## E. Head Design

### 1. Menentukan jenis Head

Head yang digunakan adalah jenis *Torispherical dished head*

Keterangan :

T = tebal head, in

icr = inside corner radius, in

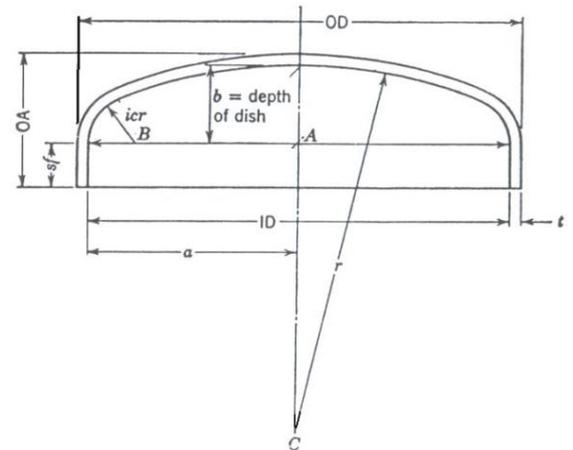
r = radius of dish, in

OD = outside diameter, in

ID = inside diameter, in

b = depth of dish, in

sf = Straight flange



### 2. Material : *Stainless Steel SA 167 grade 10 tipe 310*

### 3. Menentukan tekanan desain reaktor

$$P_{\text{operasi}} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psia}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{\rho(g/gc)H_L}{144} = \frac{12,21092 \text{ lb/ft}^3 \times (9,8/9,8) \times 13,7336 \text{ ft}}{144} = 1,1650 \text{ psi}$$

Tekanan desain 5 – 10% di atas tekanan kerja normal/absolut (Coulson, 1983). Tekanan desain diambil 5% di atas tekanan kerja normal.

$$P_{\text{desain}} = 1,05 \times (P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}})$$

$$P_{\text{desain}} = 1,05 \times (14,7 + 1,1650)$$

$$P_{\text{desain}} = 16,6582 \text{ psi}$$

### 4. Menentukan tebal head (th)

$$t_h = \frac{0.885 P \cdot r_c}{f \cdot E - 0,1 \cdot P} + C \quad \text{Eq. 13.2p.258 (Brownell and Young, 1959)}$$

keterangan :

- P = Tekanan Perancangan, Psi
- F = Tekanan maksimum yang diijinkan pada bahan, psi
- E = Welded joint efficiency
- D = Diameter, in
- th = tebal head, in
- C = faktor koreksi, in (Tabel 6. Timmerhaus, 1991: 542)

Jika, diketahui data sebagai berikut:

- D = 720 in
- f = 18750 psia (Tabel 13.1 Brownell 251)
- E = 0.8 (Tabel 13.2 Brownell 254)
- C = 0.125 in (Tabel 6. Timmerhaus, 1991: 542)
- P = 16,6582 psia

Sehingga, tebal shell adalah:

$$t_s = \frac{0,885 \times 16,6582 \text{ psia} \times 720 \text{ in}}{18750 \text{ psia} \times 0.8 - 0,1 \times 16,6582 \text{ psia}} + 0.125 \text{ in}$$

$$t_h = 0,5484 \text{ in}$$

Diambil tebal standart yaitu  $t_h = 0,6250 \text{ in}$

##### 5. Menentukan Tinggi Head

$icr = 6\% \times OD$  (For torispherical dished head in which the knuckle radius is 6% of the inside crown radius)

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID} + 2ts \\ &= 720 \text{ in} + (2 \times 15,7480 \text{ in}) \\ &= 721,25 \text{ in} \end{aligned}$$

$$r_c = 721,25 \text{ in}$$

$$icr = 6\% \times 721,25 \text{ in} = 43,2750 \text{ in}$$

Data *Stainless Steel SA 167 grade 10 tipe 310* ( Apendix D, item 4 )

$$F = 18750 \text{ psi}$$

$$E = 0,8 \text{ (double welded but joint)}$$

$$a = \frac{ID}{2} = 360 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr = 316,7250 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 677,9750 \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2} = 599,4459 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 121,8041 \text{ in}$$

