

TA/TK/2018/108

**PRA RANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI FRAKSI
ORGANIK SAMPAH PADAT KOTA YOGYAKARTA,
SLEMAN DAN BANTUL DENGAN KAPASITAS
PRODUKSI 122.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Oleh :

Nama : Derin Adimar

Nama : Arief Kharisma Pratama

No. Mhs : 14521011

No. Mhs : 14521024

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2018

**PRA RANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI FRAKSI
ORGANIK SAMPAH PADAT KOTA YOGYAKARTA,
SLEMAN DAN BANTUL DENGAN KAPASITAS
PRODUKSI 122.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Oleh :

Nama : Derin Adimar

Nama : Arief Kharisma Pratama

No. Mhs : 14521011

No. Mhs : 14521024

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2018

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRA RANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI FRAKSI
ORGANIK SAMPAH PADAT KOTA YOGYAKARTA,
SLEMAN DAN BANTUL DENGAN KAPASITAS
PRODUKSI 122.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Derin Adimar

Nama : Arief Kharisma Pratama

No. Mhs : 14521011

No. Mhs : 14521024

Yogyakarta, 7 Desember 2018

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian 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.



Derin Adimar

Arief Kharisma Pratama

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI FRAKSI
ORGANIK SAMPAH PADAT KOTA YOGYAKARTA,
SLEMAN DAN BANTUL DENGAN KAPASITAS
PRODUKSI 122.000 TON/TAHUN**



Nama : Derin Adimar

Nama : Arief Kharisma Pratama

No. Mhs : 14521011

No. Mhs : 14521024

Yogyakarta, 7 Desember 2018

Pembimbing I,

Ir. Drs. Faisal R M, M. T., Ph. D.

Pembimbing II,

Dr. Khamdan Cahyari, ST, M.Sc

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN

PABRIK BIOGAS DARI FRAKSI ORGANIK SAMPAH PADAT KOTA YOGYAKARTA, SLEMAN DAN BANTUL DENGAN KAPASITAS BAHAN BAKU 175.403 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Derin Adimar

Nama : Arief Kharisma Pratama

No. Mhs : 14521011

No. Mhs : 14521024

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

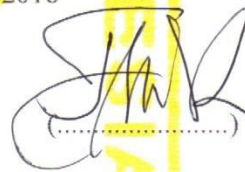
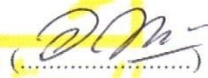
Yogyakarta, 20 Desember 2018

Tim Penguji.

Ir. Drs. Faisal R M, M.T., Ph. D.
Ketua

Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph. D.
Anggota I

Tintin Mutiara, S.T., M.Eng.
Anggota II



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Suharno Rusdi, Ph. D.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Ucapan syukur kepada Allah SWT atas pembelajaran yang telah diberikan kepadaku, dan ampunilah aku yang “terkadang harus memilih jalan yang salah untuk menemukan suatu kebenaran”.

Hasil karya ini ku persembahkan kepada:

Ayahku Inmarlinianto dan ibuku Desi Trimiastuti yang sangat Derin cintai yang telah memberikan segala hal baik sehingga aku bisa sampai disini menyelesaikan skripsi ini. Ucapan terimakasihku tak henti – hentinya ku berikan untuk ayah dan ibuku yang selalu mendoakan yang terbaik untukku.

Untuk kakakku Dinmar Pratama, terimakasih untuk supportnya selalu menyemangatiku dalam hal apapun, semoga pekerjaan dan rezekimu selalu lancar mas.

Terimakasih kepada Karina Puspita Anjani yang selalu memberikan support, selalu menemani disaat terpuruk, selalu ada dan memberi solusi disaat aku ada masalah sehingga skripsiku bisa terselesaikan. Terimakasih menjadi orang yang sangat berpengaruh dihidupku. Terimakasih telah hidup didunia ini.

Terimakasih atas kerjasamanya, untuk partner Tugas Akhir ku, Arief Kharisma Pratama, yang telah berjuang bersama-sama, maaf jika aku banyak salah padamu, demi menyelesaikan Tugas Akhir tepat waktu. Semoga kita sukses dunia akhirat.

Terimakasih kepada Bapak Ir. Drs. Faisal R M, M. T., Ph. D. selaku pembimbing 1 dan Bapak Dr. Khamdan Cahyari S.T., M.Sc selaku pembimbing 2 ku yang selalu perhatian kepada anak bimbingannya dan terimakasih atas kesediannya telah meluangkan waktu untuk membimbing ku banyak hal terutama untuk bekerja mandiri dan berpikir logis. Terimakasih atas nasehat-nasehat dan motivasi

yang telah diberikan. Dan juga kepada bapak Terimakasih atas kesediannya telah meluangkan waktu untuk membimbing dan berbagi ilmu, memberiku pengalaman yang berharga. Bersyukur Allah mempertemukan ku dengan orang-orang hebat, terima kasih atas semuanya.

Sahabat-sahabat ku, teman-teman seperjuanganku dikampus dan di kehidupanku, Indra, Adam, Ade, Yani, Qonita, Maya, Kamei, dll

Buat sahabatku satu-satunya Tubagus Mahesa terimakasih atas supportnya, semoga kamu bisa segera menyusul segera lulus.

Sukses selalu untuk kita semua

Derin Adimar

LEMBAR PERSEMBAHAN

Ucapan syukur kepada Allah SWT atas pembelajaran yang telah diberikan kepadaku, dan ampunilah aku yang “terkadang harus memilih jalan yang salah untuk menemukan suatu kebenaran”.

Hasil karya ini ku persembahkan kepada:

Kedua orangtua ku yang sangat aku sayangi Bapak Ir. Ranudianto (alm) dan Ibu Dra. Ida Syarifah, yang telah membesarkanku, mendidikku, dan memberikan kasih sayang serta selalu mendoakan yang terbaik untuk ku. Maafkan Arief jika selama ini Arief belum bias memberikan yang terbaik untuk Ibu Bapak.

Adikku Allysa Rizqi Ramadhani yang sangat baik kakak selalu doakan yang terbaik untukmu, semoga kuliahmu diberi kelancaran, menjadi anak yang shalihah dan berprestasi.

Terimakasih atas kerjasamanya, untuk partner Tugas Akhir ku, Derin Adimar, yang telah berjuang Bersama-sama, maaf jika aku banyak salah padamu, demi menyelesaikan Tugas Akhir tepat waktu. Semoga kita sukses dunia akhirat.

Terimakasih kepada Bapak Ir. Drs. Faisal R M, M. T., Ph. D. selaku pembimbing 1 dan Bapak Dr. Khamdan Cahyari S.T., M.Sc selaku pembimbing 2 ku yang selalu perhatian kepada anak bimbingannya dan terimakasih atas kesediannya telah meluangkan waktu untuk membimbing ku banyak hal terutama untuk bekerja mandiri dan berpikir logis. Terimakasih atas nasehat-nasehat dan motivasi yang telah diberikan. Dan juga kepada bapak Terimakasih atas kesediannya telah meluangkan waktu untuk membimbing dan berbagi ilmu, memberiku pengalaman yang berharga. Bersyukur Allah mempertemukan ku dengan orang-orang hebat, terima kasih atas semuanya.

Sahabat-sahabat ku, teman-teman seperjuanganku dikampus dan di kehidupanku,
Whisnu, Indra, Adam, Ade, Taufik, Fanya, Yani, Tri, Rizka, Kamei, dll.

Buat teman-teman kopma Albert, Aji, Dimas, Meka, Arinda, Yusuf, dll.

Buat teman-teman kerja praktek OJT Inalum dari Unsyiah, Eki, Reja, Rizki, Bang
Heru, Hafiz, Rendi, Ajuar, dll.

Buat teman-teman kkn, Fikrat, Wendy, Garry, Cholis, Fazi, Tri, Nawang.

Terima kasih atas pertemuan 4 tahun di Jogjakarta. Banyak hal hidup yang aku
dapat dari kalian. Terimakasih atas segala support, dan candaan yang terukir
dalam hidupku. Sukses selalu buat kita semua.

Arief Kharisma Pratama

LEMBAR MOTO

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.

(QS. Al-Insyirah:6-8)

Tubuh dibersihkan dengan air. Jiwa dibersihkan dengan air mata. Akal dibersihkan dengan pengetahuan. Dan jiwa dibersihkan dengan cinta.

(Ali Bin Abi Thalib)

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 “ PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN BIOGAS DARI FRAKSI ORGANIK SAMPAH PADAT KOTA YOGYAKARTA, SLEMAN DAN BANTUL DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 122.000 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.
2. Kedua Orang tua yang telah memberikan doa, motivasi, dukungan, dan bantuan yang tiada hentinya.
3. Keluarga yang selalu memberikan semangat.
4. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia UII
5. Bapak Ir. Drs. Faisal R M, M. T., Ph. D. 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. Teman-teman Teknik Kimia 2014 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 amal 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, 7 Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
LEMBAR MOTO	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
ABSTRAK	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tinjauan Pustaka	4
1.2.1 Sampah	4
1.2.2 Biogas	9
BAB II PERANCANGAN PRODUK	16
2.1 . Spesifikasi Produk.....	16
2.1.1. Produk Utama.....	16
2.1.2. Produk Intermediate	17

2.2	Spesifikasi Bahan Baku.....	20
2.2.1	Sampah Organik	20
2.3	Spesifikasi Bahan Penunjang	21
2.3.1	Natrium Hidroksida (NaOH).....	21
2.3.2	Hydrogen chloride (HCl).....	21
2.3.3	Air (H ₂ O).....	22
2.3.4	Oksigen (O ₂).....	23
2.3.5	Nikel Alumina	24
2.3.6	Zinc Oxide (ZnO).....	24
2.3.7	Zeolit (Al _x Si _y O _z . nH ₂ O).....	24
2.3.8	<i>Chromia-promoted Iron Oxide</i> (Fe ₂ O ₃)	25
2.4	Pengendalian Kualitas	25
2.4.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku	25
2.4.2	Pengendalian Kualitas Proses.....	26
2.4.3	Pengendalian Kualitas Produk.....	26
BAB III PERANCANGAN PROSES.....		28
3.1	Uraian Proses	28
3.2	Spesifikasi Alat.....	33
3.3	Prancangan Produksi	47
3.3.1	Analisis Kebutuhan Bahan Baku	47
3.3.2	Analisis Kebutuhan Peralatan Proses	48
BAB IV PERANCANGAN PABRIK		49

4.1	Lokasi Pabrik.....	49
4.1.1	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik.....	49
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	52
4.2	Tata Letak Pabrik	53
4.3	Tata Letak Alat/Mesin Proses	57
4.4	Aliran Proses dan Material.....	61
4.4.1	Neraca Massa	61
4.4.2.	Neraca Panas	67
4.5	Perawatan (Maintenance).....	68
4.6	Utilitas	70
4.6.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>).....	76
4.6.2	Unit Pembangkit Steam (<i>Steam Generation System</i>)	79
4.6.3	Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>)	80
4.6.4	Unit Penyediaan Udara Tekan.....	81
4.6.5	Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	81
4.7	Organisasi Perusahaan.....	84
4.7.1	Bentuk Perusahaan	84
4.7.2	Struktur Organisasi.....	85
4.7.3	Tugas dan Wewenang	88
4.7.4	Ketenagakerjaan	93
4.7.5	Jadwal Kerja Karyawan.....	95

4.7.6	Perincian Jumlah Karyawan	97
4.7.7	Kesejahteraan Karyawan	99
4.7.8	Sistem Gaji Pegawai.....	99
4.7.9	Fasilitas Karyawan	101
4.8	Evaluasi Ekonomi	104
4.8.1	Penaksiran Harga Peralatan.....	105
4.8.2	Dasar Perhitungan	109
4.8.3	Perhitungan Biaya	110
4.8.4	Analisa Kelayakan.....	111
4.8.5	Hasil Perhitungan	115
4.8.6	Analisa Keuntungan	120
4.8.7	Hasil Kelayakan Ekonomi.....	121
BAB V PENUTUP.....		125
5.1	Kesimpulan.....	125
5.2	Saran.....	126
DAFTAR PUSTAKA		127
LAMPIRAN A.....		A-1
PERHITUNGAN REAKTOR		A-1
PEFD.....		A-25

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Komposisi sampah beberapa kota di Indonesia	5
Tabel 1.2. Karakteristik sampah padat di area KARTAMANTUL	8
Tabel 1.3. Komponen Penyusun Biogas	10
Tabel 4.1. Areal bangunan Pabrik Gas Metana (Biogas).....	56
Tabel 4.2. Neraca Massa Total.....	61
Tabel 4.3. Neraca Massa di Bak Penampung.....	63
Tabel 4.4. Neraca Massa di Shredder.....	63
Tabel 4.5. Neraca Massa di Organik Trommel	63
Tabel 4.6. Neraca Massa di Shredder.....	64
Tabel 4.7. Neraca Massa di Mixer	64
Tabel 4.8. Neraca Massa di Reaktor Biogas	65
Tabel 4.9. Neraca Massa di Absorber CO ₂	66
Tabel 4.10. Neraca Massa di Separator.....	66
Tabel 4.11. Neraca Massa di Centrifuge.....	67
Tabel 4.12. Neraca Panas di Mixer	67
Tabel 4.13. Neraca Panas di Reaktor Biogas	68
Tabel 4.14. Neraca Panas di Absorber CO ₂	68
Tabel 4.15. Kebutuhan Air Proses	77
Tabel 4.16. Kebutuhan Air Pembangkit Listrik.....	77

Tabel 4.17. Kebutuhan Air Untuk Keperluan	78
Tabel 4.18. Jadwal Pembagian Kerja Karyawan Shift.....	97
Tabel 4.19. Kebutuhan Operator Per Alat Proses	98
Tabel 4.20. Gaji Karyawan	100
Tabel 4.21. <i>Chemical Engineering Plant Cost Index</i>	107
Tabel 4.22. <i>Physical Plant Cost</i>	116
Tabel 4.23. <i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	116
Tabel 4.24. <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	116
Tabel 4.25. <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	117
Tabel 4.26. <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	117
Tabel 4.27. <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	118
Tabel 4.28. <i>Total Manufacturing Cost (TMC)</i>	118
Tabel 4.29. <i>Working Capital (WC)</i>	118
Tabel 4.30. General Expense (GE)	119
Tabel 4.31. Total Biaya Produksi.....	119
Tabel 4.32. <i>Fixed Cost (Fa)</i>	119
Tabel 4.33. <i>Variabel Cost (Va)</i>	120
Tabel 4.34. <i>Regulated Cost (Ra)</i>	120
Tabel 4.35. Evaluasi Ekonomi	124

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Grafik Penggunaan Bahan Bakar Minyak.....	2
Gambar 1.2. Grafik Kenaikan Jumlah Sampah Padat.....	9
Gambar 1.3. Proses Pembentukan Biogas.....	12
Gambar 4.1. <i>Lay Out</i> Pabrik	55
Gambar 4.2. Diagram Alir Kualitatif	59
Gambar 4.3. Diagram Alir Kuantitatif	60
Gambar 4.4. Diagram Alir Air Utilitas	62
Gambar 4.5. Struktur Organisasi.....	87
Gambar 4.6. Grafik BEP	123

ABSTRAK

Pertumbuhan populasi yang cepat di Yogyakarta menyebabkan banyak penambahan rumah penduduk baru. Selain itu jumlah sampah padat hasil rumah tangga 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 Biogas perlu dirancang.

Desain pabrik teknik kimia Biogas ini dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan gas metana di Yogyakarta. Sampah padat rumah tangga yang selanjutnya akan diambil fraksi sampah organik dan digunakan sebagai bahan mentah dalam produksi biogas. Produksi biogas ini menggunakan proses digester anaerob. Pabrik ini akan dibangun di kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pabrik ini beroperasi secara kontinyu selama 330 hari / tahun, dengan kapasitas produksi sampah organik 122.000 ton / tahun dan menghasilkan produk CH_4 dengan kapasitas 4.182,899 ton / tahun, produk samping pupuk sebesar 9.261,443 ton/tahun, dan produk samping sampah plastik sebesar 35.782,35 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 Biogas layak secara teknis dimana pabrik ini memiliki tingkat bahaya yang rendah dilihat dari proses dimana suhu yang digunakan berkisar 27-35°C dan tekanan berkisar 1-4 atm. Dan bahan baku pembantu yaitu NaOH yang mudah dan memiliki sifat yang tidak berbahaya. Pabrik Biogas ini juga layak secara finansial. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi, kita dapat melihat bahwa persentase Break Even Point (BEP) adalah 42,91 % Return on Investment (ROI) sebelum pajak adalah 43,68 % dan setelah pajak adalah 21,84 %, Pay Out Time (POT) sebelum pajak adalah 2 Tahun dan setelah pajak adalah 3,1 tahun, Shut Down Point (SDP) 25,92 %, *Discounted Cash Flow Rate* adalah 14,80 %, Laba sebelum pajak adalah Rp. 54.129.325.778 dan laba setelah pajak adalah Rp. 27.064.662.889.

Kata kunci: Limbah Sampah Padat, Dapur Limbah Padat, Biogas, digester anaerob

ABSTRACT

Rapid population growth in Yogyakarta causes the number of new houses built increased. In addition, the solid waste quantity from civilian resident 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 engineering plant design of biogas was intended to fulfill the needed of methane gas in Yogyakarta. Solid waste by civilian residents in the next can be take the organic waste fraction from Sleman, Bantul and Yogyakarta, are used as raw materials in biogas production. This Biogas production used anaerobic digester process. The plant will be built in Bantul county, Special Region of Yogyakarta. This plant operates continuously for 330 days/year with organic waste produc 122.000 ton/year and producing product of CH_4 with capacity of 4.182,899 ton/year, side product of fertilizer of 9.261,443 ton/year, and side product of plastic waste of 35.782,35 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 projectis concluded that this Biogas plant is technically feasible where this plant has a low hazard rate seen from the process where the temperatures used range from 27-35 ° C and pressures range from 1-4 atm. And the auxiliary raw material, NaOH, is easy and has no harmful properties. This Biogas plant is also financially feasible. Based on the results of economic evaluation, we can see that the percentage of Break Even Point (BEP) is 42,91 %, Return on Investment (ROI) before tax is 43,68 % and after tax is 21,84 %, Pay Out Time (POT) before tax is 2 years and after tax is 3.1 years, Shut Down Point (SDP) is 25,92 %. Discounted Cash Flow Rate is 14,80 %, Pre-tax profit is Rp. 54.129.325.778 and profit after tax is Rp. 27.064.662.889.

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

BAB I

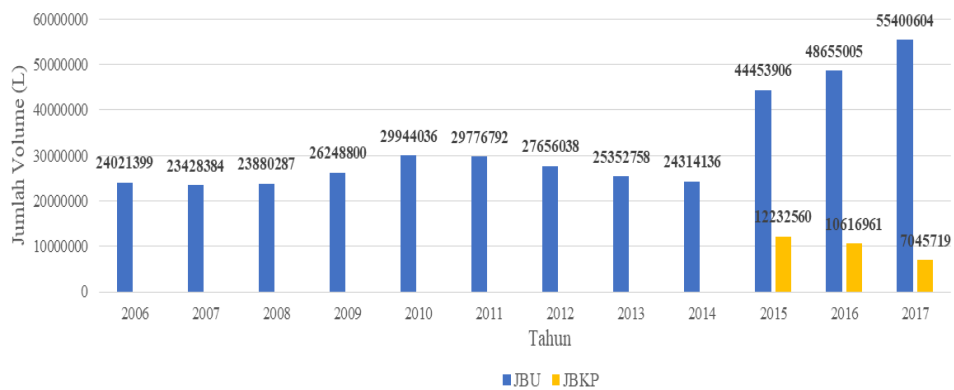
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis energi, meningkatnya sampah pada tahun 2017, dan perubahan iklim yang sangat signifikan merupakan tiga isu penting, karena menyangkut keberlangsungan hidup manusia. Dengan adanya peningkatan jumlah penduduk maka konsumsi energi, pangan, jumlah sampah akan terus meningkat apabila paradigma ini terus berlanjut tanpa adanya diversifikasi energi dan pengelolaan sampah yang selalu naik drastis maka akan terjadi krisis energi dan kerusakan lingkungan. Ketika pemenuhan akan kebutuhan energi terus dilakukan maka akan adanya dampak lain, yaitu ketidakseimbangan alam yang berimplikasi perubahan iklim.

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

Berikut data grafik penggunaan bahan bakar minyak dan gas di Indonesia berdasarkan jumlah volume konsumsi dan tahun penggunaan.



Gambar 1.1 Grafik Penggunaan Bahan Bakar Minyak dan Gas di Indonesia

(Sumber : www.bphmigas.go.id)

Gas metan adalah salah satu komponen gas rumah kaca yang menyumbang 15% dari seluruh komponen penyebab pemanasan global. Sekitar 50% emisi gas metan dihasilkan dari kegiatan agribisnis, dengan 20%-60% sampah, terutama pada sampah organik. Bertambahnya sampah organik akan berbanding lurus dengan bertambahnya biogas yang bisa diproduksi. Demikian pula gas metan akan meningkat karena sampah organik dapat menghasilkan gas metan. Bila sampah organik hanya ditumpuk dan gas metananya tidak ditampung, Maka gas metan akan terlepas ke udara sehingga memberi kontribusi gas efek rumah kaca.

Padahal gas metan yang terdapat pada sampah organi; dapat dikelola menjadi salah satu sumber energi alternatif. Untuk itu perlu dilakukan upaya penanganan limbah sampah organik lebih lanjut sehingga dapat meminimalisir bahkan menghilangkan dampak pencemaran sekaligus menciptakan sumber energi alternatif yang berbasis recycle.

Hal ini didukung oleh adanya peraturan Presiden Republik Indonesia nomor 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak. Kebijakan tersebut menekankan pada sumber daya yang dapat diperbaharui sebagai alternatif pengganti bahan bakar minyak dan didukung pula oleh Kementrian ESDM dengan program dan kegiatan prioritas Direktorat Jendral Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi tahun 2011, yaitu pembangunan mandiri energi dengan sasaran 50 desa dan pembangunan digester biogas skala rumah tangga dengan sasaran 3.600 unit

Oleh karena itu upaya diversifikasi sumber energi alternatif yang dapat diperbarui (*renewable*) perlu dilakukan. Salah satu sumber energi alternatif yang relevan dilakukan di Indonesia adalah biogas. Gas ini berasal dari berbagai macam limbah organik seperti sampah biomassa, kotoran manusia, kotoran hewan dapat dimanfaatkan menjadi energi melalui proses anaerobik digestion. Proses ini merupakan peluang besar untuk menghasilkan energi alternatif sehingga akan mengurangi dampak penggunaan bahan bakar fosil dan mengatasi permasalahan limbah organik khususnya limbah peternakan.