Dari tabel 5.6 Brownell hal.88 dengan th 5/8 in didapat sf = 1.5 - 3,5 in

Perancangan digunakan sf = 3 in

$$\begin{aligned} \text{OA (H}_h) &= th + b + sf \\ &= 0,625 \text{ in} + 121,8041 \text{ in} + 3 \text{ in} \\ &= 125,4291 \text{ in} = 10,450 \text{ ft} = 3,1860 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal bottom slab} = 0,1875 \text{ m} = 22,0472 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga tinggi total tangki} &= \text{tinggi tangki} + \text{tutup (head +bottom)} \\ &= 7,32 \text{ m} + 3,1860 \text{ m} + 0,1875 \text{ m} = 10,6935 \text{ m} \end{aligned}$$

## F. Perancangan sistem pengaduk

Jenis pengaduk yang digunakan adalah pompa dengan tipe *screw pump*. Alasan menggunakan pengaduk berupa pompa yaitu:

1. Pompa dapat membuat larutan bagian atas ikut teraduk secara sempurna. Sehingga, larutan teraduk secara homogen.
2. Apabila mengalami kerusakan mudah untuk diganti dan tidak membutuhkan waktu yang lama. Sehingga proses produksi dapat terus berjalan.

$$\text{Laju alir massa (F)} = 7.641,8094 \text{ kg/jam} = 4,6798 \text{ lbm/s}$$

$$\text{Densitas slurry organik } (\rho) = 450,0962 \text{ kg/m}^3 = 28,0986 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\text{Viskositas slurry organik } (\mu) = 0,00051 \text{ lbm/ft s} = 1,8385 \text{ lbm/ft.hr}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju Alir Volumetrik } Q &= \frac{F}{\rho} = \frac{4,6798 \text{ lbm/s}}{28,0986 \text{ lbm/ft}^3} = 0,1665 \text{ ft}^3/\text{s} \\ &= 0,0047 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{opt} &= 0,363 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 0,0721 \text{ m} = 2,8387 \text{ in} \end{aligned}$$

Digunakan pipa dengan spesifikasi sebagai berikut (Appendix A.5 hal 892, Geankoplis)

Ukuran pipa nominal = 2,5 in

Schedule pipa	= 40
OD	= 2,875 in
ID	= 2,469 in
At	= 0,03322 ft <sup>2</sup>

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot ID}{\mu} = 66.087,9239$$

Effisiensi daya motor :  $\eta = 70 \%$

$$\text{maka daya motor} = \frac{0,2207 \text{ hp}}{0,7} = 0,3153 \text{ hp}$$

Dipakai daya motor standar = 0,33 hp

### G. Merancang Koil pemanas

Koil pemanas dirancang dengan alasan:

1. Reaksi yang berlangsung dalam reaktor bersifat eksotermis rendah, sehingga membutuhkan suplai panas sebesar 8 °C dari 27 °C menjadi 35 °C . Karena reaksi terjadi pada suhu 35°C, maka suhu di reaktor harus dijaga tetap pada suhu tersebut. Untuk menjaga agar suhu di dalam reaktor tetap pada 35 °C dengan menggunakan steam.
2. Menentukan ukuran dan putaran koil.