Salah satu sumber energi alternatif adalah biogas. Gas ini berasal dari berbagai macam limbah di Indonesia ada dua menurut ESDM, yaitu geothermal dan biogas organik seperti sampah biomassa, kotoran manusia, kotoran hewan dapat dimanfaatkan menjadi energi melalui proses anaerobik digestion. Proses ini merupakan peluang besar untuk menghasilkan energi alternatif sehingga akan mengurangi dampak penggunaan bahan bakar fosil dan mengatasi permasalahan limbah organik khususnya limbah sampah organik.

Biogas merupakan salah satu sumber energi alternatif, dalam pengaplikasiannya gas yang dihasilkan dari biogas dapat menjadi sumber bahan bakar yang dapat bersifat komplementer maupun substitusi dengan gas

elpiji (LPG) dan dapat dijadikan sumber pembangkit listrik, Selain itu, pada proses pembuatan biogas akan dihasilkan ikutan berupa sludge yang dapat digunakan sebagai pupuk organik. Maka dari itu Biogas ini layak untuk diterapkan untuk menambah opsi-opsi penyelesaian permasalahan seputar limbah, perubahan iklim dan sumber energi alternatif berbasis sampah padat

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Sampah

Secara terbatas yang dimaksud dengan sampah adalah tumpukan bahan bekas dan sisa tanaman (daun, sisa sayuran, sisa buangan lain), atau sisa kotoran hewan atau benda-benda lain yang dibuang. Dalam pengertian luas, sampah diartikan sebagai benda yang dibuang, baik yang berasal dari alam maupun dari hasil proses teknologi (Reksosoebroto, 1990). Sampah padat adalah segala bahan buangan selain kotoran manusia, urine, dan sampah cair yang secara normal berbentuk padatan. Dapat berupa sampah rumah tangga, sampah dapur, sampah kebun, sampah plastik, metal, gelas dan lain-lain.

1.2.1.1 Komposisi Sampah

Berdasarkan jenis bahannya, sampah padat dapat digolongkan menjadi dua yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik, yaitu sampah yang terdiri dari daun-daunan, kayu, kertas, karton, tulang, sisa-sisa makanan ternak, sayur dan buah. Sampah organik adalah sampah yang mengandung senyawa-senyawa organik yang tersusun oleh unsur-unsur karbon (C), hydrogen (H), dan oksigen (O). Bahan-bahan ini mudah di degradasi (diurai) oleh mikrobia atau bisa disebut *biodegradable*. *Biodegradable* yaitu sampah yang dapat diuraikan secara sempurna oleh proses biologi baik aerob atau anaerob. Sampah anorganik, yaitu sampah yang terdiri dari plastik, gelas, mika, kaleng, besi, dan logam-logam lainnya atau bahan-bahan yang tidak tersusun oleh senyawa-senyawa organik. Sampah ini tidak dapat terdegradasi oleh mikrobia atau bisa disebut *non-*

biodegradable. *Non-biodegradable* yaitu sampah yang tidak bisa diuraikan oleh proses biologi. Sebagian besar sampah anorganik tidak dapat diurai oleh alam atau mikroorganisme secara keseluruhan (*un-biodegradable*). Sementara, sebagian lainnya hanya dapat diuraikan dalam waktu yang lama.

Sampah kota sebagian besar merupakan jenis sampah organik.

Hal ini terlihat pada Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.1 Komposisi sampah beberapa kota di Indonesia

Komposisi (%)	Semarang	Bandung	Jakarta	Yogyakarta
Bahan Organik	68,75	73,25	73,92	69,6
Kertas	5,45	9,70	10,18	7,64
Plastik	14,15	8,58	7,86	20,4
Logam	-	0,50	2,04	-
Kulit	-	0,40	0,55	-
Kayu	-	3,60	0,98	-
Tekstil	-	0,90	1,57	0,86
Gelas	0,16	0,43	1,75	0,93
Lain-lain	5,97	2,64	1,22	0,57

(Sumber : Gunamantha, M., and Sarto, International Journal of Renewable Energy, Vol. 41, 2012.)

Berdasarkan data dari Tabel 1.1 dapat disimpulkan bahwa dengan mengolah bahan organik dari sampah kota, maka permasalahan sampah dapat direduksi lebih dari 60% total sampah yang dibuang tiap harinya

1.2.1.2 Karakteristik Sampah

Karakteristik sampah adalah sebagai berikut :

- a. *Garbage*, yaitu jenis sampah yang terdiri dari sisa-sisa potongan hewan atau sayuran dari hasil pengolahan yang sebagian besar terdiri dari zat-zat yang mudah membusuk, lembab, dan mengandung sejumlah air bebas.

- b. *Rubbish*, yaitu jenis sampah terdiri dari sampah yang dapat terbakar atau yang tidak dapat terbakar yang berasal dari rumah-rumah, pusat-pusat perdagangan, kantor-kantor, tapi yang tidak termasuk *garbage*.
- c. *Ashes* (Abu), yaitu sisa-sisa pembakaran dari zat-zat yang mudah terbakar baik di rumah, di kantor, industri.
- d. *Street Sweeping* (Sampah Jalanan), berasal dari pembersihan jalan dan trotoar baik dengan tenaga manusia maupun dengan tenaga mesin yang terdiri dari kertas-kertas, daun-daunan.
- e. *Dead Animal* (Bangkai Binatang), yaitu bangkai-bangkai yang mati karena alam, penyakit atau kecelakaan.
- f. *Houshold Refuse*, yaitu sampah yang terdiri dari *rubbish*, *garbage*, *ashes*, yang berasal dari permukaan.
- g. *Abandoned Vehicles* (Bangkai Kendaraan), yaitu bangkai-bangkai mobil, truk, kereta api.
- h. Sampah industri terdiri dari sampah padat yang berasal dari industri-industri, pengolahan hasil bumi.
- i. *Demolition Wastes*, yaitu sampah yang berasal dari pembongkaran gedung.
- j. *Construction Wastes*, yaitu sampah yang berasal dari sisa pembangunan, perbaikan dan pembaharuan gedung-gedung.
- k. *Sewage Solid*, terdiri dari benda-benda kasar yang umumnya zat organik hasil saringan pada pintu masuk suatu pusat pengelolaan air buangan.
- l. Sampah khusus, yaitu sampah yang memerlukan penanganan khusus misalnya kaleng-kaleng cat, zat radioaktif. (Mukono, 2006)

1.2.1.3 Sifat – Sifat Sampah Padat

Sifat sampah padat atau yang lebih dikenal dengan sampah adalah sifat-sifat sampah yang meliputi sifat fisik, kimia, dan biologis. Berikut diuraikan karakteristik-karakteristik sampah menurut Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil (1993) :

a. Sifat Fisik

Sifat fisik sampah meliputi berat jenis, *field capacity*, kadar air, ukuran partikel, distribusi ukuran partikel, dan permeabilitas sampah yang terpadatkan.

b. Sifat Kimia

Sifat kimia sampah meliputi *proximate analysis* (kadar air, kadar volatil, *fixed carbon*, dan kadar abu), titik lebur, *ultimate analysis* (kadar karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, fosfor), dan kandungan energi.

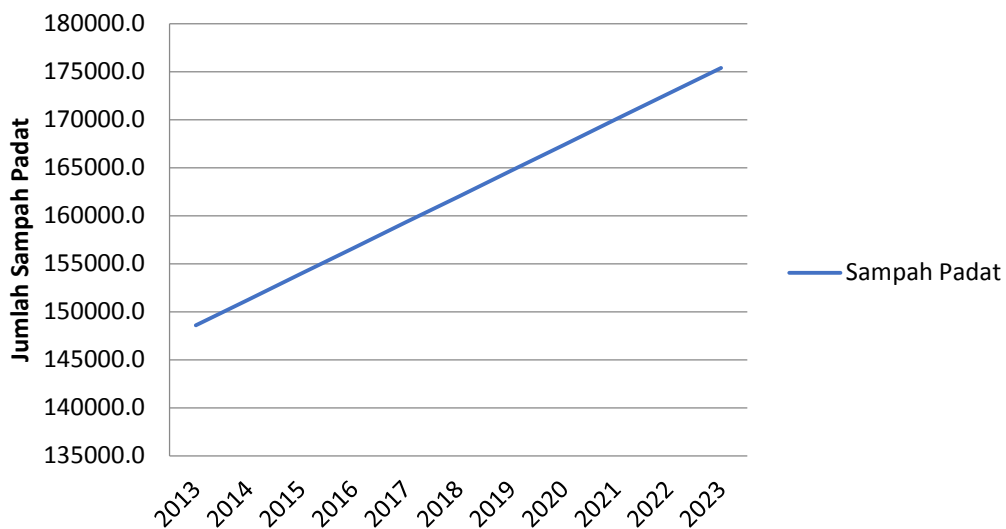
Karakteristik sampah padat gabungan dari tiga daerah di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yaitu Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul dapat dilihat pada tabel 1.2.

Tabel 1.2 Karakteristik sampah padat di area KARTAMANTUL

Parameter	Unit	Plastik	Sampah organik	Kayu	Kertas	Tekstil	Karet dan Kulit
Komposisi	% wt	14,69	60,99	2,18	6,46	5,32	2,12
Kandungan air	% wt	17,89	84,83	40,15	38,93	41,72	8,43
<i>Total solid (TS)</i>	% wt	82,11	15,17	59,85	61,07	58,28	91,57
<i>Volatile matter (Vm)</i>	% db	88,09	64,64	67,74	44,94	82,84	55,88
Abu	% db	7,84	28,49	9,12	35,80	4,83	42,90
<i>Fixed Carbon (FC)</i>	% db	4,07	6,89	24,15	19,26	12,34	1,23
<i>Volatile solid</i>	% db	-	10,19	-	-	-	-
<i>C-biogenic</i>	% db	0,00	40,415	44,53	32,53 ^b	35,27 ^b	32,26 ^b
C-fosil	% db	61,44 ^a	-	-	0,81 ^b	23,51 ^b	2,29 ^b
C	% db	61,44 ^a	40,415	44,53	33,34 ^a	58,78	46,32 ^a
N	% db	0,00	4,765	2,68	1,98	1,84	3,81 ^a
S	% db	0,00	0,430	0,12	0,32	0,13	0,13 ^a
Cl	gr/kg	1,59	10,27	3,705	0,78	4,53	9,58
Nilai pemanasan	Gj/ton	30,70	2,26	2,42	12,4	130,34	25,45

(Sumber : Gunamantha, M., and Sarto, International Journal of Renewable Energy, Vol. 41, 2012.)

Berikut adalah grafik kenaikan jumlah sampah padat di area KARTAMATUL



Gambar 1.2 Grafik Kenaikan Jumlah Sampah Padat

(Sumber : Meidiana, C., “*Scenarios for Sustainable Final Waste Treatment in Developing Country*”, <http://dx.doi.org/10.5772/47157>)

1.2.2 Biogas

Biogas merupakan gas campuran metana (CH_4) karbondioksida (CO_2) dan gas lainnya yang didapat dari hasil penguraian bahan organik (seperti kotoran hewan, kotoran manusia, dan tumbuhan) oleh bakteri *metanogen*. Untuk menghasilkan biogas, bahan organik yang dibutuhkan, ditampung dalam *biodigester*. Proses penguraian bahan organik terjadi secara *anaerob* (tanpa oksigen). Biogas terbentuk pada hari ke-4~5 sesudah *biodigester* terisi penuh dan mencapai puncak pada hari ke-20~25. Biogas yang dihasilkan sebagian besar terdiri dari 50-70% metana (CH_4), 30-40% karbondioksida (CO_2) dan gas lainnya dalam jumlah kecil. (Fitria B, 2009 dalam Harsono, 2013).

Biogas dihasilkan apabila bahan-bahan organik terurai menjadi senyawa-senyawa pembentuknya dalam keadaan tanpa oksigen (*anaerob*). Fermentasi *anaerob* ini biasa terjadi secara alami di tanah yang basah, seperti dasar danau dan di dalam tanah pada kedalaman tertentu. Proses fermentasi adalah penguraian bahan-bahan organik dengan bantuan mikroorganisme. Fermentasi *anaerob* dapat menghasilkan gas yang mengandung sedikitnya 50% metana. Gas inilah yang biasa disebut dengan biogas. Biogas dapat dihasilkan dari fermentasi sampah organik seperti sampah pasar, daun-daunan, dan kotoran hewan yang berasal dari sapi, babi, kambing, kuda, atau yang lainnya, bahkan kotoran manusia sekalipun. Gas yang dihasilkan memiliki komposisi yang berbeda tergantung dari jenis hewan yang menghasilkannya (Firdaus, U.I, 2009 dalam Harsono, 2013). Biogas dapat dijadikan sebagai bahan bakar karena mengandung gas metana (CH_4) dengan persentase yang cukup tinggi dan titik nyala sebesar 645°C - 750°C .

Komponen biogas selengkapnya adalah sebagai berikut:

Tabel 1.3 Komponen Penyusun Biogas

Jenis Gas	Jumlah (%)
Metana (CH_4)	50 – 75
Karbon dioksida (CO_2)	27 – 45
Air (H_2O)	0,3
Hidrogen Sulfida (H_2S)	0 – 3
Nitrogen (N_2)	0,5 – 3
Hidrogen (H)	5 - 10

(Sumber : Meidiana, C., “*Scenarios for Sustainable Final Waste Treatment in Developing Country*”, <http://dx.doi.org/10.5772/47157>)

1.2.2.1 Pembentukan Biogas

Pada prinsipnya teknologi biogas adalah teknologi yang memanfaatkan proses *fermentasi* (pembusukan) dari sampah organik secara *anaerobik* (tanpa udara) oleh bakteri metan sehingga dihasilkan gas metan. Gas metan adalah gas yang mengandung satu atom C dan 4 atom H yang memiliki sifat mudah terbakar (Nandiyanto, 2007 dalam Harsono, 2013). Menurut (Haryati, 2006 dalam Harsono, 2013), proses pencernaan *anaerobik* merupakan dasar dari reaktor biogas yaitu proses pemecahan bahan organik oleh aktivitas bakteri *metanogenik* dan bakteri *asidogenik* pada kondisi tanpa udara.

Bakteri ini secara alami terdapat dalam limbah yang mengandung bahan organik, seperti kotoran binatang, feses manusia, dan sampah organik rumah tangga. Bahan organik yang bisa digunakan sebagai bahan baku industri ini adalah sampah organik, limbah yang sebagian besar terdiri dari kotoran dan potongan-potongan kecil sisa-sisa tanaman, seperti jerami dan sebagainya serta air yang cukup banyak. Teknologi biogas pada dasarnya memanfaatkan proses pencernaan yang dilakukan oleh bakteri *methanogen* yang produknya berupa gas metan (CH_4)

Gas metan hasil pencernaan bakteri tersebut dapat mencapai 60% dari keseluruhan gas hasil reaktor biogas sedangkan sisanya didominasi karbondioksida (CO_2).

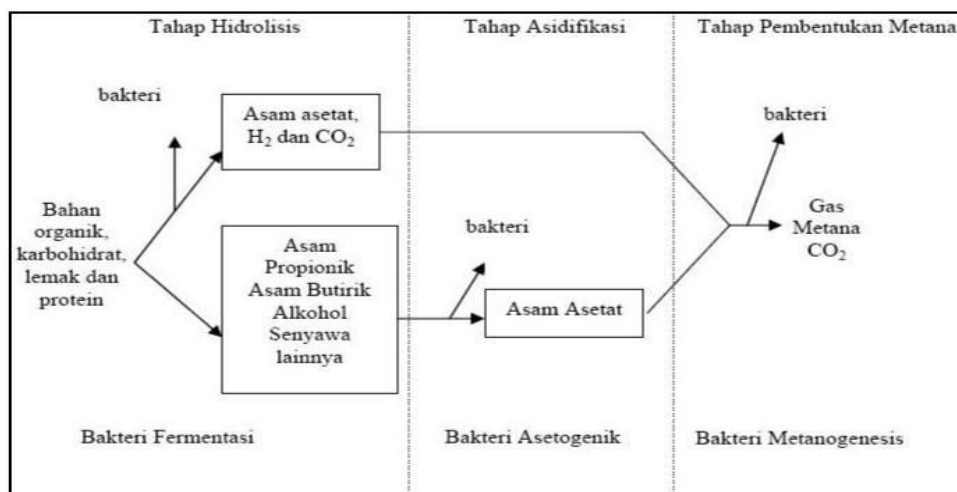
Dalam Lazuardy (2008) Secara umum menurut (Sweeten, 1979 dalam Harsono, 2013) yang disitasi oleh (Fentenot, 1983 dalam Harsono, 2013), menerangkan bahwa proses fermentasi limbah ternak di dalam tangki pencernaan dapat berlangsung selama 60-90 hari, tetapi menurut (Sahidu, 1983 dalam Harsono, 2013), hanya berlangsung 60 hari saja dengan terbentuknya gas bio pada hari ke-5 dengan suhu pencernaan 28°C , sedangkan menurut (Hadi, 1981 dalam Harsono, 2013) gas bio sekitar 10-24 hari. Produksi biogas sudah terbentuk sekitar 10 hari. Setelah 10 hari

fermentasi sudah terbentuk lebih kurang 0,1-0,2 m³/kg dari berat bahan kering. Peningkatan penambahan waktu fermentasi dari 10 hingga 30 hari meningkatkan produksi biogas sebesar 50%. Biogas yang dihasilkan oleh biodigester sebagian besar terdiri dari 50-70% metana (CH₄), 30-40% karbondioksida (CO₂), dan gas lainnya dalam jumlah kecil (Hadi, 1981 dalam Harsono, 2013).

Ada tiga kelompok bakteri yang berperan dalam proses pembentukan biogas, yaitu:

1. Kelompok bakteri *fermentative*: *Streptococci*, *Bacteriodes*, dan beberapa jenis *Enterobacteriaceae*
2. Kelompok bakteri *asetogenik*: *Desulfovibrio*
3. Kelompok bakteri metana: *Mathanobacterium*, *Mathanobacillus*, *Methanosacaria*, dan *Methanococcus*

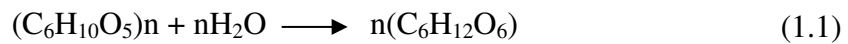
Bakteri *methanogen* secara alami dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti air bersih, endapan air laut, sapi, kambing, lumpur (*sludge*) kotoran *anaerob* ataupun TPA (Tempat Pembuangan Akhir) (Kamase Care, 2009, Harsono, 2013). Secara garis besar proses pembentukan biogas dapat dilihat pada Gambar 1 dan dibagi dalam tiga tahap yaitu: *hidrolisis*, *asidifikasi* (pengasaman) dan pembentukan gas metana.



Gambar 1.3 Proses Pembentukan Biogas.(Sumber : Sahlstrom, L. A., Bioresource Technology. 2003)

1.2.2.2 Tahap *Hidrolisis*

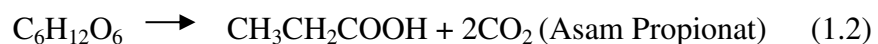
Tahap *Hidrolisis* merupakan tahap persiapan dimana senyawa kompleks organik diuraikan menjadi molekul-molekul sederhana.



Pada tahap *hidrolisis*, bahan organik *dienzimatis* secara eksternal oleh *enzim ekstraselular* (*selulose*, *amilase*, *protease* dan *lipase*) mikroorganisme. Bakteri memutuskan rantai panjang karbohidrat kompleks, protein dan *lipida* menjadi senyawa rantai pendek. Sebagai contoh *polisakarida* diubah menjadi *monosakarida* sedangkan protein diubah menjadi *peptida* dan *asam amino*.

1.2.2.3 Tahap *Asidifikasi (Pengasaman)*

Pada tahap ini bakteri menghasilkan asam, mengubah senyawa rantai pendek hasil proses pada tahap *hidrolisis* menjadi asam asetat, hidrogen (H_2) dan karbondioksida (CO_2). Bakteri tersebut merupakan bakteri *anaerobik* yang dapat tumbuh dan berkembang pada keadaan asam. Untuk menghasilkan asam *asetat*, bakteri tersebut memerlukan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen yang terlarut dalam larutan. Pembentukan asam pada kondisi *anaerobik* tersebut penting untuk pembentuk gas metana oleh mikroorganisme pada proses selanjutnya. Selain itu bakteri tersebut juga mengubah senyawa yang bermolekul rendah menjadi alkohol, asam organik, asam *amino*, karbondioksida, H_2S , dan sedikit gas metana. Berikut adalah senyawa hasil pembentukan melalui proses Asidifikasi (*Acidogenesis*) :



1.2.2.4 Tahap *Metanogenesis* (Pembentukan Gas Metana)

Pada tahap ini bakteri *metanogenik* mendekomposisikan senyawa dengan berat molekul rendah menjadi senyawa dengan berat molekul tinggi. Sebagai contoh bakteri ini menggunakan hidrogen, CO₂ dan asam *asetat* untuk membentuk metana dan CO₂. Bakteri penghasil asam dan gas metana bekerjasama secara simbiosis. Bakteri penghasil asam membentuk keadaan atmosfer yang ideal untuk bakteri penghasil metana. Sedangkan bakteri pembentuk gas metana menggunakan asam yang dihasilkan bakteri penghasil asam. Tanpa adanya proses simbiotik tersebut, akan menciptakan kondisi *toksik* bagi mikroorganisme penghasil asam (Kharistya Amaru, 2004).

Dalam reaktor biogas terdapat dua jenis bakteri yang sangat berperan, yakni bakteri asam dan bakteri metan. Kedua jenis bakteri ini perlu *eksis* dalam jumlah yang berimbang. Kegagalan reaktor biogas dapat dikarenakan tidak seimbangannya populasi bakteri metan terhadap bakteri asam yang menyebabkan lingkungan menjadi sangat asam ($\text{pH} < 7$) yang selanjutnya menghambat kelangsungan hidup bakteri metan. Keasaman *substrat* biogas dianjurkan untuk berada pada rentang pH 6,5 – 8. Bakteri metan ini juga cukup sensitif dengan temperatur. Temperatur 35°C diyakini sebagai temperatur optimum untuk perkembangbiakan bakteri metan (Junus, 1987 dalam Harsono, 2013).