$$\text{Laju alir massa (F)} = 7.641,8094 \text{ kg/jam} = 4,6798 \text{ lbm/s}$$

$$\text{Densitas slurry organik } (\rho) = 450,0962 \text{ kg/m}^3 = 28,0986 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\text{Viskositas slurry organik } (\mu) = 0,00051 \text{ lbm/ft s} = 1,8385 \text{ lbm/ft.hr}$$

$$\text{Panas spesifik slurry organik } (c) = 8,67 \text{ kkal/kmol} \\ = 4,0300 \text{ Btu/lb. Ft}$$

$$\text{Konduktivitas bahan } (k) = 0,381 \text{ Btu/(hr.ft}^2\text{)(F/ft)(Kern, 1959)}$$

$$\text{Kecepatan putar pengaduk } (N) = 91,711 \text{ rev/hour}$$

$$\text{Laju Alir Volumetrik } Q = \frac{F}{\rho} = \frac{4,6798 \text{ lbm/s}}{28,0986 \text{ lbm/ft}^3} = 0,1665 \text{ ft}^3/\text{s} \\ = 0,0047 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan linear, } v = \frac{Q}{at} = 0 \text{ ft/s}$$

$$\text{Bilangan Reynold, } N_{Re} = \frac{L^2 N \rho}{\mu} = \\ \frac{(34,4520 \text{ ft})^2 \times 91,71 \frac{\text{rev}}{\text{hour}} \times 28,0986 \text{ lbm/ft}^3}{1,8385 \text{ lbm/ft.hr}} \\ = 980.748.531$$

$$jH = 2.300 \quad (\text{Figure 20.2 hal 718Kern})$$

$$\left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3} = 2,6892$$

$$\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14} = 1,0796$$

$$h_c = j \frac{k}{D} \left(\frac{c\mu}{k}\right)^{-\left(\frac{1}{3}\right)} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{-0,14} \\ = 9.951,1678 \text{ Btu/hr.ft}^2\text{F}$$

Bahan untuk koil adalah IPS 3 in, Sch 40 (Kern, Tabel 11)

$$\text{OD} = 3,5 \text{ in} = 0,2917 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 3,068 \text{ in} = 0,2557 \text{ ft}$$

a. Menghitung koefisien perpindahan panas untuk steam,  $h_o$

$$\begin{aligned} h_{oi} &= \frac{OD}{ID} x h_i \\ &= 11.352,3753 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{F} \end{aligned}$$

b. Menghitung koefisien,  $U_c$

$$\begin{aligned} U_c &= \frac{(h_i x h_o)}{(h_i + h_o)} \\ &= 5.320,8450 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F} \end{aligned}$$

c. Menghitung  $H_d$

$$\text{Asumsi } R_d = 0,005 \quad (\text{Kern, 1950})$$

$$\begin{aligned} H_d &= \frac{1}{R_d} \\ &= 200 \text{ Btu/jam.ft}^2 \end{aligned}$$

d. Menghitung koefisien  $U_d$

$$\begin{aligned} U_d &= \frac{(U_c x h_d)}{(U_c + h_d)} \\ &= 192,7310 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F} \end{aligned}$$

e. Panas yang dibutuhkan

Dari perhitungan neraca panas pada reaktor, diketahui jumlah panas yang harus diserap oleh air pendingin adalah:

$$Q = -942698,978 \text{ Kj/jam}$$
$$= -184.297,8051 \text{ Btu/jam}$$

f. Menghitung  $\Delta T$

$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 80,6 \text{ F}$$

$$T_2 = 35^\circ\text{C} = 95 \text{ F}$$

$$\text{maka } \Delta T = 14,4 \text{ F}$$

g. Menghitung luas permukaan perpindahan panas pada koil, A

$$A = \frac{Q}{(Ud \times \Delta T)} = 37,7381 \text{ ft}^2$$

$$\text{Eksternal surface IPS } 1 \frac{1}{2} \text{ in sch 40} = 0,3180 \text{ ft}^2/\text{ft (Fig.10, Kern)}$$

$$\text{Jika diameter helix ( D satu putaran), Dh} = 21 \text{ in} = 1,75 \text{ ft}$$

h. Luas permukaan tiap 1 putaran,

$$A_p = \pi \times 1,75 \text{ ft} \times 0,3180 \text{ ft}^2/\text{ft} = 1,7474 \text{ ft}^2$$

$$\text{Maka jumlah putaran yang dibutuhkan} = \frac{A}{A_p} = 21,5966 =$$

31 *putaran*

$$\text{Panjang koil} = \frac{A}{\text{external surface}} = 118,6732 \text{ ft}$$