Dalam (Rahayu, 2009, Harsono, 2013) menyatakan bahwa 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. Beberapa percobaan yang telah oleh dilakukan ISAT menunjukkan bahwa aktivitas *metabolisme* dari bakteri *methanogenik* optimal pada nilai rasio C/N sekitar 8-20. Menurut (Fry, 1974 dalam Harsono, 2013) dalam (Kharistya Amaru, 2004) proses *anaerob* akan optimal bila diberikan bahan makanan yang mengandung karbon dan nitrogen secara bersamaan. C/N ratio

menunjukkan perbandingan jumlah dari kedua elemen tersebut. Pada bahan yang memiliki jumlah karbon 15 kali dari jumlah nitrogen akan memiliki C/N ratio 15 berbanding 1. C/N ratio dengan nilai 30 (C/N=30/1 atau karbon 30 kali dari jumlah nitrogen) akan menciptakan proses pencernaan pada tingkat yang optimum, bila kondisi yang lain juga mendukung. Bila terlalu banyak karbon, nitrogen akan habis terlebih dahulu. Hal ini akan menyebabkan proses berjalan dengan lambat. Bila nitrogen terlalu banyak (C/N ratio rendah; misalnya 30/15), maka karbon habis lebih dahulu dan proses *fermentasi* berhenti. Karakteristik biogas adalah sebagai berikut :

1. Biogas kira-kira memiliki berat 20% lebih ringan dibandingkan udara dan memiliki suhu pembakaran antara 650°C sampai 750°C.
2. Biogas tidak berbau dan berwarna yang apabila dibakar akan menghasilkan nyala api biru cerah seperti gas LPG.
3. Nilai kalor gas metana adalah 20 MJ/m³ dengan efisiensi pembakaran 60% pada *konvensional* kompor biogas.
4. Nilai kalor rendah (LHV) CH₄ = 50,1 MJ/kg.
5. *Densitas* CH₄ = 0,717 kg/m³.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1. Produk Utama

2.1.1.1. Biogas

Fungsi : CH_4 merupakan komponen unsur terbesar di dalam biogas, yaitu sebesar 50% -75% komponen biogas.

Berat Molekul : 16,043 g/mol

Temperatur kritis : $-82,7^\circ\text{C}$

Tekanan kritis : 46,403 bar

Fasa padat

- Titik cair : $-182,5^\circ\text{C}$
- Panas laten : 58,68 kJ/kg

Fasa cair

- Densitas cair : 500 kg/m^3
- Titik didih : $-161,6^\circ\text{C}$
- Panas laten uap : 510 kJ/kg.

Fasa gas

- Densitas gas : $0,717 \text{ kg/m}^3$

- Faktor kompresi : 0,998
- Spesifik graviti : 0,55
- Spesifik volume : 1,48 m³/kg
- CP : 0,035 kJ/mol.K
- CV : 0,027 kJ/mol.K
- Viskositas : 0,0001027 poise
- Kelarutan : 0,054 vol/vol

(Wikipedia, 2010)

2.1.2. Produk Impurities

2.1.2.1. Karbon Dioksida (CO₂)

Fungsi : Merupakan salah satu komponen didalam biogas

Berat Molekul : 44,02 g/mol

Temperatur kritis : 31°C

Tekanan kritis : 73,825 bar

Densitas kritis : 464 kg/m³

Fasa padat

- Densitas padat : 1.562 kg/m³
- Panas laten : 196,104 kJ/kg

Fasa cair

- Densitas cair : 1.032 kg/m^3
- Titik didih : $-78,5^\circ\text{C}$
- Panas laten uap : $571,08 \text{ kJ/kg}$
- Tekanan uap : $58,5 \text{ bar}$

Fasa gas

- Densitas gas : $2,814 \text{ kg/m}^3$
- Spesifik graviti : $1,521$
- Spesifik volume : $0,547 \text{ m}^3/\text{kg}$
- CP : $0,037 \text{ kJ/mol.K}$
- CV : $0,028 \text{ kJ/mol.K}$
- Viskositas : $0,0001372 \text{ poise}$
- Kelarutan : $1,7163 \text{ vol/vol}$

(Lide, 2005)

2.1.2.2 Hidrogen Sulfida (H_2S)

Berat molekul	: 34 g/mol
Temperatur kritis	: $99,95^\circ\text{C}$
Tekanan kritis	: 90 atm
Densitas kritis	: $347,28 \text{ kg/m}^3$

Fasa cair

- Densitas cair : $949,2 \text{ kg/m}^3$
- Titik didih : $-60,3^\circ\text{C}$ (1 atm)
- Panas laten uap : $546,41 \text{ kJ/kg}$
- Tekanan uap : $18,266 \text{ atm}$

Fasa padat

- Titik Leleh : $-85,7^\circ\text{C}$
- Panas Laten : $69,731 \text{ kJ/kg}$

Fasa gas

- Densitas gas : $1,997 \text{ kg/m}^3$
- Faktor kompresi : $0,99148$
- Spesifik gravity : $1,19$
- Spesifik volume : $0,7126 \text{ m}^3/\text{kg}$
- C_p : $0,0346 \text{ kJ/mol.}^\circ\text{K}$
- C_v : $0,026 \text{ kJ/mol.}^\circ\text{K}$
- Viskositas : $0,00011298 \text{ Poise}$
- Kelarutan : $4,67 \text{ vol/vol}$

(Gas Encyclopedia, 2010)

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

2.2.1 Sampah Organik

<i>Biodegradable organic</i>	: 69,60 %
Densitas	: 195,6 kg/m ³
<i>Water</i>	: 84,83 % <i>weight</i>
<i>Total solid</i>	: 15,17 % <i>weight</i>
Ash	: 28,49 % <i>dry basis</i>
<i>Volatile solid</i>	: 71,51 % <i>dry basis</i>
<i>Volatile matter</i>	: 64,64 % <i>dry basis</i>
<i>Fixed Carbon</i>	: 6,89 % <i>dry basis</i>
Karbohidrat	: 60 % <i>Volatile Solid</i>
Protein	: 22 % <i>Volatile Solid</i>
Lemak	: 18 % <i>Volatile Solid</i>
pH	: 6

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

2.3 Spesifikasi Bahan Penunjang

2.3.1 Natrium Hidroksida (NaOH)

Fungsi : sebagai *alkali treatment* untuk menonaktifkan aktivitas bakteri metanogenesis dan sebagai agen penetral pH

Berat molekul : 39,9971 g/mol

Titik lebur : 318 °C

Titik didih : 1388 °C

Kelarutan dalam air : 111 g/100 ml pada 20 °C

Densitas : 2,1 g/cm³

Kelaruta : Larut dalam air, etanol dan methanol Padatan putih Tidak berbau

(Atkins dan Paula, 2006 ; MSDS Certified lye, 2008)

2.3.2 Hydrogen chloride (HCl)

Densitas : 1192,98 kg/m³

Titik didih : 108,58 °C (untuk 20,22% HCl di air), 83 °C (untuk 31% HCl di air), 50,5 °C (untuk 37% HCl di air)

Titik lebur	: -62,25°C (20,69% HCl di air), -46,2°C (31,24% HCl di air), -25,4°C (39,17% HCl di air)
Spesific gravity	: 1,1-1,19
<i>Vapor Pressure</i>	: 16 kPa
<i>Vapor Density</i>	: 1,267
Kelarutan	: Larut didalam air dingin, air panas, diethyl ether

(MSDS Sciencelab, 2008)

2.3.3 Air (H₂O)

Fungsi	: sebagai absorben gas karbondioksida (CO ₂) di dalam kolom absorber dan komponen dalam medium desulfurisasi.
Berat molekul	: 18,016 g/gmol
Titik lebur	: 0°C (1 atm)
Titik didih	: 100°C (1 atm)
Densitas	: 1 g/ml
Spesifik graviti	: 1,00
Viskositas	: 0,8949 cP
Kapasitas panas	: 1 kal/g

Panas pembentukan	: 80 kal/g
Panas penguapan	: 540 kal/g
Temperatur kritis	: 374 °C
Tekanan kritis	: 217 atm

(MSDS ScienceLab, 2012)

2.3.4 Oksigen (O₂)

Fungsi	: sebagai oksidator untuk H ₂ S di proses desulfurisasi, sehingga terbentuk sulfur.
Berat molekul	: 32 g/mol
Titik lebur	: -218,79 °C
Titik didih	: -182,95 °C
Densitas	: 1,429 g/L pada suhu 0 °C dan 101,325 kPa
Fase gas	: Tidak Berbau
Kelarutan	: Oksigen lebih larut dalam air dibandingkan nitrogen

(Emsley, 2001)

2.3.5 Nikel Alumina

Diameter	: 3 mm
Densitas	: 3,46 g/ml
Porositas	: 0,3
<i>Bulk Density</i>	: 1,8 – 2,0 kg/m ³

2.3.6 Zinc Oxide (ZnO)

Bentuk	: <i>Solid (Powdered solid)</i>
Berat Molekul	: 81,38 g/mol
Densitas	: 1250 kg/m ³
Densitas bulk partikel	: 881 kgs/m ³
Titik Lebur	: 1975 °C (3587°F)
<i>Specific gravity</i>	: 5,607 (water =1)
Diameter partikel	: 3 – 20 µm

2.3.7 Zeolit (Al_xSi_yO_z. nH₂O)

Bentuk	: <i>Kristal aluminosilikat</i>
Ukuran pori	: 3 Å = 0,3 nm
Diameter partikel	: 1-2,55 mm
Densitas	: 688,7939 kg/m ³
Densitas bulk	: 378,8367 kg/m ³

2.3.8 *Chromia-promoted Iron Oxide* (Fe_2O_3)

Tablet size	: $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$ in
Diameter	: 0,25 in
Densitas Partikel	: 126 lb/ft ³
Densitas Bulk	: 70 lb/ft ³

2.4 Pengendalian Kualitas

2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Oleh karena itu sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku yang berupa sampah organik dan bahan-bahan pembantu berupa nutrisi, inokulum dengan tujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses di dalam pabrik. Uji yang dilakukan antara lain uji densitas, pH, viskositas, volatilitas, kadar komposisi komponen, kemurnian bahan baku.

2.4.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian proses produksi pabrik ini meliputi aliran dan alat sistem kontrol.

2.4.2.1 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*.

2.4.2.2 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

Untuk memperoleh mutu produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta

pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara *system control* sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada maka di lakukan uji densitas, viskositas, volatilitas, kemurnian produk, dan komposisi komponen produk.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Sampah masyarakat dari kabupaten Sleman, Bantul, dan kotamadya Yogyakarta ditampung di gudang penyimpanan pabrik, sampah-sampah padat yang belum dipisahkan berdasarkan jenisnya diangkut menggunakan alat berat buldozer untuk dimasukkan ke alat *shredder-01* untuk dihancurkan, alat *shredder* merupakan jenis alat *crusher* (Penghancur). Setelah sampah padat hancur, maka sampah tersebut masuk ke alat *belt conveyor* (BC-01), di alat *belt conveyor* tersebut dilakukan proses *hand sorting* menggunakan tenaga manusia secara manual, para pekerja tersebut memisahkan sampah selain sampah kertas dan plastik. Sampah plastik dan kertas yang diambil akan ditampung ke dalam bak penampung sampah plastik dan kertas (BP-02). Selanjutnya sampah padat yang sudah terpisah dengan sampah plastik dan kertas dimasukkan ke *trommel* (TR), di alat *trommel* (TR) terjadi proses pemisahan sampah padat anorganik dan sampah padat organik. Sampah organik yang sudah murni dari sampah anorganik selanjutnya dialirkan menggunakan alat *belt conveyor* (BC-02) ke alat *shredder-02* untuk dihancurkan, sampah organik dihancurkan agar lebih mudah diproses ke dalam alat *mixer*.

Sampah organik yang telah hancur diumpankan ke dalam *mixer*, sampah organik yang telah hancur akan dicampur dengan air menjadi *slurry*, *slurry*

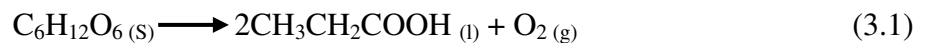
di mixer juga ditambahkan zat NaOH, zat NaOH berguna untuk menjaga pH *slurry* menjadi netral (pH=7) didalam *mixer*/ Zat yang dicampurkan tersebut dicampur merata didalam *mixer*, *slurry* sampah organik dibuat menjadi *homogen* (Tercampur merata). Setelah tercampur secara merata *slurry* sampah organik diumpankan ke reaktor dengan bantuan pompa screw (P-01), 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 pompa *screw* 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*, waktu tinggal *Hydraulic Retention Time* (HRT) 35 hari serta mengatur keadaan pH menjadi 7 agar bakteri metanogenesis dapat berkembang dan menghasilkan biogas. Karena suhu yang masuk ke dalam R-0 belum mencapai suhu 35 °C maka dibutuhkan alat pemanas berupa koil pemanas yang dialirkan *steam panas* agar dapat mencapai suhu yang diinginkan.

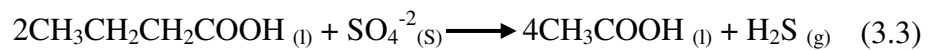
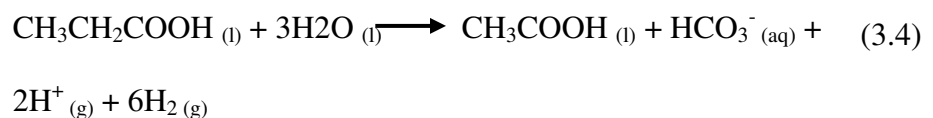
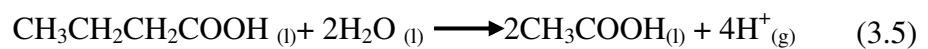
Pada bioreaktor akan terjadi beberapa tahapan fermentasi anaerob yaitu tahapan hidrolisis berupa dekomposisi bahan-bahan organik, tahapan asidogenesis dan asetogenesis terjadi pembentukan asam serta tahapan terakhir yaitu metanogenesis dimana terjadinya pembentukan metana yang dibantu oleh bakteri metanogen.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

Reaksi yang terjadi di dalam reaktor : $aC_6H_{12}O_6 + bH_2O$
 $\rightarrow cCH_4 + dCO_2 + eNH_3 + fH_2S$

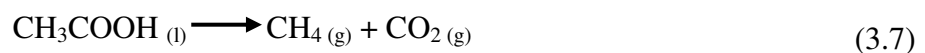
1. Proses Hidrolisis :



2. Proses Asidogenesis :



3. Proses Metanogenesis :



Berdasarkan perhitungan dengan data karakteristik sampah KARTAMANTUL, Biogas yang terbentuk terdiri dari CH₄ 51,89 %, CO₂ 39,73 %, H₂S 0,32 %, NH₃ 8,06 %, dan H₂O 18,56%. Gas yang terbentuk sesuai dengan reset-reset terdahulu. Dimana gas CH₄ dihasilkan sekitar 50% - 75%. Gas hasil reaksi dari reaktor (R-01) 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 CO₂ dan H₂S yaitu ke *Absorber* (AB). Tujuannya untuk memisahkan sebagian besar gas CO₂ dan H₂S, 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 (H₂O). Pada *absorber* (AB) ini, campuran gas keluar dari R0 dialirkan menuju bagian bawah tangki AB. Kemudian, dari bagian atas di aliri air seperti hujan yang akan menyerap gas CO₂ dan H₂S karena memiliki nilai kelarutan terhadap air yang tinggi. Tangki absorber diatur agar dapat mengabsorpsi gas CO₂ sebanyak 85 % dan H₂S sebanyak 37 %. Di dalam absorber gas-gas CO₂ dan H₂S akan berikatan dengan larutan H₂O yang kemudian akan terlarut bersama dengan air menuju bawah tangki absorber. Air yang telah terkontaminasi dengan gas buanh absorber kemudian diolah pada unit utilitas dan kembali menuju bagian atas *absorber*. Gas hasil reaksi dari absorber keluar dari bagian atas absorber dengan temperature 35°C dan tekanan 2 atm.

Gas keluaran absorber (AB), kemudian masuk ke dalam separator (SP) agar kandungan air yang terbawa dapat dihilangkan. 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 (T). Tujuannya untuk menaikkan tekanan pada gas. Setelah itu, gas CH₄ 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 pompa Screw (P-02) menuju ke *centrifuge* agar dapat dipisahkan kandungan cairan dan padatnya. Setelah terpisah, padatan ditampung di bak penampung (BP-04) 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 NH₃ yang berbahaya untuk lingkungan.

3.2 Spesifikasi Alat

1. Bak Penampung Sampah Padat Rumah Tangga Masyarakat (BP-01)

Fungsi : Menampung sampah padat yang belum dipisahkan
Berdasarkan jenisnya

Bentuk : Bak persegi panjang dengan tutup

Bahan Konstruksi : Beton kedap air

Jumlah : 1

Laju Massa : 22146,84 kg/jam

Waktu Penyimpanan: 30 hari

Ukuran : Volume = 2989,144 m³

Panjang = 28,810 m

Lebar = 14,405 m

Tinggi = 14,405 m

Luas = 415,012 m²

Harga = \$ 13.296

2. Shredder 01

Fungsi : Menghancurkan sampah padat yang belum terpisah
dari bak Penampung

Jenis : *Waste Shredder*, pada waste shredder gigi shredder
atau keluaran sampah yang dihasilkan tidak sekecil
shredder sampah organik

Bahan : *Carbon Steel*

Kondisi operasi	: Temperatur	= 27 °C = 300 K
	Tekanan	= 1 atm
Spesifikasi alat	: Kapasitas	= 22146,843 kg/jam
	Diameter	= 20,078 in = 0,51 m
	Kecepatan	= 41 rpm
	Daya	= 90 kW
Dimensi mesin	: Panjang	= 5,3 m
	Lebar	= 1,5 m
	Tinggi	= 2 m
Harga	: \$	194.181

3. Belt Conveyor 1 (BC-01)

Fungsi	: Alat transportasi sampah padat dari shredder 1 ke
	Hand sorting sampah plastik dan kertas
Jenis	: Belt Conveyor
Bahan	: Carbon Steel
Laju Massa	: 22146,84 kg/jam (sampah padat belum dipisah)
	6209,97 kg/jam (sampah kertas dan plastik)
Daya	: 0,05 Hp
Harga	: \$ 2.847

4. Bak Penampung Sampah Kertas dan Plastik (BP-02)

Fungsi	: Menampung sampah plastik dan kertas dari hand
	Sorting sampah padat
Bentuk	: Bak persegi panjang tanpa tutup

Bahan Konstruksi : Beton kedap air

Jumlah : 1

Ukuran : Volume = 182,159 m³

Panjang = 11,337 m

Lebar = 5,669 m

Tinggi = 5,669 m

Luas = 64,268 m²

Harga : \$ 3.559

5. Bak Penampung Sampah Anorganik (BP-03)

Fungsi : Menampung sampah anorganik dari trommel

Bentuk : Bak persegi panjang tanpa tutup

Bahan Konstruksi : Beton kedap air

Jumlah : 1

Ukuran : Volume = 9,199 m³

Panjang = 4,191 m

Lebar = 2,095 m

Tinggi = 2,095 m

Luas = 8,780 m²

Harga : \$ 3.559

6. Trommel (TR)

Fungsi : Menyaring sampah padat organik dan anorganik
yang tersisa

Jenis : Circular trommel screen

Bahan	: Carbon steel
Kondisi Operasi	: Temperatur = 27°C = 300 K
	Tekanan = 1 atm
Spesifikasi Alat	: Kapasitas = 50.000 kg/jam
	Diameter = 1000 mm = 1 m
	Daya = 3 kW
	Keluaran Undersize = 0-100 mm
	Berat = 2,2 ton
	Ukuran trommel = Panjang = 2,6 m
	Lebar = 1,4 m
	Tinggi = 1,7 m
Harga	: \$ 4.000

7. Belt Conveyor 2 (BC-02)

Fungsi	: Alat transportasi sampah organik dari trommel ke shredder 2
Jenis	: Belt Conveyor
Bahan	: Carbon Steel
Daya	: 0,05 Hp
Harga	: \$ 2.847

8. Shredder 02

Fungsi	: Menghancurkan sampah organik murni yang telah Terpisah dari sampah anorganik
Jenis	: <i>Waste Shredder</i>

Bahan	: <i>Carbon Steel</i>	
Kondisi operasi	: Temperatur	= 27°C = 300 K
	Tekanan	= 1 atm
Spesifikasi alat	: Kapasitas	= 15414,203 kg/jam
	Diameter	= 17,716 in = 0,45 m
	Kecepatan	= 41 rpm
	Daya	= 110 kW
Dimensi mesin	: Panjang	= 4,8 m
	Lebar	= 1,4 m
	Tinggi	= 1,7 m
Harga	: \$ 14000	

9. Screw Conveyor (SC)

Fungsi	: Alat transportasi slurry organik dari shredder 2 ke mixer
Jenis	: Screw Conveyor
Bahan	: Carbon Steel
Daya	: 0,5 Hp
Diameter Screw	: 3 in = 0,0762 m
Putaran Maksimum	: 250 rpm
Panjang	: 30 ft = 0,914 m
Harga	: \$ 797

10. Tangki Mixer (M)

Fungsi	: Mencampur slurry sampah organik dengan air NaOH
Jenis	: Tangki berpengaduk
Bahan	: <i>Stainless Steel SA 167 grade 10 tipe 310</i>
Jumlah	: 1
Jenis Head	: <i>Torisperichal dished head</i>
Fase	: Padat, Cair, Gas
Kondisi Operasi	: Suhu = $27^{\circ}\text{C} = 300\text{ K}$ Tekanan = 1 atm Waktu Tinggal = 24 jam
Spesifikasi Mixer	: Kapasitas = 20986,250 kg/jam Diameter = 7,29 m Tinggi = 14,57 m Tebal Shell = 0,1875 in = 0,0047625 m Tebal Head = 0,25 in = 0,00635 m Tebal Bottom Flat = 0,25 in = 0,00635 m
Pengaduk	: Jenis = Curved Blade Turbines Impeller with disk Jumlah Baffle = 4 buah Daya Motor = 25 Hp

11. Pompa 1 (P-01)

Fungsi	: Untuk memompa umpan dari mixer (M-0) ke reaktor (R-0)
Jenis	: Screw Pump
Jumlah	: 1
Laju Alir Volumetrik	: 20986,25 kg/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) = 0,00216 m ²
	Kecepatan Linier = 3,6887 ft/s
	Panjang Pipa Total = 6 m
Total Head	: 0,3970 ft = 0,121 m
Motor Penggerak	: 0.05 HP
Bahan Penggerak	: <i>Commercial steel</i>
Harga	: \$ 600

12. Reaktor Biogas (R)

Fungsi	: Tempat berlangsungnya reaksi pembentukan Biogas dari hasil fermentasi
Jenis	: <i>Continous Stirred Tank Reactor</i>
Bahan	: <i>Stainless Steel SA 167 grade 10 tipe 310</i>
Jumlah	: 1 unit
Jenis Head	: <i>Torispherical dished head</i>

Fase	: Padat, Cair, Gas	
Kondisi Operasi	: Suhu	= 35°C = 308 K
	Tekanan	= 1 atm
	Waktu Tinggal Cairan	= 35 hari
	Waktu Tinggal Gas	= 2 hari
	Reaksi	= Eksotermis
Spesifikasi Reaktor	: Kapasitas	= 20092,171 m ³
	Diameter	= 23,44 m
	Tinggi	= 9,37 m
	Tebal Shell	= 0,75 in = 0,01905 m
	Tebal Head	= 0,75 in = 0,01905 m
Pengaduk	: Jenis	= Screw Pump
	Jumlah Pompa	= 2 buah
	Daya Motor	= 0,25 Hp
Koil Pemanas	: Overall Cleancoefisien (Uc)	= 5614,5292 Btu/jam.ft ² .F
Koefisien perpindahan panas desain Overall		= 192,7310 Btu/jam.ft ² .F
	Rd	= 0,005
	Luas perpindahan panas (A)	= 20,608 ft ²
	Jumlah Putaran	= 25 putaran
	Panjang Koil	= 1345,452 m
Harga	: \$	493,582

13. Pompa 2 (P-02)

Fungsi	: Untuk memompa umpan dari reaktor (R-0) ke centrifuge
Jenis	: Screw Pump
Jumlah	: 1
Laju Alir Volumetrik:	19910,71 kg/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 ²
	Kecepatan Linier = 3,6022 ft/s
	Panjang Pipa Total = 12 m
Total Head	: 17,3499 ft = 5,2880 m
Motor Penggerak	: 0.75 HP
Bahan Penggerak	: <i>Commercial steel</i>
Harga	: \$ 600

14. Blower (B)

Fungsi	: Untuk mengalirkan gas produk reaktor biogas (R-0) ke absorber H ₂ S dan CO ₂
Jenis	: <i>Blower Centrifugal</i>
Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Suhu Operasi	: 35 °C = 308 K
Tekanan Operasi	: 4 atm

Laju Alir Gas Masuk : 194,567 ft³/menit

Daya Blower : 0,25 HP

Harga Satuan : \$ 1283

15. Absorber (AB)

Fungsi : Menyerap gas CO₂ dan H₂S dari campuran gas keluar reaktor dengan menggunakan solven H₂O.

Jenis : *Packed Tower*

Bahan : *Carbon Steel SA 129 Grade A*

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 = 0,0047625 m

Tebal Head = 0,0047625 m

Tinggi Packing per bed = 5,0408 m

Jumlah bed = 2 buah

Harga : \$ 18222

16. Separator (SP)

Fungsi : Untuk memisahkan fase cair dan gas dari fase gasnya

Jenis : *Knock out drum*

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 = 308 K Tekanan = 2 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 = 0,0047625 m
Harga	: \$ 439

17. Kompresor (C)

Fungsi	: Untuk menaikkan tekanan gas dari 2 atm menjadi 200 atm
Jenis	: <i>Centrifugal multi stage</i>
Jumlah Stage	: 4 <i>stage</i>
Tekanan masuk	: 2 atm
Tekanan keluar	: 200 atm
Suhu masuk	: 308 K

Suhu keluar : 308 K

Power : 3,8852 Hp

Harga : \$ 1349

18. Tangki Produk (T)

Fungsi : Menampung gas biogas

Jenis : Tangki berbentuk silinder

Bahan : *Carbon Steel*

Jumlah : 1 unit

Fase : Padat, Cair, Gas

Kondisi Operasi : Suhu = 35°C = 308 K
 Tekanan = 200 atm = 200 bar
 Waktu Tinggal = 1 hari

Spesifikasi tangki : Volume = 71,702 m³
 Diameter = 2,252 m
 Tinggi = 4,505 m
 Tebal Tangki = 14,369 in = 0,365 m

Harga : \$ 614,389

19. Centrifuge (CN)

Fungsi : Memisahkan *powder sulfur* dari larutan induk (*mother liquor*-nya)

Tipe : *Continuous decanter centrifuge*

Bentuk : *Cone-silinder*

Type Rotor : *Scroll convetor (solid bowl)*

Bahan Konstruksi	: <i>Stainless steel</i> SA 336 Tipe 316
Jumlah	: 1
Waktu tinggal	: 2,213 menit
Suhu	: 35 °C
Tekanan	: 1 atm
Diameter Bowl	: 24 in = 0,61 m
Panjang Alat	: 96 in = 2,44 m
Diameter alat	: Inlet Slurry = 3,17 in = 0,0805 m Outlet Wet Cake = 0,84 in = 0,02134 m Outlet mother liquor = 3,12 in = 0,0795 m
Luas area	: 3663,20 m ²
Daya motor	: 125 Hp
Harga	: \$ 21930

20. Bak Penampung Pupuk (B-04)

Fungsi	: Menampung pupuk organik
Bentuk	: Bak persegi panjang dengan tutup
Bahan Konstruksi	: Beton kedap air
Jumlah	: 1
Ukuran	: Volume = 868,781 m ³ Panjang = 19,084 m Lebar = 9,542 m Tinggi = 9,542 m Luas = 182,097 m ²

Harga : \$ 21366

21. Pompa 3 (P-03)

Fungsi : Mengalirkan cairan hasil bawah dari separator
dan Absorber Ke unit pengolahan limbah

Jenis : Centrifugal Pump

Jumlah : 1 unit

Laju Alir Volumetrik: 297,737 kg/jam

Spesifikasi Pipa : Schedule Pipa (Sch N) = 40
Diameter Luar (OD) = 1,9 in = 0,04826 m
Diameter Dalam (ID) = 1,6 in = 0,04064 m
Luas Penampang Dalam (at) = 0,00132 m²
Kecepatan Linier = 0,4838 ft/s
Panjang Pipa Total = 98,31 in = 29,96 m

Total Head : 24,606 ft = 7,5 m

Motor Penggerak : 0,75 Hp

Bahan Penggerak : Commercial Steel

Harga : \$ 30292

22. Pompa Fluida 2 (P-02)

Fungsi : Mengalirkan cairan hasil atas dari centrifuge
ke unit pengolahan limbah

Jenis : Centrifugal Pump

Jumlah : 1 unit

Laju Alir Volumetrik : 18741,33 kg/jam

Spesifikasi Pipa	: Schedule Pipa (Sch N)	= 40
	Diameter Luar (OD)	=1,9 in = 0,04826 m
	Diameter Dalam (ID)	=1,6 in = 0,04064 m
	Luas Penampang Dalam (at)	= 0,00132 m ²
	Kecepatan Linier	= 0,4838 ft/s
	Panjang Pipa Total	= 98,31 in = 29,96 m
Total Head	: 24,606 ft	= 7,5 m
Motor Penggerak	: 0,75 Hp	
Bahan Penggerak	: Commercial Steel	
Harga	: \$ 30292	

3.3 Prancangan 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 padat rumah tangga wilayah provinsi DI Yogyakarta 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 Bantul dengan kapasitas bahan baku sebesar 175.403 ton/tahun.

Perolehan bahan baku dari Kabupaten Bantul, Sleman, dan Kota Jogja.

3.3.2 Analisis Kebutuhan Peralatan Proses

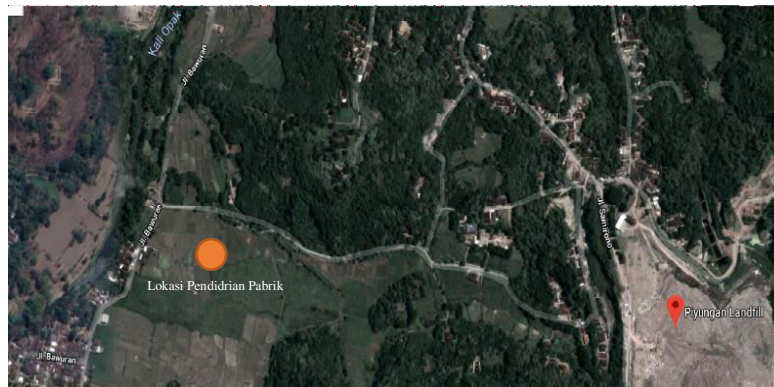
Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses dan umur atau jam kerja peralatan dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik pembelian maupun perawatannya.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik merupakan salah satu yang paling penting dalam pendirian suatu pabrik untuk kelangsungan operasi pabrik. 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.



Gambar 4.1 Peta Lokasi Pabrik

Berdasarkan faktor-faktor diatas, maka lokasi pabrik biogas ditetapkan di Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia. dengan pertimbangan sebagai berikut :

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor utama ini mempengaruhi secara langsung tujuan utama pabrik yang meliputi produksi dan distribusi produk. Faktor-faktor utama meliputi :

1. Sumber Bahan Baku

Menurut data dari Dinas Pekerjaan Umum Unit Pengolahan Sampah Terpadu Piyungan, Daerah Istimewa Yogyakarta memproduksi kurang lebih 122.000 ton/tahun. Sumber bahan baku yang digunakan yaitu fraksi organik sampah padat kota (*Municipal solid waste*) yang dipasok dari TPA Piyungan, Bantul.

2. Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu hal yang sangat mempengaruhi studi kelayakan proses. Dengan pemasaran yang tepat akan menghasilkan keuntungan dan menjamin kelangsungan proyek. Konsep pemasaran produk biogas bertujuan untuk domestic dan ekspor. Strategi pemasaran yang digunakan adalah gabungan pemasaran 4P diantaranya adalah *product*, *price*, *place* dan *promotion*. Pemasaran *product* meliputi *Brand*, *Size*, *Quality*, *Design*, dan *Packaging*. Pemasaran *price* meliputi *Competitive* dan *Payment*. Yang ketiga adalah Pemasaran *Place* yang meliputi *Location*, *Coverage*, *Segmen*, *Channel*. Dan 4P yang terakhir adalah *Promotion* yang meliputi *Media*, *Budget*, *Advertising* dan *Sale*.

3. Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik. Sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan adalah tenaga kerja yang berpendidikan atau menengah kejuruan 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.

4. Utilitas

Utilitas yang diperlukan adalah air, bahan bakar dan listrik. Kebutuhan air sebagai air proses, air sanitasi dan air umpan boiler dapat dipenuhi dengan baik dan murah karena area kawasan ini memiliki sumber aliran sungai, yaitu anak sungai Opak. Sarana yang lain seperti bahan bakar dan listrik dapat diperoleh dengan cukup mudah.

5. Transportasi

Pengangkutan bahan baku dan produk mudah karena Kabupaten Bantul relatif mudah dijangkau dengan menempuh jalur darat dari arah barat, timur maupun utara karena letaknya yang berada ditengah pulau Jawa. Tersedia sebuah terminal yang terletak di Giwangan, Kabupaten Bantul.

6. Keadaan geografis dan iklim

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 industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik itu sendiri. Faktor-faktor penunjang yang meliputi:

1. Perluasan Areal Pabrik

Perluasan pabrik dan penambahan bangunan dimasa mendatang harus sudah masuk dalam pertimbangan awal. Sehingga sejumlah area khusus sudah harus dipersiapkan sebagai perluasan pabrik bila suatu saat dimungkinkan pabrik menambah peralatannya untuk menambah kapasitas.

2. 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.

3. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia, demikian juga fasilitas sosial seperti sarana kesehatan, pendidikan, ibadah, hiburan, Bank dan perumahan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

4.2 Tata Letak Pabrik

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 dijual.
- Fasilitas – fasilitas bagi karyawan seperti : poloklinik, kantin, aula dan masjid.

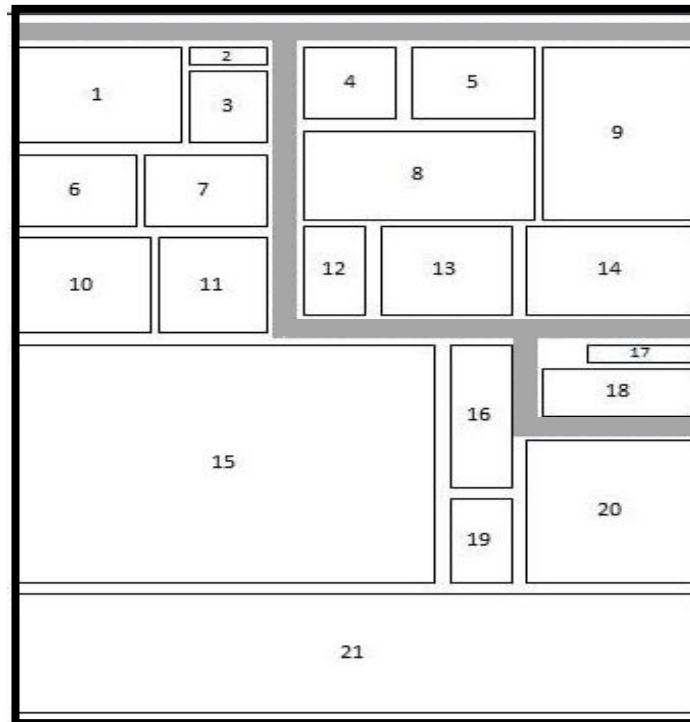
2. Daerah Proses dan Ruang Kontrol

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

Merupakan lokasi pusat kegiatan penyediaan air, steam, air pendingin dan tenaga listrik disediakan guna menunjang jalannya proses serta unit pemadam kebakaran



Gambar 4.1 *Lay Out* Pabrik (Skala 1 : 10)

Keterangan Gambar :

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

Tabel 4.1 Areal bangunan Pabrik Gas Metana (Biogas)

Lokasi	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m ²
Kantor utama	30	15	450
Pos Keamanan/satpam	10	3	30
Mess	20	29	580
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	22	24	528
Area proses	55	40	2200
Control Room	8	24	192
Control Utilitas	8	14	112
Perpustakaan	10	12	120
Taman	8	15	120
Jalan	226	3	678
Perluasan pabrik	89	20	1780
Luas Tanah			9149
Luas Bangunan			6571
Total	668	340	9149

4.3 Tata Letak Alat/Mesin Proses

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

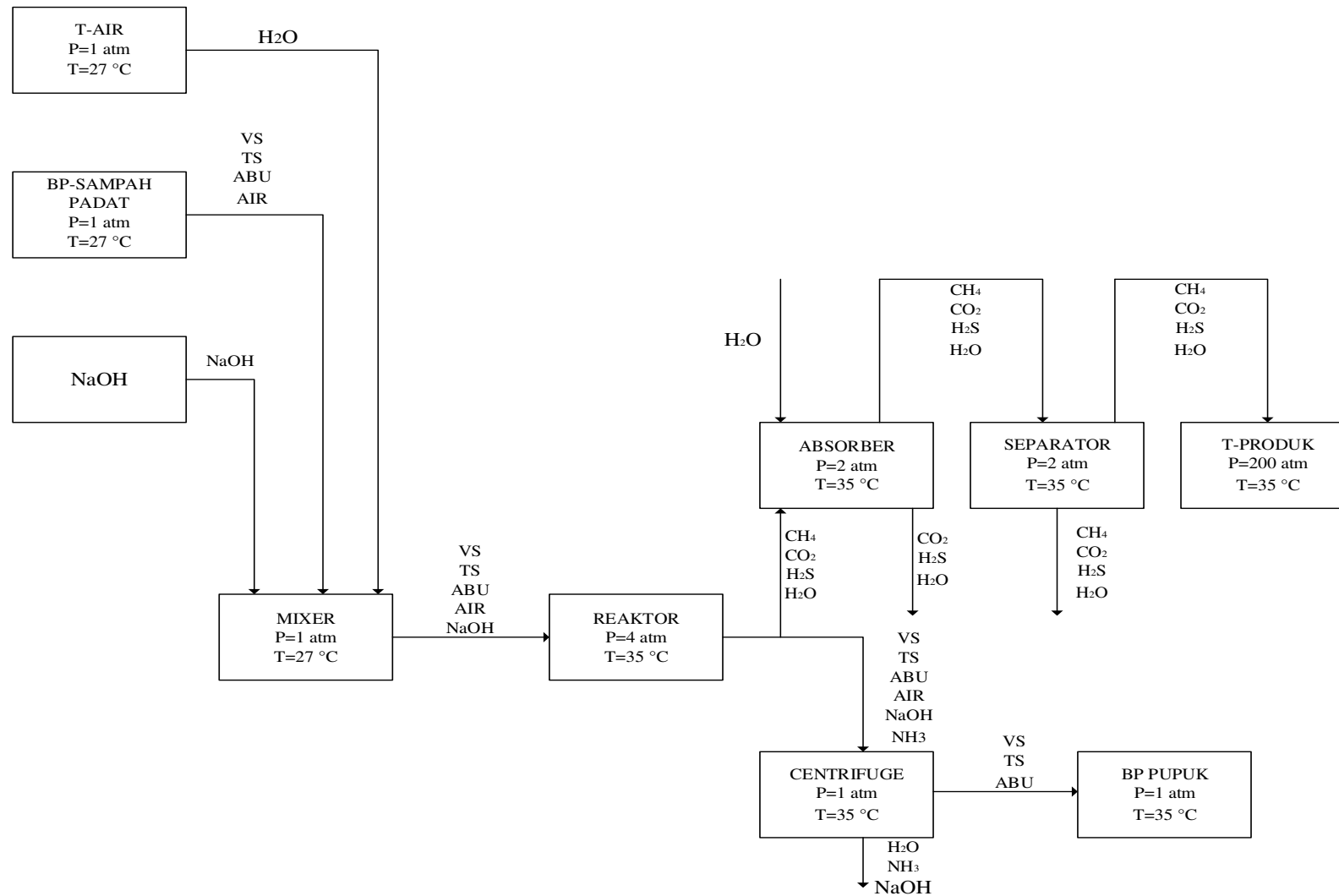
Dalam menempatkan alat – alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menggantungkan dari segi ekonomi.

6. Jarak antar alat proses

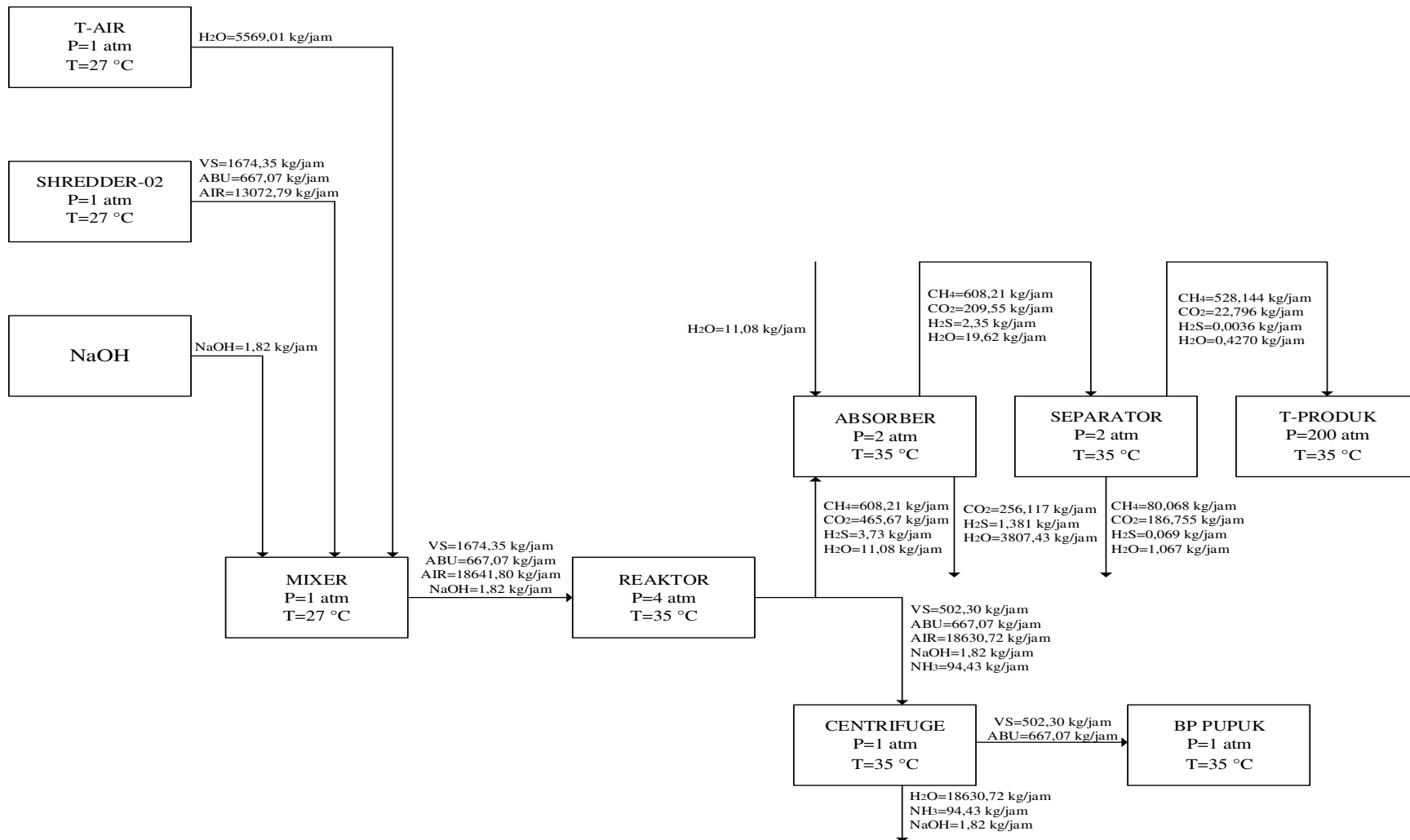
Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.