Dimana :

U = koefisien panas *overall* (btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F)

Q = panas yang harus diserap (btu/jam)

A = luas perpindahan panas (ft<sup>2</sup>)

h<sub>i</sub> = nilai panas bagian dalam (btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F)

h<sub>io</sub> = nilai panas bagian luar (btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F)

Hd = *dirty factor* (Btu/hr.ft<sup>2</sup>.°F)

h<sub>o</sub> = koefisien panas *overall* bagian luar (Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F)

h<sub>oi</sub> = diameter dalam referensi (Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F)

Rd = *dirt of fouling factor* hr.ft<sup>2</sup>.F/btu

Ud = koefisien perpindahan panas desain  
*overall* (Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F)

Uc = *overall cleancoefisien* (Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F)

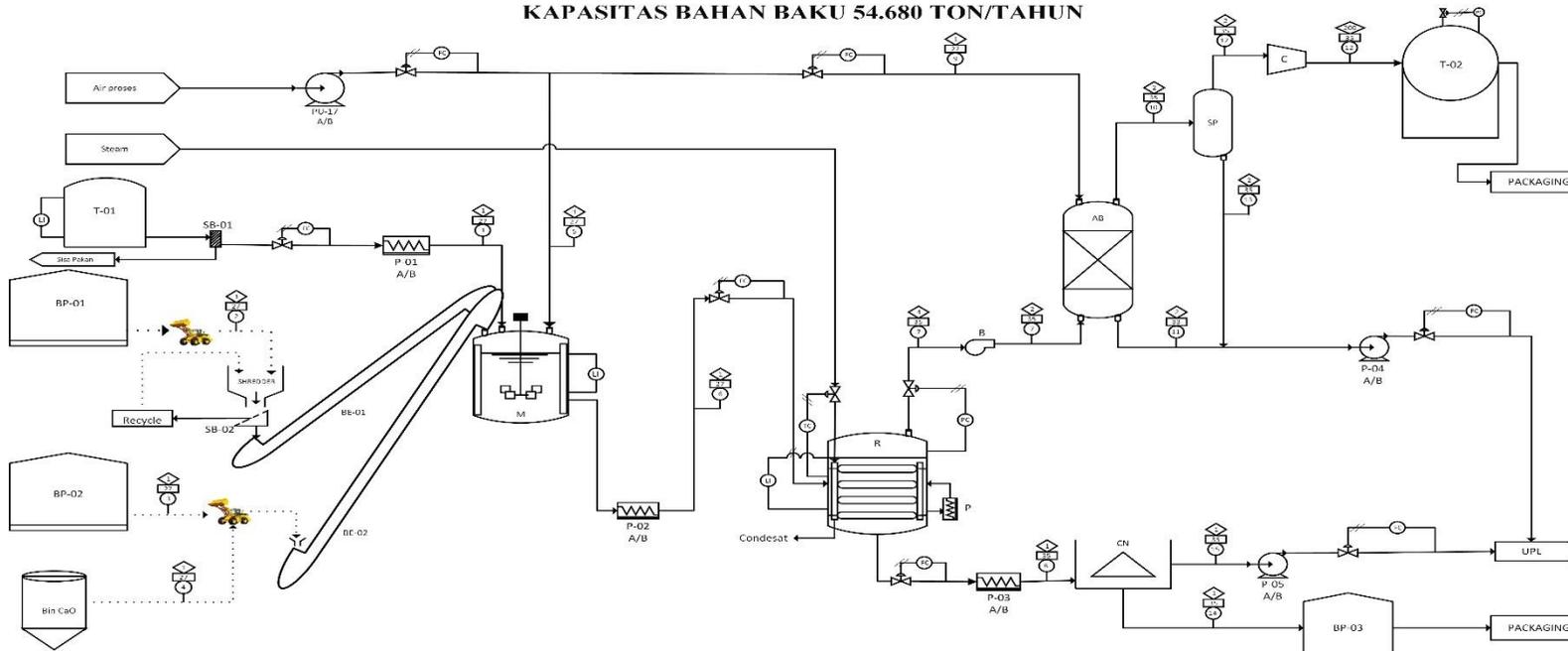
### Kesimpulan Koil Pemanas

No	Parameter	Nilai	Satuan
1.	Uc	5.320,8450	Btu/jam.ft <sup>2</sup> .F
2.	Ud	192,7310	Btu/jam.ft <sup>2</sup> .F
3.	A	37,7381	ft <sup>2</sup>
4.	Jumlah putaran	22	Putaran
5.	Panjang koil	118,6732	ft

# LAMPIRAN B

# LAMPIRAN B

## PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRARANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI LIMBAH PETERNAKAN KAMBING DAN LIMBAH ORGANIK RUMAH MAKAN KAPASITAS BAHAN BAKU 54.680 TON/TAHUN



Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
VS	0,05	212,92	88,25	-	-	301,25	-	112,13	-	-	-	-	-	-	-
IS	26,92	0,00	371,10	-	-	298,01	-	398,01	-	-	-	-	-	-	6870,56