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 4.2 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.3 Diagram Alir Kuantitatif

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	9	10
Sampah Padat	22146,84	15936,87	-	-	-	-	-	-	-	-
Sampah Organik	-	-	-	15414,20	-	-	-	-	-	-
Sampah Anorganik	-	-	-	-	522,67	-	-	-	-	-
Sampah Plastik dan Kertas	-	-	6209,97	-	-	-	-	-	-	-
VS	-	-	-	-	-	-	1674,35	-	502,30	-
H ₂ O (Cair)	-	-	-	-	-	5569,01	18641,80	-	18630,72	4251,17
Abu	-	-	-	-	-	-	667,07	-	667,07	-
NaOH	-	-	-	-	-	1,82	1,82	-	1,82	-
CH ₄	-	-	-	-	-	-	-	608,21	-	-
CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	465,67	-	-
H ₂ S	-	-	-	-	-	-	-	3,73	-	-
NH ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	94,43	-
H ₂ O (Gas)	-	-	-	-	-	-	-	11,08	-	-
K ₂ CO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1314,45
Jumlah	22146,84	15936,87	6209,97	15414,20	522,67	5570,83	20985,03	1088,69	19896,35	5565,62

Lanjutan Tabel 4.2 Neraca Massa Total

Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)					
	11	12	13	14	15	16
Sampah Padat	-	-	-	-	-	-
Sampah Organik	-	-	-	-	-	-
Sampah Anorganik	-	-	-	-	-	-
Sampah Plastik dan Kertas	-			-	-	-
VS	-	-	-	-	502,30	-
H₂O (Cair)	-	4246,20	-	15,732	-	18630,72
Abu	-	-	-	-	667,07	-
NaOH	-	-	-	-	-	1,82
CH₄	608,21	-	580,478	27,734	-	-
CO₂	46,57	419,10	1,237	45,330	-	-
H₂S	0,37	3,36	0,000	0,373	-	-
NH₃	-	-	-	-	-	94,43
H₂O (Gas)	16,05	-	0,314	-	-	-
K₂CO₃	-	1314,45	-			
Jumlah	671,20	5983,11	582,03	89,17	1169,37	18726,97

4.4.1.1 Neraca Massa tiap Alat/Mesin

1. Neraca Massa di Bak Penampung

Tabel 4.3 Neraca Massa di Bak Penampung

Komposisi	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Feed	F1
Sampah Organik	22146,84	22146,84
Total	22146,84	22146,84

2. Neraca Massa di Shredder

Tabel 4.4 Neraca Massa di Shredder

Komposisi	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	F1	F2	F3
Sampah	22146,84	15936,87	6209,97
Total	22146,84	15936,87	6209,97
Sub Total	22146,84	22146,84	

3. Neraca Massa di Organik Trommel

Tabel 4.5 Neraca Massa di Organik Trommel

Komposisi	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	F2	F4	F5
Sampah	15936,87	15414,20	522,67
Total	15936,87	15414,20	522,67
Sub Total	15936,87	15936,87	

4. Neraca Massa di Shredder

Tabel 4.6 Neraca Massa di Shredder

Komposisi	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	F4	F4
VS	1674,35	1674,35
Air	13072,79	13072,79
Abu	667,07	667,07
Total	15414,20	15414,20

5. Neraca Massa di Mixer

Tabel 4.7 Neraca Massa di Mixer

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	F4	F6	F7
VS	1674,35	-	1674,35
Air	13072,79	5569,01	18641,80
Abu	667,07	-	667,07
NaOH	-	1,82	1,82
Total	15414,20	5570,83	20985,03
Sub Total	20985,03		20985,03

6. Neraca Massa di Reaktor Biogas

Tabel 4.8 Neraca Massa di Reaktor Biogas

Komposisi	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	F7	F8	F9
VS	1674,35	-	502,30
Air (H ₂ O) Cair	18641,80	-	18630,72
Abu	667,07	-	667,07
NaOH	1,82	-	1,82
CH ₄	-	608,21	-
CO ₂	-	465,67	-
H ₂ S	-	3,73	-
NH ₃	-	-	94,43
Air (H ₂ O) Gas	-	11,08	-
Subtotal	20985,03	1088,69	19896,35
Total	20985,03	20985,03	

7. Neraca Massa di Absorber CO₂

Tabel 4.9 Neraca Massa di Absorber CO₂

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	F8	F10	F11	F12
CH ₄	608,21	-	608,21	-
CO ₂	465,67	-	46,57	419,101
H ₂ S	3,73	-	0,37	3,36
Air (H ₂ O) Gas	11,08	-	16,05	-
Air (H ₂ O) Cair	-	4251,17	-	3807,43
K ₂ CO ₃	-	1314.45	-	1314.45
Subtotal	1088,69	5565,62	671,20	5983,11
Total	6654,31		6654,31	

8. Neraca Massa di Separator

Tabel 4.10 Neraca Massa di Separator

Komposisi	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	F11	F13	F14
CH ₄	608,21	580,478	27,734
CO ₂	46,57	1,237	45,330
H ₂ S	0,373	0,0001	0,373
Air (H ₂ O) Gas	16,05	0,314	-
Air (H ₂ O) Cair	-	-	15,732
Subtotal	671,198	582,03	89,169
Total	671,198	671,198	

9. Neraca Massa di Centrifuge

Tabel 4.11 Neraca Massa di Centrifuge

Komposisi	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	F9	F15	F16
VS	502,3	502,3	-
Abu	667,07	667,07	-
NH ₃	94,43	-	94,43
H ₂ O	18630,72	-	18630,72
NaOH	1,82	-	1,82
Subtotal	19896,35	1169,37	18726,97
Total	19896,35	19896,35	

4.4.2. Neraca Panas

1. Neraca Panas di Mixer

Tabel 4.12 Neraca Panas di Mixer

Panas Masuk (Kkal/jam)		Panas Masuk (Kkal/jam)	
Panas Masuk	21,1135	Panas Keluar	21,1135
Panas yang ditambahkan	0	Panas Reaksi	-
Total	21,1135	Total	21,1135

2. Neraca Panas di Reaktor Biogas

Tabel 4.13 Neraca Panas di Reaktor Biogas

Panas Masuk (Kkal/jam)		Panas Masuk (Kkal/jam)	
Panas Masuk	83.947,249	Panas Keluar	561.689,0387
Panas yang ditambahkan	- 158.230,596	Panas Reaksi	635.972,386
Total	-74.283,3472	Total	1.197.661,425

3. Neraca Panas di Absorber CO₂

Tabel 4.14 Neraca Panas di Absorber CO₂

Panas Masuk (Kkal/jam)		Panas Masuk (Kkal/jam)	
Panas Masuk	5.448,527	Panas Keluar	4.794,924
Panas yang ditambahkan	- 653,603	Panas Reaksi	-
Total	4.794,924	Total	4.794,924

4.5 Perawatan (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 memproduksi 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 alat. 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 menyebabkan 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*)

4.6.1.1 Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik biogas ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai Opak Adapun penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. 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.
2. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
3. Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur.
4. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk :

1. Air pendingin

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

- a. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- b. Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- c. Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- d. Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- e. Tidak terdekomposisi.

2. Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

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

- a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 . O_2 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

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

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

- c. 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.

3. Air sanitasi.

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

- a. Syarat fisika, meliputi:

- 1) Suhu : Di bawah suhu udara
- 2) Warna : Jernih
- 3) Rasa : Tidak berasa
- 4) Bau : Tidak berbau

b. Syarat kimia, meliputi:

- 1) Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- 2) Tidak mengandung bakteri.

4. Air Proses

Air proses ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan air dalam proses antara lain pada pencampuran *slurry* organik di bak penampung awal.

4.6.1.2 Unit Pengolahan Air

Tahapan-tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut :

1. Clarifier

Kebutuhan air dalam suatu pabrik dapat diambil dari sumber air yang ada di sekitar pabrik dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan tersebut dapat meliputi pengolahan secara fisika dan kimia, penambahan *desinfektan* maupun dengan penggunaan *ion exchanger*.

Mula-mula *raw water* diumpankan ke dalam tangki kemudian diaduk dengan putaran tinggi sambil menginjeksikan bahan-bahan kimia, yaitu:

- a. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, yang berfungsi sebagai flokulan.
- b. Na_2CO_3 , yang berfungsi sebagai flokulan.

Air baku dimasukkan ke dalam *clarifier* untuk mengendapkan lumpur dan partikel padat lainnya, dengan menginjeksikan alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), koagulan acid sebagai pembantu pembentukan flok dan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku ini dimasukkan melalui bagian tengah *clarifier* dan diaduk dengan agitator. Air bersih keluar dari pinggir *clarifier* secara *overflow*, sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan di *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang mempunyai *turbidity* sekitar 42 ppm diharapkan setelah keluar *clarifier* *turbidity*nya akan turun menjadi lebih kecil dari 10 ppm.

2. Penyaringan

Air dari *clarifier* dimasukkan ke dalam *sand filter* untuk menahan/ menyaring partikel - partikel solid yang lolos atau yang terbawa bersama air dari *clarifier*. Air keluar dari *sand filter* dengan *turbidity* kira - kira 2 ppm, dialirkan ke dalam suatu tangki penampung (*filter water reservoir*). Air bersih ini kemudian didistribusikan ke menara air dan unit demineralisasi. *Sand filter* akan berkurang kemampuan penyaringannya. Oleh karena itu perlu diregenerasi secara periodik dengan *back washing*.

3. Demineralisasi

Untuk umpan ketel (*boiler*) dibutuhkan air murni yang memenuhi persyaratan bebas dari garam - garam murni yang terlarut. Proses

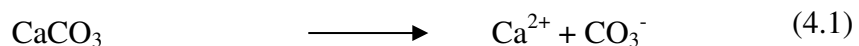
demineralisasi dimaksudkan untuk menghilangkan ion - ion yang terkandung pada *filtered water* sehingga konduktivitasnya dibawah 0,3 Ohm dan kandungan silica lebih kecil dari 0,02 ppm.

Adapun tahap-tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut :

a. *Cation Exchanger*

Cation exchanger ini berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang dikandung di dalam air diganti dengan ion H^+ sehingga air yang akan keluar dari *cation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ . Sehingga air yang keluar dari *cation tower* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

Reaksi:



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan asam sulfat.

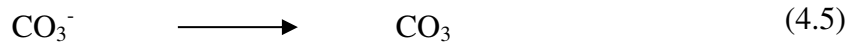
Reaksi:



b. *Anion Exchanger*

Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi:



Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

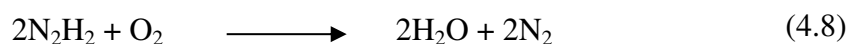
Reaksi:



c. *Deaerasi*

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen (O_2). Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan ke dalam *deaerator* dan diinjeksikan *hidrazin* (N_2H_4) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada *tube boiler*.

Reaksi:



Air yang keluar dari deaerator ini dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

4. Pendinginan dan Menara Pendingin

Air yang telah digunakan dalam cooler, termperaturnya akan naik akibat perpindahan panas. Oleh karena itu untuk digunakan kembali perlu didinginkan pada cooling tower. Air yang didinginkan dalam cooling tower adalah air yang telah menjalankan tugasnya pada unit-unit pendinginan pabrik.

Perhitungan Kebutuhan Air

1. Kebutuhan Air Proses

Tabel 4.15 Kebutuhan Air Proses

Nama alat	Jumlah (kg/jam)
Mixer	26.926,3
Absorber	4.294,9
Total	31.221,2

2. Kebutuhan Air Pembangkit Steam

Tabel 4.16 Kebutuhan Air Pembangkit Steam

Nama alat	Jumlah (kg/jam)
R-0	13.853,515
Boiler	496,138
Total	14.349,653

Air pembangkit *steam* 80% dimanfaatkan kembali, maka *make up* yang diperlukan 20%, sehingga *make up steam*

$$= 20\% \times 14.349,653 \text{ kg/jam} = 2.869,933 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Blowdown } 15\% = 15\% \times 14.349,653 \text{ kg/jam}$$

$$= 2.582,94 \text{ kg/jam}$$

3. Air Untuk Keperluan Perkantoran dan rumah tangga

Dianggap 1 orang membutuhkan air = 100 kg/hari (Sularso,2000)

$$\text{Jumlah karyawan} = 167 \text{ orang}$$

Tabel 4.17 Kebutuhan Air Untuk Keperluan Perkantoran dan Rumah Tangga

Keterangan	Jumlah (kg/hari)
Air untuk karyawan	16.700
Bengkel	200
Poliklinik	300
Laboratorium	500
Pemadam kebakaran	1.000
Kantin, musholla, kebun	1.500
Rumah Tangga	24.000
Total	44.200

Kebutuhan air total

$$= (31.221,2 + 2.869,933 + 2.582,94 + 44.200) \text{ kg/jam}$$

$$= 80.874,073 \text{ kg/jam}$$

Diambil angka keamanan 10%

$$= 1,1 \times 80.874,073 = 88.961,48 \text{ kg/jam}$$

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 : 827,23 kg/jam

Jenis : *Fire 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, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan - bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pHnya 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 minyak residu yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 150°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 ini dipenuhi oleh 2 sumber, yaitu PLN dan generator diesel. Selain sebagai tenaga cadangan apabila PLN mengalami gangguan, diesel juga dimanfaatkan untuk menggerakkan power - power yang dinilai penting antara lain *boiler*, kompresor, pompa. Spesifikasi diesel yang digunakan adalah :

Kapasitas : 393,7924 kWh

Jenis : Generator Diesel

Jumlah : 1 buah

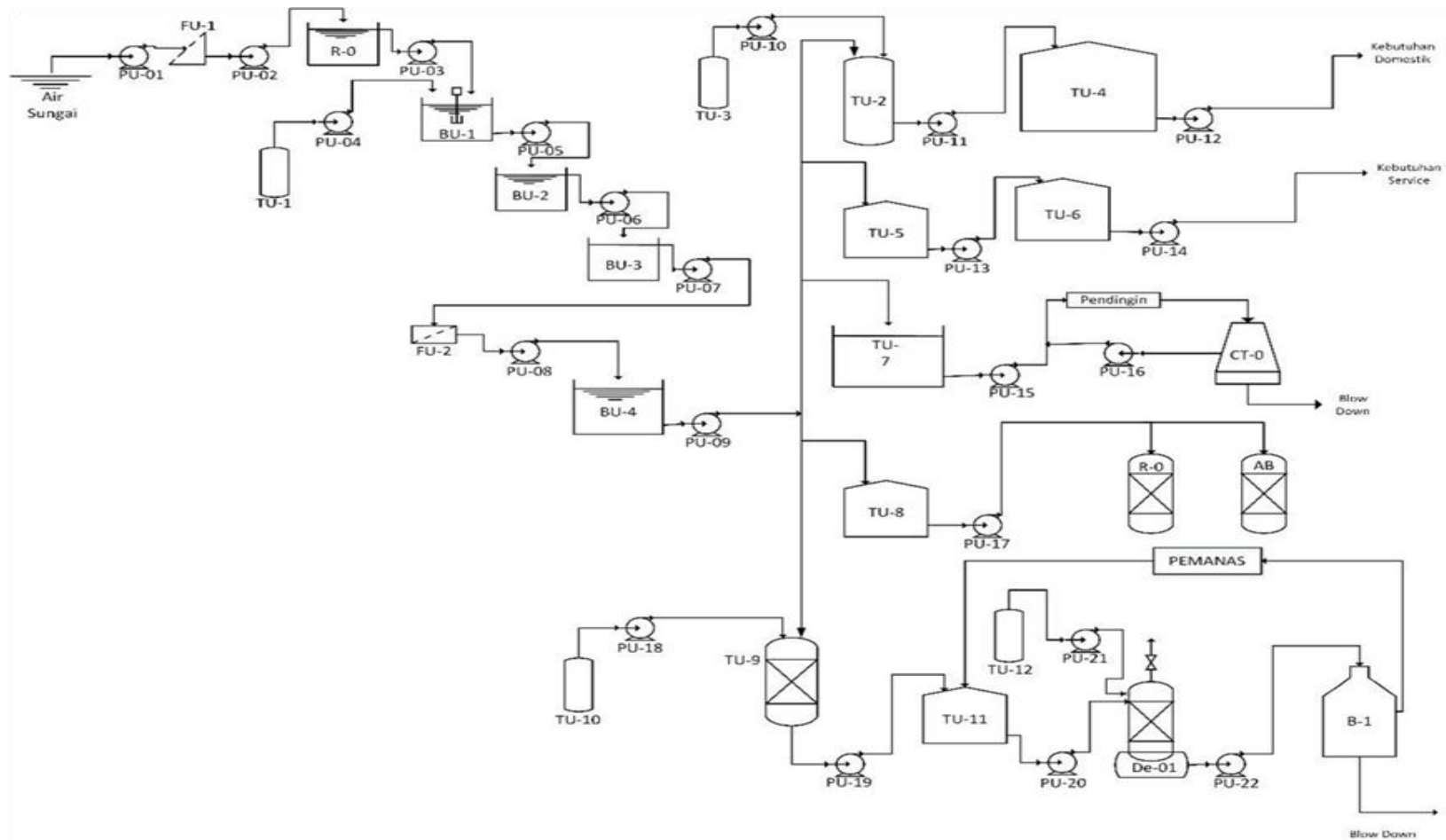
Prinsip kerja dari diesel ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Listrik ini didistribusikan ke panel yang selanjutnya akan dialirkan ke unit pemakai. Pada operasi sehari - hari digunakan listrik PLN 100%. Tetapi apabila listrik padam, operasinya akan menggunakan tenaga listrik dari diesel 100%.

4.6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 46,728 m³/jam.

4.6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar digunakan untuk keperluan pembakaran pada boiler dan diesel untuk generator pembangkit listrik. Bahan bakar boiler menggunakan fuel oil sebanyak 22,1844 kg/jam. Bahan bakar diesel menggunakan minyak solar sebanyak 344 kg/jam. Total kebutuhan bahan bakar sebesar 366,1844 kg/jam.



Gambar 4.4 Diagram alir air utilitas

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 N₂H₄
22. De-01 : Deaerator
23. BO-01 : Boiler

4.7 Organisasi Perusahaan

4.7.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik biogas dari fraksi organik sampah padat perkotaan di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan kapasitas 175.403 ton/tahun yang akan didirikan direncanakan mempunyai bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal keperusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap-tiap saham.

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan perseroan terbatas adalah didasarkan atas beberapa faktor, antara lain sebagai berikut :

1. Mudah untuk mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pengurus perusahaan.
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan adalah pemegang saham, sedangkan pengurus perusahaan adalah direksi beserta staf yang diawasi oleh dewan komisaris.
4. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak berpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta staf, dan karyawan perusahaan.

5. Efisiensi manajemen. Pemegang saham dapat memilih orang sebagai dewan komisaris beserta direktur yang cakap dan berpengalaman.
6. Lapangan usaha lebih luas. Suatu perusahaan perseroan terbatas dapat menarik modal yang besar dari masyarakat, sehingga dapat memperluas usaha.

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:

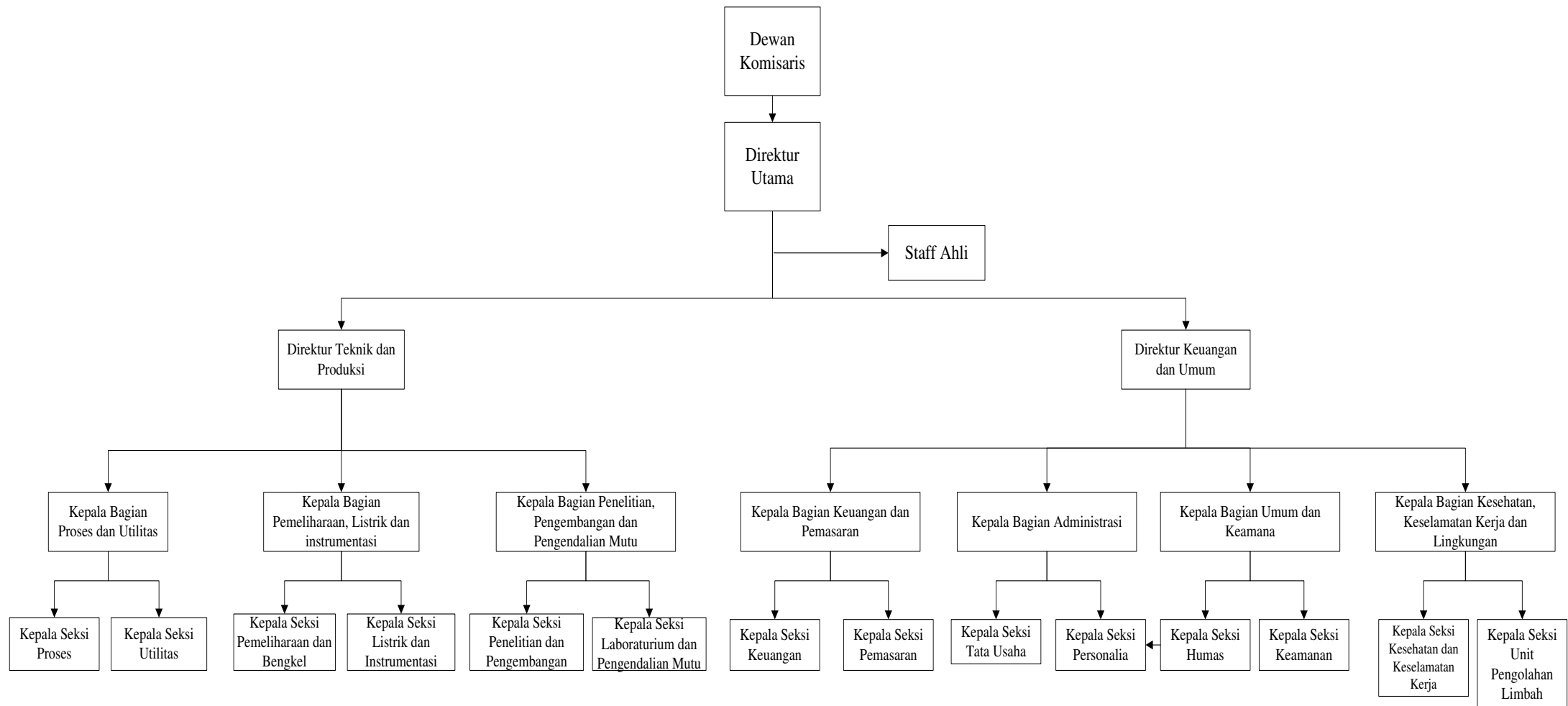
- a. Pemegang saham
- b. Dewan komisaris
- c. Direktur Utama
- d. Direktur
- e. Kepala Bagian
- f. Kepala Seksi
- g. Karyawan dan Operator

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 4.5 Struktur Organisasi

Gambar 4.5 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 pengarahannya 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 dengankepegawaian.

12. Kepala Seksi Humas

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

13. Kepala Seksi Keamanan

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan denganmengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

14. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Tugas : Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, sertamenangani 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 Ketenagakerjaan

Suatu perusahaan dapat berkembang dengan baik jika didukung oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang mendukung perkembangan perusahaan adalah pemakaian sumber daya manusia untuk ditempatkan pada bidang-bidang pekerjaan sesuai keahlian.Faktor tenaga kerja merupakan faktor yang sangat

menunjang dalam masalah kelangsungan berjalannya proses produksi dan menjamin beroperasinya alat-alat dalam pabrik. Untuk itu harus dijaga hubungan antara karyawan dengan perusahaan, karena hubungan yang harmonis akan menimbulkan semangat kerja dan dapat meningkatkan produktifitas kerjanya, yang pada akhirnya akan meningkatkan produktifitas perusahaan.

Hubungan itu dapat terealisasi dengan baik jika adanya komunikasi serta fasilitas-fasilitas yang diberikan perusahaan kepada karyawan. Salah satu contoh nyata adalah sistem pengajian atau pengupahan yang sesuai dengan Upah Minimum Regional (UMR) sehingga kesejahteraan dapat ditingkatkan.

Sistem upah karyawan perusahaan ini berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut statusnya karyawan perusahaan ini dapat dibagi menjadi tiga golongan yaitu :

1. Karyawan Tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

2. Karyawan Harian

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan Direksi tanpa SK Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar pada setiap akhir pekan.

3. Karyawan Borongan

Karyawan yang digunakan oleh perusahaan bila diperlukan saja, sistem upah yang diterima berupa upah borongan untuk suatu perusahaan.

4.7.5 Jadwal Kerja Karyawan

Pabrik biohidrogen direncanakan beroperasi selama 24 jam sehari secara kontinyu. Jumlah hari kerja selama setahun 330 hari. Hari-hari yang lainnya digunakan untuk perawatan dan perbaikan. Catatan hari kerja :

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.

Dalam kerjanya, karyawan dibedakan menjadi dua, yaitu karyawan shift dan non shift.

a Karyawan Non Shift

Karyawan non shift adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan harian adalah Direktur, Manajer, Kepala Bagian, Serta staff yang berada di kantor. Karyawan non shift berlaku 6 hari kerja dalam seminggu, libur

pada hari minggu dan hari libur nasional. Total jam kerja dalam seminggu adalah 45 jam. Dengan perutan sebagai berikut :

- Senin – Jumat : Jam 08.00 – 16.00 WIB
 - Sabtu : Jam 08.00 – 12.00 WIB
 - Waktu Istirahat setiap jam kerja : Jam 12.00 – 13.00 WIB
 - Waktu Istirahat hari Jumat : Jam 12.00 – 13.30 WIB
- b Karyawan 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. Bagi karyawan shift, setiap 3 hari kerja mendapatkan libur 1 hari dan masuk shift secara bergantian waktunya. Kelompok kerja shift ini di bagi menjadi 3 shift sehari, masing-masing bekerja selama 8 jam, sehingga harus dibentuk 4 kelompok, dimana setiap hari 3 kelompok bekerja, sedangkan 1 kelompok libur. Aturan jam kerja karyawan shift :

- Shift 1 : Jam 07.00 – 15.00 WIB
- Shift 2 : Jam 15.00 – 23.00 WIB
- Shift 3 : Jam 23.00 – 07.00 WIB
- Shift 4 : Libur

Tabel 4.18 Jadwal Pembagian kerja karyawan shift

Hari & Shift	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pagi	I	I	IV	IV	III	III	II	II	I	I
Siang	II	II	I	I	IV	IV	III	III	II	II
Malam	III	III	II	II	I	I	IV	IV	III	III
Libur	IV	IV	III	III	II	II	I	I	IV	IV

Hari & Shift	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pagi	IV	IV	III	III	II	II	I	I	IV	IV
Siang	I	I	IV	IV	III	III	II	II	I	I
Malam	II	II	I	I	IV	IV	III	III	II	II
Libur	III	III	II	II	I	I	IV	IV	III	III

Hari & Shift	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Pagi	III	III	II	II	I	I	IV	IV	III	III
Siang	IV	IV	III	III	II	II	I	I	IV	IV
Malam	I	I	IV	IV	III	III	II	II	I	I
Libur	II	II	I	I	IV	IV	III	III	II	II

Jam Kerja diambil 45 jam per minggu, kelebihan jam kerja dihitung lembur.

4.7.6 Perincian Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan harus disesuaikan secara tepat sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselesaikan dengan baik dan efisien. Penentuan jumlah

karyawan dapat dilakukan dengan melihat jenis proses ataupun jumlah unit proses yang ada. Penentuan jumlah karyawan proses dapat digambarkan sebagai berikut:

Tabel 4.19 Kebutuhan operator per alat proses

Nama Alat	ΣUnit	Orang/Unit.Shift	Orang/shift
Reaktor	5	0.5	2.5
Adsorber	2	0.25	0.5
Absorber	1	0.25	0.25
Tangki	7	0.1	0.7
Heat Exchanger	4	0.1	0.4
Pompa	9	0.2	1.8
Blower	9	0.1	0.9
Kompresor	2	0.2	0.4
Total			7

Jumlah operator untuk alat proses = 7 x 3 Shift

= 21 Orang

Jumlah operator utilitas = 0,5 x Jumlah operator produksi

= 0,5 x 21 Orang

= 11 Orang

Sehingga total keseluruhan operator lapangan

= 21 Orang + 11 Orang

= 32 Orang

4.7.7 Kesejahteraan Karyawan

Pemberian upah yang akan dibayarkan kepada pekerja direncanakan diatur menurut tingkatan pendidikan, status pekerjaan dan tingkat golongan. Upah minimum pekerja tidak kurang dari upah minimum kota yang diberlakukan oleh pemerintah (Upah Minimum Regional) dan pelaksanaannya sesuai ketentuan yang berlaku pada perusahaan. Tingginya golongan yang disandang seorang karyawan menentukan besarnya gaji pokok yang diterima oleh karyawan tersebut. Karyawan akan mendapatkan kenaikan golongan secara berkala menurut masa kerja, jenjang pendidikan dan prestasi karyawan.

4.7.8 Sistem Gaji Pegawai

1. Gaji Bulanan

Gaji ini diberikan kepada pegawai tetap dan besarnya gaji sesuai dengan peraturan perusahaan.

2. Gaji Harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian

3. Gaji Lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja yang telah ditetapkan dan besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.

Tabel 4.20 Gaji karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
Direktur Utama	1	45.000.000,00	45.000.000,00
Direktur Teknik dan Produksi	1	35.000.000,00	35.000.000,00
Direktur Keuangan dan Umum	1	40.000.000,00	40.000.000,00
Staff Ahli	1	35.000.000,00	35.000.000,00
Ka. Bag Produksi	1	30.000.000,00	30.000.000,00
Ka. Bag. Teknik	1	25.000.000,00	25.000.000,00
Ka. Bag. Pemasaran	1	25.000.000,00	25.000.000,00
Ka. Bag. Keuangan	1	25.000.000,00	25.000.000,00
Ka. Bag. Umum	1	25.000.000,00	25.000.000,00
Ka. Bag. K3 & Litbang	1	25.000.000,00	25.000.000,00
Ka. Sek. Proses	1	25.000.000,00	25.000.000,00
Ka. Sek. Pengendalian	1	25.000.000,00	25.000.000,00
Ka. Sek. Laboratorium	1	25.000.000,00	25.000.000,00
Ka. Sek. Pemeliharaan	1	25.000.000,00	25.000.000,00
Ka. Sek. Utilitas	1	23.000.000,00	23.000.000,00
Ka. Sek. Administrasi	1	23.000.000,00	23.000.000,00
Ka. Sek. Kas/Anggaran	1	23.000.000,00	23.000.000,00
Ka. Sek. Personalia	1	23.000.000,00	23.000.000,00
Ka. Sek. Humas	1	23.000.000,00	23.000.000,00
Ka. Sek. Keamanan	1	23.000.000,00	23.000.000,00
Ka. Sek. K3	1	23.000.000,00	23.000.000,00
Ka. Sek. Pembelian	1	23.000.000,00	23.000.000,00
Ka. Sek. Pemasaran	1	23.000.000,00	23.000.000,00

Lanjutan Tabel 4.20 Gaji karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
Karyawan Proses	8	10.000.000,00	80.000.000,00
Karyawan Pengendalian	3	10.000.000,00	30.000.000,00
Karyawan Laboratorium	4	9.000.000,00	36.000.000,00
Karyawan Pemeliharaan	3	9.000.000,00	27.000.000,00
Karyawan Hand Sorting	27	3.000.000,00	81.000.000,00
Karyawan Utilitas	5	9.000.000,00	45.000.000,00
Karyawan Pembelian	2	8.000.000,00	16.000.000,00
Karyawan Pemasaran	2	8.000.000,00	16.000.000,00
Karyawan Administrasi	2	8.000.000,00	16.000.000,00
Karyawan Kas	2	8.000.000,00	16.000.000,00
Karyawan Personalia	2	8.000.000,00	16.000.000,00
Karyawan Humas	2	8.000.000,00	16.000.000,00
Karyawan Keamanan	4	8.000.000,00	32.000.000,00
Karyawan K3	3	8.000.000,00	24.000.000,00
Karyawan Litbang	3	8.000.000,00	24.000.000,00
Operator	32	5.000.000,00	160.000.000,00
Sopir	3	3.000.000,00	9.000.000,00
Librarian	1	3.000.000,00	3.000.000,00
<i>Cleaning Service</i>	5	3.000.000,00	15.000.000,00
Dokter	2	8.000.000,00	16.000.000,00
Perawat	4	4.500.000,00	18.000.000,00
Total	167		1.343.000.000,00

4.7.9 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 kegiatan 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 poliklinik 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 pertanggungan 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.

4.8 Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan 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:

1. *Return On Investment*
2. *Pay Out Time*
3. *Discounted Cash Flow*
4. *Break Even Point*
5. *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 :

- a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
- b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

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

Meliputi :

- a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
- b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)

3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

- a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya variabel (*Variable Cost*)
- c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

4.8.1 Penaksiran 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.

Pabrik Biogas beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari, dan tahun evaluasi pada tahun 2023. Di dalam analisa ekonomi harga – harga alat maupun harga – harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari index pada tahun analisa.

Harga indeks tahun 2023 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1963 sampai 2023, dicari dengan persamaan regresi linier.

Tabel 4.21 *Chemical Engineering Plant Cost Index*

No	Tahun	Chemical Engineering Index
1	1963	102,4
2	1964	103,3
3	1965	104,2
4	1966	107,2
5	1967	109,7
6	1968	113,7
7	1969	119
8	1970	125,7
9	1971	132,3
10	1972	137,2
11	1973	144,1
12	1974	165,4
13	1975	182,4
14	1976	192,1
15	1977	204,1
16	1978	218,8
17	1979	238,7
18	1980	261,2
19	1981	297
20	1982	314
21	1983	317
22	1984	322,7
23	1985	325,3
24	1986	318,4
25	1987	323,8
26	1988	342,5

Lanjutan Tabel 4.21 *Chemical Engineering Plant Cost Index*

27	1989	355,4
28	1990	357,6
29	1991	361,3
30	1992	358,2
31	1993	359,2
32	1994	368,1
33	1995	381,1
34	1996	381,7
35	1997	386,5
36	1998	389,5
37	1999	390,6
38	2000	394,1
39	2001	394,3
40	2002	395,6
41	2003	402
42	2004	444,2
43	2005	468,2
44	2006	499,6
45	2007	525,4
46	2008	575,4
47	2009	521,9
48	2010	550,8
49	2011	585,7
50	2012	584,6
51	2013	567,3
52	2014	576,1
53	2015	556,8
54	2016	541,7

Persaman yang diperoleh adalah : $y = 9,6224 x - 18.810$

Jadi, indeks pada tahun 2023 = 656,1

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* :

$$\frac{C_a}{C_b} = \left(\frac{A_a}{A_b} \right)^n$$

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* :

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

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

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

4.8.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi Biogas	= 4.182,899 ton/tahun
Produk samping pupuk organik	= 9.261,443 ton/tahun
Produk samping plastik	= 35.782,212 ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Umur pabrik	= 10 tahun
Pabrik didirikan pada tahun	= 2023
Kurs mata uang	= 1 US\$ = Rp. 14.600,00
Harga bahan	:

1. Harga Bahan Baku

- a. Sampah Organik = Rp 0/tahun
- b. NaOH = Rp 245.097.421/tahun

2. Harga Bahan Baku Utilitas

- a. Alum = Rp 1.618.781 /tahun
- b. Cl₂ = Rp 6.606.727/tahun
- c. NaCl = Rp 2.236.668.201/tahun

- d. N_2H_4 = Rp 104.852.268/tahun
- e. Fuel Oil (liter) = Rp 2.359.215.227/tahun
- f. Solar (liter) = Rp 31.100.744.997/tahun
- g. Listrik (kWh) = Rp 3.815.700.943/tahun

4.8.3 Perhitungan Biaya

4.8.3.1 *Capital Investment*

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

Capital investment terdiri dari:

a. *Fixed Capital Investment*

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

b. *Working Capital Investment*

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

4.8.3.2 *Manufacturing Cost*

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

Menurut Aries & Newton (Tabel 23), *Manufacturing Cost* meliputi :

a. *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. *Indirect Cost*

Indirect Cost adalah pengeluaran–pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c. *Fixed Cost*

Fixed Cost adalah biaya – biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

4.8.3.3 *General Expense*

General Expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran–pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

4.8.4 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:

4.8.4.1 *Percent Return On Investment*

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

$$ROI = \frac{Keuntungan}{Fixed\ Capital} \times 100 \%$$

4.8.4.2 *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time (POT) adalah :

1. 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.
2. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
3. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

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

4.8.4.3 *Break Even Point (BEP)*

Break Even Point (BEP) adalah :

1. Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
2. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
3. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100 \%$$

Dalam hal ini:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4.8.4.4 *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point (SDP) adalah :

1. Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan *profit*).
2. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
3. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.
4. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

$$SDP = \frac{(0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100 \%$$

4.8.4.5 *Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) adalah:

1. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu

dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.

2. Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
3. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

Persamaan untuk menentukan DCFR :

$$(FC+WC)(1+i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1+i)^N + WC + SV \quad (1)$$

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow*

: *profit after taxes + depresiasi + finance*

n : Umur pabrik = 10 tahun

i : Nilai DCFR

4.8.5 Hasil Perhitungan

Perhitungan rencana pendirian pabrik *Biogas* memerlukan rencana PPC, PC, MC, serta *General Expense*. Hasil rancangan masing-masing disajikan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.22 *Physical Plant Cost*

No	Komponen	Harga (\$)	Harga(Rp)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	2.535.325	37.015.749.113,00
2	<i>Delivered Equipment Cost(dicek) (harusnya utilitas)</i>	631.831	9.253.937.278,00
3	<i>Instalasi cost</i>	398.636	5.820.092.717,00
4	Pemipaan	588.551	8.592.851.211,00
5	Instrumentasi	630.931	9.211.597.346,00
6	Insulasi	94.771	1.383.653.772,00
7	Listrik	253.533	3.701.574.911,00
8	Bangunan	451.027	6.585.000.000,00
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	408.209	5.959.850.000,00
	Total PPC	5.994.816	87.524.306.349

Tabel 4.23 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	Komponen	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	<i>PPC + Engineering and Construction</i>	7.193.778,60	105.029.167.618

Tabel 4.24 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Komponen	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	7.193.779	105.029.167.618
2	<i>Contractors fee (5%.DPC)</i>	575.502	8.402.333.409
3	<i>Contingency (10%.DPC)</i>	719.378	10.502.916.762

	Total FCI	8.488.659	123.934.417.790
--	------------------	------------------	------------------------

Tabel 4.25 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No.	Komponen	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	<i>Raw Material</i>	16.787,49	245.097.421,00
2	<i>Labor</i>	1.082.876,71	15.810.000.000,00
3	<i>Supervisor</i>	216.575,34	3.162.000.000,00
4	<i>Maintenance</i>	339.546,35	4.957.376.712,00
5	<i>Plant Suplies</i>	50.931,95	743.606.507,00
6	<i>Royalty and Patent</i>	140.001,57	2.044.022.991,00
7	Bahan utilitas	2.720.233,37	39.715.407.143,00
	Total DMC	4.566.952,79	66.677.510.774,00

Tabel 4.26 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Komponen	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	<i>Payroll Overhead</i>	194.918	2.845.800.000,00
2	<i>Laboratory</i>	194.918	2.845.800.000,00
3	<i>Plant Overhead</i>	866.301	12.648.000.000,00
4	<i>Packaging and Shipping</i>	700.008	10.220.114.955,00
	Total IMC	1.956.145	28.559.714.955

Tabel 4.27 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No.	Komponen	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Depresiasi	848.866	12.393.441.779
2	<i>Propertay tax</i>	169.773	2.478.688.356
3	Asuransi	84.887	1.239.344.178
	Total FMC	1.103.526	16.111.474.313

Tabel 4.28 *Total Manufacturing Cost (MC)*

No.	Komponen	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	4.566.953	66.677.510.774
2	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	1.956.145	28.559.714.955
3	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	1.103.526	16.111.474.313
	Total MC	7.626.623	111.348.700.041

Tabel 4.29 *Working Capital (WC)*

No.	Komponen	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	4.578	66.844.751
2	<i>Inproses Inventory</i>	1.039.994	15.183.913.642
3	<i>Product Inventory</i>	693.329	10.122.609.095
4	<i>Extended credit</i>	3.818.255	55.746.081.572
5	<i>Available cash</i>	2.079.988	30.367.827.284
	Total WC	7.636.115	111.487.276.343

Tabel 4.30 *General Expense (GE)*

No.	Komponen	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Administrasi	228.799	3.340.461.001
2	<i>Sales expense</i>	1.525.325	22.269.740.008
3	<i>Research</i>	266.932	3.897.204.501
4	<i>Finance</i>	644.991	9.416.867.765
	Total GE	2.666.046	38.924.273.276

Tabel 4.31 Total biaya produksi

No.	Komponen	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	<i>Manufacturing Cost</i>	7.626.623	111.348.700.041,147
2	<i>General Expense</i>	2.666.046	38.924.273.276,232
	Total	10.292.669	150.272.973.317,379

Tabel 4.32 *Fixed cost (Fa)*

No.	Komponen	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Depresiasi	848.866	12.393.441.779
2	<i>Property tax</i>	169.773	2.478.688.356
3	Asuransi	84.887	1.239.344.178
	Total Fa	1.103.526	16.111.474.313

Tabel 4.33 *Variable Cost (Va)*

No	Komponen	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	<i>Raw Material</i>	16.787	245.097.421
2	<i>Packing n Shipping</i>	700.008	10.220.114.955
3	Utilitas	2.720.233	39.715.407.143
4	<i>Royalties & patents</i>	140.002	2.044.022.991
	Total Va	3.577.030	52.224.642.510

Tabel 4.34 *Regulated Cost (Ra)*

No.	Komponen	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Gaji karyawan	1.082.877	15.810.000.000
2	<i>Payroll overhead</i>	194.918	2.845.800.000
3	Supervisi	216.575	3.162.000.000
4	<i>Plant overhead</i>	866.301	12.648.000.000
5	<i>Laboratorium</i>	194.918	2.845.800.000
6	<i>General expense</i>	2.666.046	38.924.273.276
7	<i>Maintenance</i>	339.547	4.957.376.712
8	<i>Plant supplies</i>	50.932	743.606.507
	Total	5.612.113	81.936.856.495

4.8.6 Analisa Keuntungan

Harga jual produk *Biogas* = Rp 15.558/kg

Harga jual produk pupuk = Rp. 9.762,424/kg

Harga jual produk plastik = Rp. 1.500/kg

Annual Sales (Sa) = Rp 204.402.299.096

Total Cost = Rp 150.272.973.317

Keuntungan sebelum pajak = Rp 54.129.325.778

Pajak Pendapatan = 50%

Keuntungan setelah pajak = Rp 27.064.662.889

4.8.7 Hasil Kelayakan Ekonomi

4.8.7.1 *Percent Return On Investment (ROI)*

$$\text{ROI} = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100 \%$$

ROI sebelum pajak = 43,68 %

ROI sesudah pajak = 21,84%

4.8.7.2 *Pay Out Time (POT)*

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

POT sebelum pajak = 2 tahun

POT sesudah pajak = 3,1 tahun

4.8.7.3 *Break Even Point (BEP)*

$$\text{BEP} = \frac{(Fa + 0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100 \%$$

BEP = 42,91 %

4.8.7.4 *Shut Down Point (SDP)*

$$SDP = \frac{(0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100 \%$$

$$SDP = 25,92 \%$$

4.8.7.5 *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

$$\text{Umur pabrik} = 10 \text{ tahun}$$

$$\text{Fixed Capital Investment} = \text{Rp } 123.934.417.790$$

$$\text{Working Capital} = \text{Rp } 111.487.276.343$$

$$\text{Salvage Value (SV)} = \text{Rp } 12.393.441.779$$

$$\text{Cash flow (CF)} = \text{Annual profit} + \text{depresiasi} + \text{finance}$$