H <sub>2</sub> O (Cair)	2734,25	1829,49	1573,28	-	735,37	6872,39	-	6870,56	625,26	-	623,86	-	3,16	-	-
ABH	0,37	28,79	38,54	-	-	67,70	-	67,70	-	-	-	-	-	-	-
CaO	-	-	-	2,46	-	2,46	-	2,46	-	-	-	-	-	-	2,46
CH <sub>4</sub>	-	-	-	-	-	-	-	100,15	-	100,15	-	87,00	15,15	-	-
CO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	76,04	-	34,80	42,01	3,75	30,07	-	-
H <sub>2</sub> S	-	-	-	-	-	-	-	0,62	-	0,29	0,23	0,001	0,39	-	-
NH <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	11,91	-	-	-	-	-	-	11,91
H <sub>2</sub> O (Gas)	-	-	-	-	-	-	-	1,82	-	1,23	-	0,094	-	-	-
Papuk Padat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	377,84
Jumlah	2761,59	2071,20	2071,20	2,46	735,37	7641,81	179,04	7463,77	625,26	138,17	666,14	90,73	47,36	577,84	6884,93

KETERANGAN SIMBOL
○ : Nomor Arus
◇ : Tekanan, atm
◻ : Suhu, °C
⊗ : Control Valve
— : Arus Sinyal Pneumatik
— : Arus Sinyal Listrik
→ : Arus Proses dan Steam
⋯ : Arus Diskret

KETERANGAN ALAT & INSTRUMEN
BP = BAK PENAMPUNG
SB = SCREEN BAR
P = POMP
BE = Bucket Elevator
M = MIXER
R = REAKTOR
AB = ABSORBER
SP = SEPARATOR
B = BLOWER
C = KOMPRESOR
CN = CENTRIFUGE
FC = FLOW CONTROL
TC = TEMPERATURE CONTROL
LI = LEVEL INDICATOR
PC = PRESSURE CONTROL



JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM  
PRA RACANGAN PABRIK BIOGAS DARI LIMBAH PETERNAKAN  
KAMBING DAN LIMBAH ORGANIK RUMAH MAKAN  
KAPASITAS BAHAN BAKU 54.680 TON/TAHUN

Disusun Oleh:  
1. Nur Dwiyani Syukriyati (14521009)  
2. Fanya Aulia Nadhira (14521020)

Dosen Pembimbing:  
1. Ir. Pratikno Hidayat, M.Sc.  
2. Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.