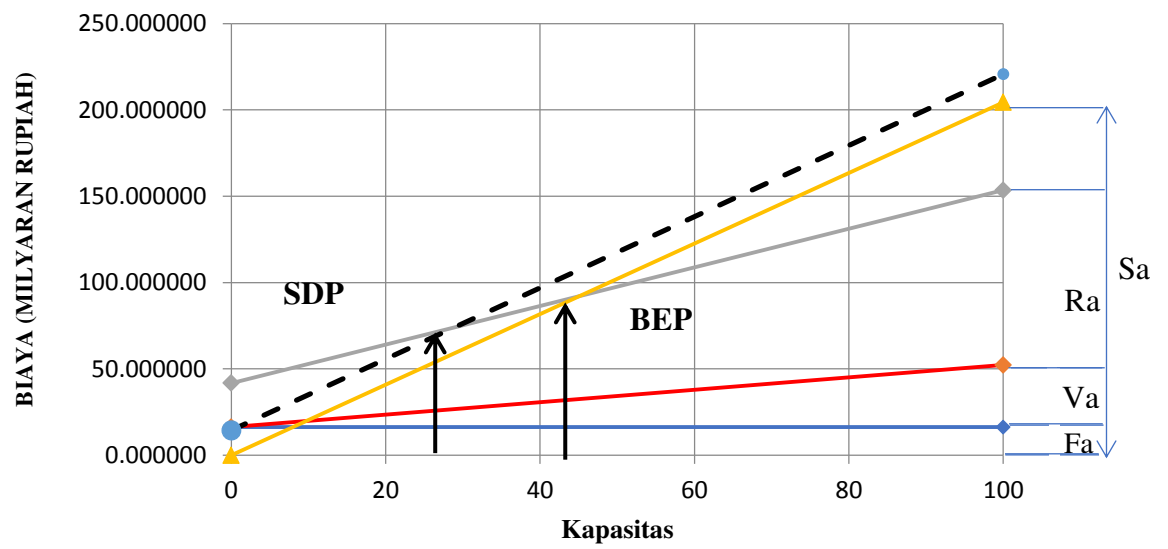
$$CF = \text{Rp } 36.482.379.520$$

Discounted cash flow dihitung secara *trial & error*

$$(FC + WC)(1+i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1+i)^N + WC + SV$$

$$R = S$$

Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i = 14,80 \%$



Gambar 4.6 Grafik BEP dan SDP

Tabel 4.35 Evaluasi Ekonomi

Evaluasi Ekonomi	Perancangan	Kelayakan
	Produksi Biogas = 4.182,899 ton/tahun Produk Samping Pupuk = 9.261,443 ton/tahun Produk Samping Sampah Plastik = 35.782,2 ton/tahun	
Total Penjualan	Rp 204.402.299.096	+ Layak
Total Production cost	Rp 150.272.973.317	< Total penjualan (Layak)
Keuntungan sebelum pajak	Rp 54.129.325.778	+ Layak
Keuntungan setelah pajak	Rp 27.064.662.889	+ Layak
Return On Investment (ROI) sebelum pajak	43,68 %	Low 11 %, high 44% (Layak)
Return On Investment (ROI) setelah pajak	21,84 %	Low 11 %, high 44% (Layak)
Pay Out Time (POT) sebelum pajak	2 tahun	Min 2th, max 5th (Layak)
Pay Out Time (POT) sesudah pajak	3,1 tahun	Low 5th, high 2th (Layak)
Break Even Point (BEP)	42,91 %	Berkisar 40 – 60 % (Layak)
Shut Down Point (SDP)	25,92 %	< BEP (Layak)

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Pabrik ini menghasilkan produk utama berupa biogas serta produk samping yaitu pupuk organik dan sampah plastik.
2. Lokasi pabrik dipilih di Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, disebabkan dekat dengan sumber bahan baku yaitu Tempat Pembuangan Akhir Piyungan.
3. Prospek biogas sangat menjanjikan untuk bahan bakar karena melimpahnya bahan baku dan menggunakan teknologi ramah lingkungan. Dan pembuatan biogas memiliki tingkat bahaya yang rendah dikarenakan suhu yang digunakan saat proses berkisar 28 – 35°C dengan tekanan berkisar 1 – 4 atm. Bahan pendukungnya berupa NaOH yang mudah untuk didapatkan dan tidak berbahaya.
4. Parameter kelayakan dengan kapasitas produksi 175.403 ton/tahun adalah total penjualan produk sebesar Rp 204.402.299.096,- dan keuntungan bersih sebesar Rp 27.064.662.889,-. *Break Even Point* (BEP) 42,91 %, *Shut Down Point* (SDP) 25,92 %, *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 43,68 % dan *Return on Investment* (ROI) sesudah pajak 21,84 %, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 2 tahun dan *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 3,1 tahun. Dan pada parameter *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR), umur pabrik selama

10 tahun, *Fixed Capital Investment* (FCI) sebesar Rp. 123.934.417.790, *Working Capital* (WC) sebesar Rp 111.487.276.343, *Salvage Value* (SV) sebesar Rp 12.393.441.779, *Cash flow* (CF) sebesar Rp 36.482.379.520, dan didapatkan nilai i (DCFR) sebesar 14,80 %

5.2 Saran

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

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

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah,K., Irwanto, A. K., Siregar, N., Agustina, E., Tambunan, A. H., Yasin, M., Hartulistiyoso, E.,and Purwanto, Y. A., “*Energi dan Listrik Pertanian*”, JICA-DGHE/IPB Project/ADAET, JTA-9a (132), 1991.
- Anonim, “*RI Masih Punya Potensi Minyak 7,5 Miliar Barel, Ini Lokasinya*”, <http://tabunganinternet.blogspot.com/2014/05/ri-masih-punya-potensi-minyak-75-miliar.html>, diakses tanggal 10 Oktober 2018.
- Aries, R.S., and Newton, R.D., “*Chemical Engineering Cost Estimation*”, Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York, 1955.
- Atkins, P.,and de Paula, J., “*Physical Chemistry*”, 8th edn. p.1000, 2006.
- Azwar, A., “*Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan*”, Jakarta, Yayasan Mutiara, 1990.
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, “*Outlook Energi Indonesia 2013*”, <http://repositori.bppt.go.id>., diakses tanggal 13 September 2018.
- Boyles, D., “*Bioenergy-Technology Thermodynamics and Cost*”, Willey, New York,1984.
- Brown, G.G., Donal Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R., “*Unit Operation*”, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Ic., New York, 1978.
- Brownell, L.E., and Young, E.H., “*Process Equipment Design*”, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1959.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., “*Chemical Engineering*”, Vol 1 \$ 6, Pergamon Internasional Library, New York, 1983.

Dinas Pekerjaan Umum, "*Laporan Kegiatan Operasional dan Pemeliharaan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Piyungan*", Pemerintah Kabupaten Bantul, Yogyakarta, 2012.

Emsley, J., "*Oxygen. Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements*", Oxford, England, UK, Oxford University Press, p. 297–304, ISBN 0-19-850340-7, 2001.

Faith, W.L., and Keyes, D.B., "*Industrial chemical*", John Wiley and Sons, Inc., New York, 1961.

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.

Hansen, H. H., Angelidaki, I., and Ahring, B. K., "*Improving thermophilic anaerobic digestion of swine manure*", Wat. Sci. Tech., Vol. 33(8), p. 1805-1810, 1999.

Hammad, S.M.D., "*Integrated environmental and sanitary engineering project at Mirzapur*", Journal of Indian Water Work Association, Vol. 28, p. 231-236, 1999.

Harahap, F.M., Apandi, dan Ginting, S., "*Teknologi Gasbio. Bandung : treatment*", Journal of Animal Science, Vol. 12 (4), p. 604 – 606, 1978.

Hessami M.A., Christensen S., and Gani R., "*Anaerobic digestion of household organic waste to produce biogas*", Renewable Energy, Vol. 9(1-4), p. 954-957, 1996.

- Jones, D.T., and Woods, D.R., "*Acetone-Butanol Fermentation Revisited*", Microbiological Reviews, Vol. 50(4), p. 484-524, 1986.
- Kasam., Sarto., Syamsiah, S., and Prasetya, A., "*Effect of Leachate Recirculation on Characteristic of Leachate Generation of Municipal Solid Waste from Land fill Lysimeter*", Journal of Chemical Engineering, David Publishing, Vol. 7, p. 456-461, 2013.
- Kern, D.Q., "*Process Heat Transfer*", Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York, 1983.
- 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.
- "*Properties of Methane*", <http://en.wikipedia.org>, diakses tanggal 17 November 2018.
- Ludwig, E.E., "*Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*", Gulf Publishing, Co., Houston, 1964.
- Maynell, B., "*Research of methane in biogas production*", Journal of Science and Technology, Vol. 19, p. 388, 1981.
- Meidiana, C., "*Scenarios for Sustainable Final Waste Treatment in Developing Country*", <http://dx.doi.org/10.5772/47157>, diakses tanggal 10 September 2018.
- Mc Cabe, Smith, J.C., and Harriot, "*Unit Operation of Chemical Engineering*", 4th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York, 1985.

- MSDS certified lye. “*MSDS Sodium Hydroxide*”, 2008, <http://www.certifiedlye.com/MSDS-Lye.pdf>, diakses pada 18 November 2018.
- MSDS Sciencelab, “*MSDS Hydrochloric Acid*”, 2005, <http://www.sciencelab.com/msds>, diakses pada 20 September 2018.
- MSDS Sciencelab, “*MSDS Sodium Chloride*”, 2008, <http://www.sciencelab.com/msds>, diakses pada 20 September 2018.
- MSDS Sciencelab, “*MSDS Potassium Carbonate*”, 2010, <http://www.sciencelab.com/msds>, diakses pada 20 September 2018.
- MSDS Sciencelab, “*MSDS Water*”, 2012, <http://www.sciencelab.com/msds>, diakses pada 20 September 2018.
- Nurhasanah, A., Teguh, W.W., Ahmad, A., dan Elita, R., “*Perkembangan Digester Biogas di Indonesia (Studi Kasus di Jawa Barat dan Jawa Tengah)*”, Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong, 2006.
- Perry, R.H., and Green, D.W., “*Perry’s Chemical Engineer’s Handbook*”, 6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York, 1986.
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., “*Plant Design and Economics for Chemical Engineers*”, 3rd ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York, 1980.
- Rase, H.F., “*Cemical Reactor Design for Process Plants*”, Wiley Interscience, Canada, 1977.

- Syahrial, E., Adam, R., Suharyati, Ajiwihanto, N., Indarwati, R. R. F., Kurniawan, F., Kurniawan, A., and Suzanti, V. M., “*2012 Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia*”, PUSDATIN ESDM, Jakarta, 2012.
- Sulistyo, P. H., “*Studi Biokonversi Sampah Organik oleh Mikroba Probiotik Menggunakan Model Sampah Organik dalam Reaktor Sederhana*”, Proses Pemilihan Peneliti Remaja Indonesia II, LIPI, Jakarta, 2003.
- Sutarno, “*Sumber Daya Energi*”, Graha Ilmu, p. 95, 2013
- Sahlstrom, L. A., “*Review of survival of pathogenic bacteria in organic waste used in biogas plants*”, Bioresource Technology, Vol. 87(2), p. 161-166, 2003.
- Smith, J.M., “*Chemical Engineering Kinetic's*”, 3rd ed, Mc GrawHill Book Kogakusha, Tokyo, 1973.
- Smith, R., “*Chemical Process Design and Integration*”, John Wiley and Sons, England, 2005.
- Smith, J.M., and Van Ness, H.C., “*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*”, 3 rd. Ed. Mc. Graw Hill, kogakusha, Tokyo, 1975.
- Tchobanoglous, G.H., Thiesen, and Vigil, S., “*Integrated Solid Waste Management : Engineering Principles and Management Issues*”, USA, McGraw Hill, 1993.
- Ulrich, G.G., “*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*”, John Willey and Sons, New York, 1984.

- Wiberg, E., Wiberg, N., and Holleman, A. F., *“Inorganic chemistry”*, Academic Press, p. 240, ISBN 0123526515, 2001.
- Yaws, C. L., *“Chemical Properties Handbook”*, p. 1-29, 185-211, 288-313, McGraw Hill Company, Inc., New York, 1999.
- Yokoi, K., Lukaski, H.C., Uthus, E.O., and Nielsen, F.H., *“Use of bioimpedance spectroscopy to estimate body water distribution in rats fed high dietary sulfur amino acids”*, J Nutr, Vol. 131, p. 1302-1308, 2001.
- Zhang, R., Hamed El-Mashad, M., Hartman, K., Wang, F., Guangqing, L., Choate, C., and Gamble, P., *“Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion”*. Bioresource Technol, Vol. 98, p. 929–935, 2007.

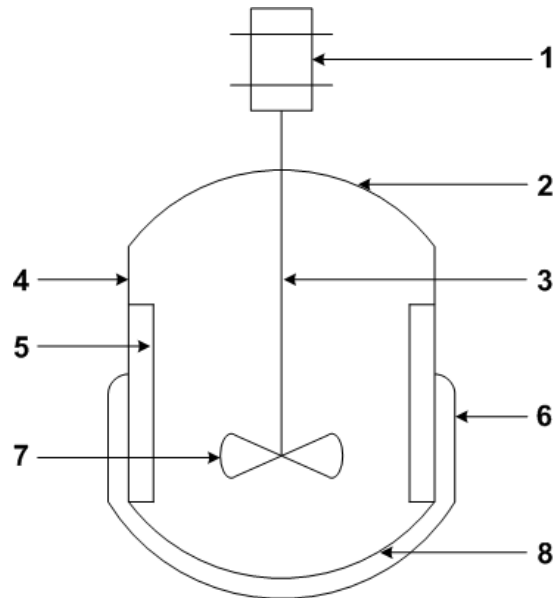
LAMPIRAN A

PERHITUNGAN REAKTOR

REAKTOR

Jenis	:	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Fungsi	:	Tempat berlangsungnya reaksi pembentukan biogas dari proses fermentasi
Kondisi Operasi	:	Suhu = 35 °C Tekanan = 1 atm Waktu tinggal(τ) = 35 Hari Reaksi = Eksotermis
Tujuan	:	<ol style="list-style-type: none">1. Menentukan volume reaktor2. Menentukan diameter dan tinggi reaktor3. Merancang <i>Head</i>4. Merancang pengaduk5. Merancang koil pemanas

Gambar Reaktor :



Keterangan gambar:

1. Power pengaduk
2. Head
3. Batang pengaduk
4. Shell
5. Baffle
6. Pemanas
7. Impeller
8. Bottom

Langkah – langkah dalam perancangan Reaktor adalah :

A. Menghitung Neraca Massa di sekitar Reaktor

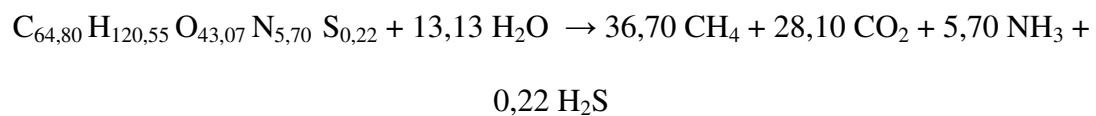
Kondisi :

Suhu (T) = 35 °C

pH = 7

HRT = 35 Hari

Reaksi dalam Reaktor :



Laju alir massa input : 15.414,20 kg/jam

Komponen	Nilai Persentase (%)
	Sampah Organik
VS	71,51
TS	15,19
Air	84,81
Abu	28,49

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

Dimana, Berat Basah = TS + Air

Berat Kering (TS) = VS + Abu

Berat Basah = (VS + Abu) + Air

Dari perhitungan yang diperoleh hasil dapat dilihat dalam tabel dibawah ini :

Komponen	Nilai Persentase (%)
	Sampah Organik
VS	1.674,35
Air	13.072,79
Abu	667,07
Total	15.414,20

Dengan menggunakan model *Boyle* dari modifikasi *Buswell* dan *Mueller* akan diperoleh nilai persen gas CH₄, CO₂, H₂S, dan NH₃ 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 Kmol. Hasil dapat dilihat di table dibawah ini. Nilai berat mol dapat digunakan sebagai perhitungan menggunakan rumus *Buswell and Mueller*.

Komponen	Persentase (%)	Ar	kMol
C (a)	46,445	12	64,80
H (b)	7,20	1	120,55
O (c)	41,16	16	43,07
N (d)	4,765	14	5,70
S (e)	0,43	32	0,22

Perhitungan koefisien reaksi

$$\text{Senyawa CH}_4 = \frac{a}{2} + \frac{b}{8} - \frac{c}{4} - \frac{3d}{8} - \frac{e}{4} = 36,70$$

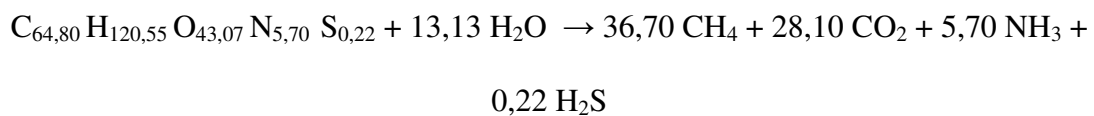
$$\text{Senyawa CO}_2 = \frac{a}{2} - \frac{b}{8} + \frac{c}{4} + \frac{3d}{8} + \frac{e}{4} = 28,10$$

$$\text{Senyawa NH}_3 = d = 5,70$$

$$\text{Senyawa H}_2\text{S} = e = 0,22$$

$$\text{Senyawa H}_2\text{O} = a - \frac{b}{4} - \frac{c}{2} + \frac{3d}{4} + \frac{e}{2} = 13,13$$

Dari perhitungan diatas didapat reaksi sebagai berikut :



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

Komponen	Koefisien	Liter/kgVS	Persen (%)
CH ₄	36,70	0,49	51,89
CO ₂	28,10	0,38	39,73
H ₂ S	0,22	0,003	0,32
NH ₃	5,70	0,08	8,06
H ₂ O	13,13	0,18	18,56
Jumlah	10,58	0,95	100,00

Nilai *yield* yang digunakan 70 % (nilai ini digunakan untuk menentukan jumlah massa VS yang terdegradasi menjadi biogas) Maka, keluaran reaktor yang dihasilkan sebagai berikut :

Gas CH₄ = 608,21 kg/jam

Gas CO₂ = 465,67 kg/jam

Gas H₂S = 3,73 kg/jam

Gas NH₃ = 94,43 kg/jam

Gas H₂O yang terbentuk sebagai berikut =

Kondisi operasi dimana :

T = 35 °C → Ps H₂O = 5,62 Kpa

P = 4 atm (gas diatur hingga mencapai tekanan segini) = 405,32 Kpa

X air = 0,9 (dianggap kandungan air dalam reaktor mencapai 90%)

Maka y H₂O = $\frac{5.62 \text{ Kpa}}{405,32 \text{ Kpa}} \times 0,9 = 0,0125 \text{ Kmol}$

Mol H₂O yang terbentuk menjadi biogas = 0,613 Kmol

Massa H₂O yang terbentuk = 0,613 Kmol x 18 (BM) = 11,041 kg/jam

Komponen	Kg/jam	BM	IN (kmol)
CH ₄	608,21	16	38,013
CO ₂	465,67	44	10,583
H ₂ S	3,73	34	0,11
H ₂ O	11,041	18	0,615
Jumlah			49,322

B. Menghitung Neraca Panas di Sekitar Reaktor

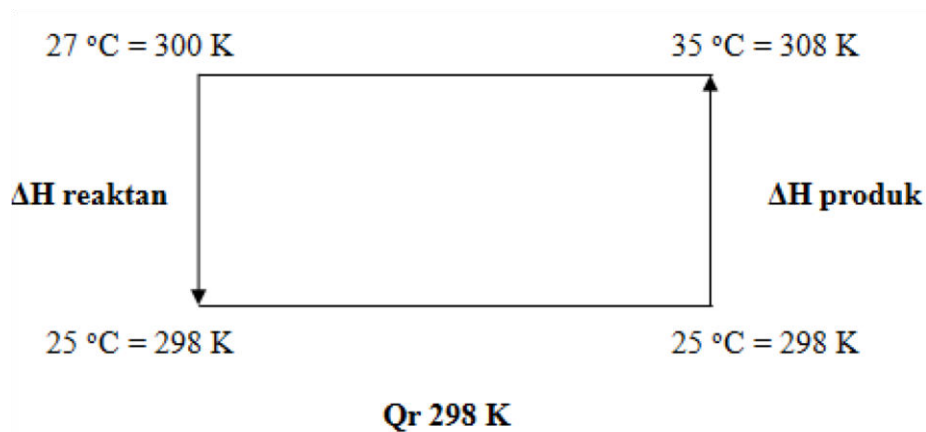
Data suhu :

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

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

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

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	Δz
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 :

Cps = Kapasitas panas padatan pada 298 K (J/mol.K)

n = Jumlah unsur atom yang berbeda dalam suatu senyawa

N_i = Jumlah unsur atom I dalam senyawa

Δ_{Ei} = Nilai dari distribusi atom I pada table

Data kapasitas panas untuk komponen cairan :

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

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

Komponen	A	B	C	D
H ₂ O	92,053	-3,9953E-02	-2,1103E-04	5,3469E-07
NH ₃	-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 ₄	34,94	-4,00E-02	1,92E-04	-1,53E-07	3,93E-11
CO ₂	27,44	4,23E-02	-1,96E-05	4,00E-09	-2,99E-13
H ₂ S	3,93	1,49E+03		-2,32E-06	
H ₂ 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 (ΔH_7)

komponen	massa, kg/jam	$\int Cp.dT$ (kj/kg)	ΔH_7 (kj/jam)
Sampah Organik	15414.20	3.6	55491.1309
NaOH	1.82	0.4799	0.8736
Air	5569.01	5.1096	28455.2441
Total	20985.03		83947.249

Neraca Panas Keluaran Atas (ΔH_8)

komponen	massa, kg/jam	BM, kg/kmol	$\int Cp.dT$ (kj/kg)	ΔH_8 (kj/jam)
CH ₄	608.21	16	22.8267	13883.4733
CO ₂	465.67	44	8.7663	4082.1768
H ₂ S	3.73	34	132767.4633	495003.3829
H ₂ O	11.08	18	18.7018	207.1929
Total	1088.69			513176.2259

Neraca Panas Keluaran Bawah (ΔH_9)

komponen	massa, kg/jam	BM, kg/kmol	$\int Cp.dT$ (kj/kg)	ΔH_9 (kj/jam)
C64,80 H120,55 O43,07 N5,70 S0,22 + 13,13 H ₂ O	14242.16	1674.11	1.3766	19605.64453
H ₂ O	5557.93	18	5.1026	28360.09768
NaOH	1.82	40	848.8203	1545.184728
NH ₃	94.43	17	-10.5693	-998.1141708
Total	19896.35			48512.81276

$$\Delta H_{in} \text{ total} = 83947,25 \text{ Kj/jam}$$

$$\Delta H_{out} \text{ total} = \Delta H_5 + \Delta H_6$$

$$= 561689,04 \text{ Kj/jam}$$

Panas Reaksi ΔH_R 298 K = -73436,86 KJ/jam

Komponen	ΔH_f (kj/kmol)	massa (kg/jam)	n (kmol/jam)	n. ΔH_f (kj/jam)
C _{64,80} H _{120,55} O _{43,07} N _{5,70} S _{0,22} + 13,13 H ₂ O	-978.60	15414.20303	9.2074	-9010.363169
H ₂ O	-285.8	5569.0099	309.3894	-88423.50149
CH ₄	-74.85	608.21215	38.0133	-2845.292467
CO ₂	-393.51	465.66785	10.58336016	-4164.658056
H ₂ S	-20.6	3.72835	0.109657311	-2.258940608
NH ₃	-45.9	94.435	5.554998934	-254.9744511

(Referensi: ΔH_f dari buku yaws))

$$\Delta H_{reaktan} = -371714,73 \text{ KJ/jam}$$

$$\Delta H_{produk} = 337694,52 \text{ KJ/jam}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{rx} (308) &= \Delta H_f (298 \text{ K}) + \Delta H_{produk} - \Delta H_{reaktan} \\ &= 635972,39 \text{ KJ/jam} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Q_{pemanas} &= \Delta H_{out} - (\Delta H_R + \Delta H_{in}) \\ &= 561689,04 \text{ KJ/jam} - (635972,39 + 83947,25) \text{ KJ/jam} \\ &= -158230,60 \text{ KJ/jam} \end{aligned}$$

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 Tables hal 668

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

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

$$q = 2.676 \text{ kJ/kg} - 419 \text{ kJ/kg} = 2.257 \text{ kJ/kg}$$

Jumlah steam yang dibutuhkan :

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

$$= -70,107 \text{ kg/jam}$$

$$= 70,107 \text{ kg/jam}$$

Panas Masuk (Kj/jam)		Panas Keluar (Kj/jam)	
Panas masuk	83947,25	Panas keluar	561689,04
Panas yang ditambahkan	-158230,59	Panas reaksi	635972,39
Total	-74283,35	Total	1197661,42

C. Menentukan Volume reaktor

$$\text{Laju alir massa (F)} = 6995,01 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas campuran} = 248,73 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{OLR} = 2 \text{ gr VS/l/hari}$$

$$\text{Waktu tinggal gas } (\tau) = 2 \text{ hari}$$

Tekanan gas = 4 atm

Faktor Kelonggaran = 20%

Tabel BM campuran dalam fase gas reaktor

Komponen	kmol	xi	Mr (kg/kmol)	xi.Mr
CH ₄	38,01	0,69	16	11,08
CO ₂	10,58	0,19	44	8,49
H ₂ S	0,11	0,02	34	0,07
NH ₃	5,55	0,10	17	1,72
H ₂ O	0,62	0,01	18	0,20
Jumlah	54,88	1,00	129	21,56

- a. Menentukan volume cairan dalam reaktor

$$V \text{ Cairan} = \frac{\text{berat Vs dalam reaktor} \times 24 \text{ jam}}{\frac{OLR}{1000}}$$

$$V \text{ Cairan} = \frac{(1674,35 \frac{kg}{jam}) \times 24 \text{ jam}}{1 \frac{gr}{l} / \frac{hari}{1000}}$$

$$V \text{ Cairan} = 20092,17 \text{ m}^3$$

- b. Menentukan volume headspace dalam reaktor

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

$$V \text{ headspace} = \frac{(1674,35 \frac{kg}{jam}) \times 0,08201 \frac{Latm}{K.mol} \times 308K}{4 \text{ atm}} \times 48 \text{ jam}$$

$$V \text{ head space} = 981,424 \text{ m}^3$$

- c. Volume fluida total reaktor

$$V_t = (V \text{ cairan} + V \text{ headspace}) \times 1,2$$

$$\begin{aligned}
 &= (20092,17 \text{ m}^3 + 981,424 \text{ m}^3) \times 1,2 \\
 &= 25288,31 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

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 :

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

$$\text{Volume head} = 0,000049 \times D^3 \quad (\text{Brownell hal 88 pers 5.11})$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ tangki total} &= \text{Volum silinder} + \text{Volum head} \\
 &= (1,5 \times \frac{\pi}{4} D^3) + (2 \times (0,000049 D^3))
 \end{aligned}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{VR}{\left(\frac{1,5\pi}{4} + 2 \cdot 0,000049\right)}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{5128,92 \text{ m}^3}{\left(\frac{1,5 \times 3,14}{4} + 2 \cdot 0,000049\right)}}$$

$$\text{Maka, D (Diameter tangki)} = 23,44 \text{ m} \quad = 76,92 \text{ ft}$$

$$H_s (\text{Tinggi Silinder}) = \frac{2}{5} D = \frac{2}{5} 23,44 \text{ m} = 9,38 \text{ m} = 30,77 \text{ ft}$$

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

$$\text{Diameter standar} = 80 \text{ ft} = 960 \text{ in} = 24,38 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi standar} = 36 \text{ ft} = 432 \text{ in} = 10,97 \text{ m}$$

$$\text{Sehingga kapasitas standar tangki sebesar} = 32260 \text{ bbl} = 5128,92 \text{ m}^3$$

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/in² Jika,

diketahui data sebagai berikut:

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

Sehingga, tebal shell adalah:

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

$t_s = 0.6899 \text{ in}$

Diambil tebal standart yaitu $t_s = 0.75 \text{ in}$

E. Head Design

1. Menentukan jenis Head

Head yang digunakan adalah jenis *Torispherical dished head*

Keterangan :

T = tebal head, in

icr = inside corner radius,

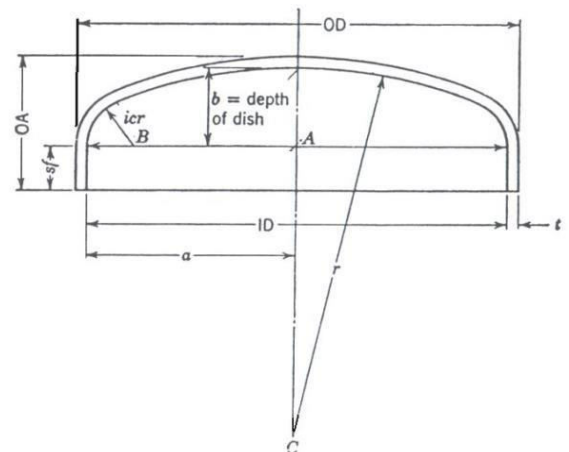
in r = radius of dish, in

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 $= \frac{\rho(g/g_c)H_L}{144} = \frac{12,21092 \text{ lb/ft}^3 \times (9.8/9.8) \times 13,7336 \text{ ft}}{144}$

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

$$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{\rho(g/gc)HL}{144} = \frac{15,53 \text{ lb} / \text{ft}^3 \times \left(\frac{9,8}{9,8} \right) \times 24,44 \text{ ft}}{144}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = 12,87 \text{ psi}$$

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

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

$$P_{\text{desain}} = 1,05 \times (14,7 + 12,87)$$

$$P_{\text{desain}} = 30,33 \text{ psi}$$

4. Menentukan tebal head (th)

$$t_h = \frac{PD}{(2fE - 0,2P)} + c \quad \text{Eq. 13.2p.258 (Brownell and Young, 1959)}$$

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 = 960 in f = 18750 psia (Tabel 13.1 Brownell 251)

E = 0.8 (Tabel 13.2 Brownell 254)

$$C = 0.125 \text{ in (Tabel 6. Timmerhaus, 1991: 542)}$$

$$P = 17,64 \text{ psia}$$

Sehingga, tebal head adalah:

$$th = \frac{17,64 \times 960 \text{ in}}{((2 \times 18750 \text{ psia} \times 0,8) - (0,2 \times 17,64 \text{ psia}))} + 0,125$$

$$t_h = 0,690 \text{ in}$$

Diambil tebal standart yaitu $t_h = 0,75 \text{ in}$

5. Menentukan Tinggi Head

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

6% of the inside crown radius)

$$OD = ID + 2ts$$

$$= 960 \text{ in} + (2 \times 0,75 \text{ in})$$

$$= 961,5 \text{ in} \quad rc = 961,5 \text{ in}$$

$$icr = 6\% \times 961,5 \text{ in} = 57,69 \text{ in}$$

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

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

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

$$a = \frac{ID}{2} = 480 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr = 422,310 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 904 \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2} = 799,079 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 162,421 \text{ in}$$

Dari tabel 5.6 Brownell hal.88 dengan $t_h = 5/8 \text{ in}$ didapat $sf = 1.5 - 4 \text{ in}$

Perancangan digunakan $sf = 3 \text{ in}$

$$\begin{aligned}
 \text{OA (H}_h\text{)} &= th + b + sf \\
 &= 0,750 \text{ in} + 162,421 + 3 \text{ in} \\
 &= 166,171 \text{ in} = 13,848 \text{ ft} = 4,221 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tebal bottom slab} = 0,1875 \text{ m} = 7,38 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga tinggi total tangki} &= \text{tinggi tangki} + \text{tutup (head +bottom)} \\
 &= 10,97 \text{ m} + 4,221 \text{ m} + 0,1875 \text{ m} = 15,3785 \text{ m}
 \end{aligned}$$

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.

$$\text{Laju alir massa (F)} = 6995,01 \text{ kg/jam} = 4,28 \text{ lbm/s}$$

$$\text{Densitas slurry organik } (\rho) = 248,729 \text{ kg/m}^3 = 15,528 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\text{Viskositas slurry organik } (\mu) = 0,00058 \text{ lbm/ft s} = 2,088 \text{ lbm/ft.hr}$$

$$Q = \frac{F}{\rho} = \frac{4,2837 \text{ lbm/s}}{15,5276 \text{ lbm/ft}^3} = 0,28 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\text{Laju Alir Volumetrik} = 0,0078 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_{opt} = 0,363 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$= 0,0838 \text{ m} = 3,2981 \text{ in}$$

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

Ukuran pipa nominal = 6 in

Schedule pipa = 40

OD = 6,625 in

ID = 6,065 in $N_{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot ID}{\mu} = 66.087,9239$

At = 0,2006 ft²

$$N_{RE} = \frac{\rho \cdot v \cdot I \cdot D}{\mu} = 20460,86$$

Effisiensi daya motor : $\eta = 80 \%$

$$\text{maka daya motor} = \frac{0,1691 \text{ hp}}{0,8} = 0,2114 \text{ hp}$$

Dipakai daya motor standar = 0,25 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.

$$\text{Laju alir massa (F)} = 6995,0111 \text{ kg/jam} = 4,2837 \text{ lbm/s}$$

$$\text{Densitas slurry organik } (\rho) = 248,7290 \text{ kg/m}^3 = 15,5276 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\text{Viskositas slurry organik } (\mu) = 0,0006 \text{ lbm/ft s} = 2,0743 \text{ lbm/ft.hr}$$

$$\text{Panas spesifik slurry organik (c)} = 8,67 \text{ kkal/kmol}$$

$$= 4,0300 \text{ Btu/lb. ft}$$

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

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

$$\text{Kecepatan putar pengaduk (N)} = 25,157 \text{ rev/hour}$$

$$\text{Laju Alir Volumetrik } Q = \frac{F}{\rho} = \frac{4,2837 \text{ lbm/s}}{15,5276 \text{ lbm/ft}^3}$$

$$= 0,2759 \text{ ft}^3/\text{s} = 0,0078 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

Bilangan

$$\text{Reynold, } N_{Re} = \frac{L^2 N \rho}{\mu} = \frac{(1782,492 \text{ ft})^2 \times 25,157 \text{ rev/hour} \times 15,5276 \text{ lbm/ft}^3}{2,0743 \text{ lbm/ft.hr}}$$

$$= 269747,3396$$

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

$$\left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} = 2,7995 \quad h_c = j \frac{k}{D} \left(\frac{c \mu}{k}\right)^{-1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{-0,14}$$

$$\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14} = 1,0980$$

$$h_c = \frac{j \cdot H \cdot k}{D} \left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$$

$$= 10536,1048 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot \text{F}$$

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, ho

$$h_{oi} = \frac{OD}{ID} \times h_i$$

$$= 12019,6762 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot \text{F}$$

- b. Menghitung koefisien, U_c

$$U_c = \frac{(h_i \times h_o)}{(h_i + h_o)}$$

$$= 5614,5503 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

- c. Menghitung H_d

Asumsi $R_d = 0,005$ (Kern, 1950)

$$H_d = \frac{1}{R_d}$$

$$= 200 \text{ Btu/jam.ft}^2$$

- d. Menghitung koefisien U_d

$$U_d = \frac{(U_c \times h_d)}{(U_c + h_d)}$$

$$= 193,1207 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

- e. Panas yang dibutuhkan

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

$$Q = 1105018,15 \text{ kJ/jam}$$

$$= 104735,5122 \text{ Btu/jam}$$

- f. Menghitung ΔT

$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 80,6 \text{ F} \quad T_2 = 35^\circ\text{C} = 95 \text{ F} \text{ maka}$$

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

- g. Menghitung luas permukaan perpindahan panas pada koil, A

$$A = \frac{Q}{(Ud \times \Delta T)} = 37,6619 \text{ ft}^2$$

Eksternal surface IPS 1 ½ in sch 40 = 0,3180 ft²/ft (Fig.10, Kern)

Jika diameter helix (D satu putaran), Dh = 21 in = 1,75 ft

- h. Luas permukaan tiap 1 putaran, $= \frac{A}{A_p} = 21,5966 = 31 \text{ putaran}$

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

$$\text{Maka jumlah putaran yang dibutuhkan} = \frac{A}{A_p} = \frac{37,6619 \text{ ft}^2}{1,7474 \text{ ft}^2} = 21,5530$$

$$= 22 \text{ Putaran}$$

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

$$\text{Panjang koil} = \frac{A}{\text{external surface}} = 4413,0819 \text{ ft}$$

Dimana :

U = koefisien panas *overall* (btu/jam.ft².°F)

Q = panas yang harus diserap (btu/jam)

A = luas perpindahan panas (ft²)

h_i = nilai panas bagian dalam (btu/jam.ft².°F)

h_o = nilai panas bagian luar (btu/jam.ft².°F)

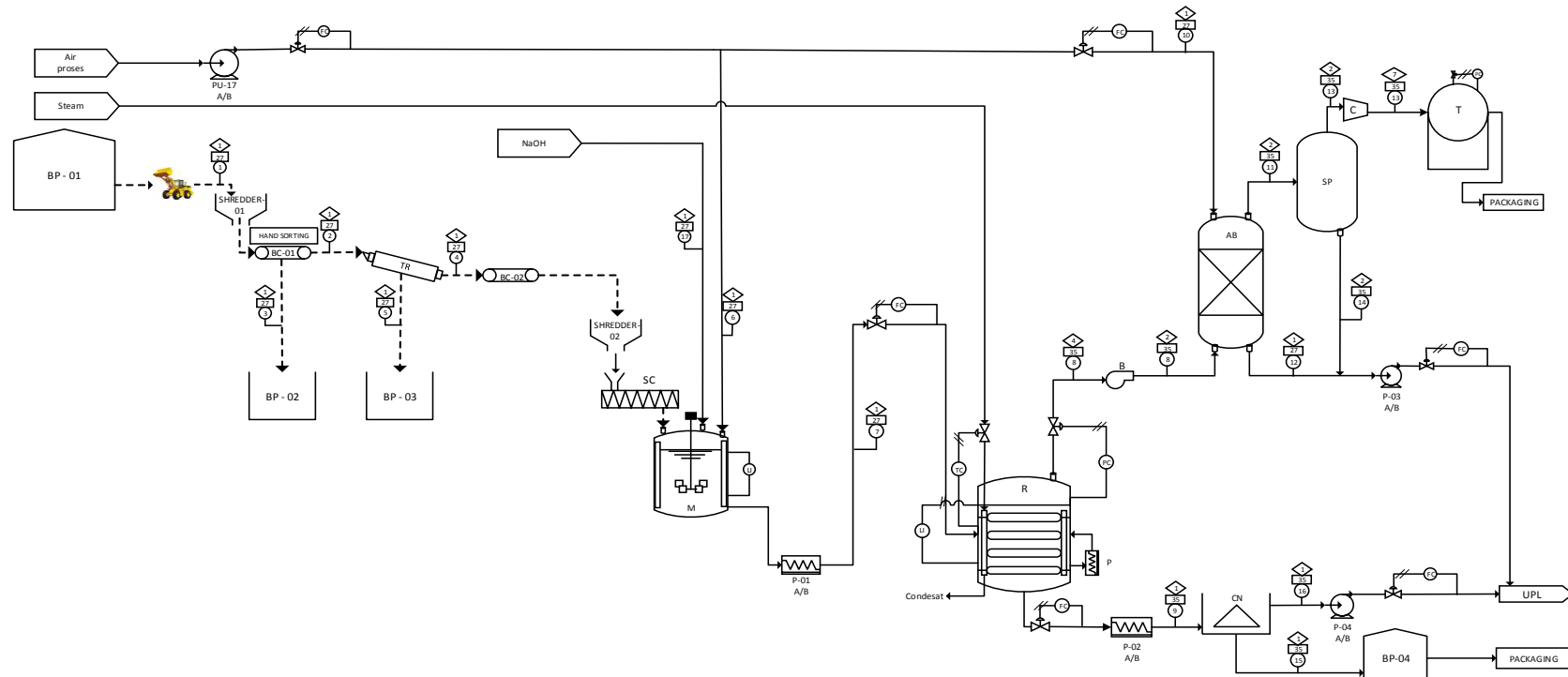
Hd = *dirty factor* (Btu/hr.ft².°F)

- h_o = koefisien panas overall bagian luar (Btu/jam.ft².°F)
 h_{oi} = diameter dalam referensi (Btu/jam.ft².°F)
 R_d = *dirt of fouling factor* hr.ft².F/btu
 U_d = koefisien perpindahan panas desain *overall* (Btu/jam.ft².°F)
 U_c = *overall cleancoefisien* (Btu/jam.ft².°F)

Kesimpulan Koil Pemanas

No	Parameter	Nilai	Satuan
1.	U_c	5614,5503	Btu/jam.ft ² .F
2.	U_d	193,1207	Btu/jam.ft ² .F
3.	A	37,6619	ft ²
4.	Jumlah putaran	22	Putaran
5.	Panjang koil	4413,0819	ft

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI FRAKSI ORGANIK SAMPAH PADAT KOTA YOGYAKARTA, SLEMAN, DAN
BANTUL KAPASITAS BAHAN BAKU 175.403 TON/TAHUN



Komponen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Sampah Padat	22146.94	19936.87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sampah Organik	-	-	-	15414.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sampah Anorganik	-	-	-	-	522.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sampah Plastik dan Kertas	-	-	6209.97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
YS	-	-	-	-	-	-	1674.35	-	502.30	-	-	-	-	-	502.30	-	-
H ₂ O (Ca)	-	-	-	-	-	5569.01	18641.80	-	18630.72	4251.17	-	4246.20	-	15.732	-	18630.72	-
Air	-	-	-	-	-	-	667.07	-	667.07	-	-	-	-	-	-	667.07	-
NaOH	-	-	-	-	-	-	1.82	-	1.82	-	-	-	-	-	-	1.82	1.82
CH ₄	-	-	-	-	-	-	608.21	-	-	608.21	-	508.478	27.734	-	-	-	-
CO ₂	-	-	-	-	-	-	465.67	-	-	46.57	419.101	1.237	45.330	-	-	-	-
H ₂ S	-	-	-	-	-	-	3.73	-	-	0.37	3.356	0.00010	0.373	-	-	-	-
NH ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94.43	-
H ₂ O (Gas)	-	-	-	-	-	-	11.08	-	-	16.05	-	0.314	-	-	-	-	-
KSCN	-	-	-	-	-	-	-	-	1714.45	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah	22146.94	19936.87	6209.97	15414.20	522.67	5569.01	20985.03	1088.69	19096.35	4251.17	671.20	4668.66	582.83	89.17	1169.37	18726.97	1.82

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
P	= POMPA
M	= MIXER
R	= REAKTOR
AB	= ABSORBER
SP	= SEPARATOR
B	= BLOWER
C	= KOMPRESSOR
CN	= CENTRIFUGE
T	= TANGKI
FC	= FLOW CONTROL
TC	= TEMPERATURE CONTROL
LI	= LEVEL INDICATOR
PC	= PRESSURE CONTROL
TR	= TROMMEL
BC	= BELT CONVEYOR
SC	= SCREW CONVEYOR

	<p>JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</p>				
<p>PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RACANGAN PABRIK BIOGAS DARI FRAKSI ORGANIK SAMPAH PADAT KOTA YOGYAKARTA, SLEMAN, DAN BANTUL KAPASITAS BAHAN BAKU 175.403 TON/TAHUN</p>					
<p>Disusun Oleh:</p> <table border="0"> <tr> <td>1. Derin Adimar</td> <td>(14521011)</td> </tr> <tr> <td>2. Arief Kharisma Pratama</td> <td>(14521024)</td> </tr> </table>		1. Derin Adimar	(14521011)	2. Arief Kharisma Pratama	(14521024)
1. Derin Adimar	(14521011)				
2. Arief Kharisma Pratama	(14521024)				
<p>Dosen Pembimbing:</p> <table border="0"> <tr> <td>1. Ir. Drs. Faisal Rasyid Madun, M.T., Ph.D.</td> </tr> <tr> <td>2. Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.</td> </tr> </table>		1. Ir. Drs. Faisal Rasyid Madun, M.T., Ph.D.	2. Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.		
1. Ir. Drs. Faisal Rasyid Madun, M.T., Ph.D.					
2. Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.					

