

**PRA RANCANGAN PABRIK BIOGAS DENGAN
KAPASITAS BAHAN BAKU LIMBAH MAKANAN
14.000 TON/TAHUN**

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



Oleh :

Nama : Dimas Daffa Setiawan

Nama : Zalzabillah Tiananda

Nim : 18521072

Nim : 18521194

**TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
YOGYAKARTA**

2022

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PRARANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI LIMBAH MAKANAN DENGAN KAPASITAS 14.000 TON/TAHUN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dimas Daffa Setiawan

Nama : Zalzabillah Tiananda

No. Mhs : 18521072

No. Mhs : 18521194

Yogyakarta, 20 September 2022

Menyatakan bahwa hasil Prarancangan Pabrik ini telah ditulis sesuai dengan kaidah ilmiah.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini tidak sesuai dengan kaidah ilmiah, maka kami siap bertanggung jawab. Demikian surat pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Td. Tangan

Td. Tangan



Dimas Daffa Setiawan



Zalzabillah Tiananda

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRARANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI LIMBAH MAKANAN
DENGAN KAPASITAS 14.000 TON/TAHUN



Nama : Dimas Daffa Setiawan
NIM : 18521072

Oleh :

Nama : Zalzabillah Tiananda
NIM : 18521194

Yogyakarta, 20 September 2022

Pembimbing I

Pembimbing II

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ifa Puspasari', written over the watermark.

Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Umi Rofiqah', written over the watermark.

Umi Rofiqah, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK BIOGAS DENGAN KAPASITAS BAHAN BAKU LIMBAH MAKANAN 14.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Dimas Daffa Setiawan

NIM : 18521072

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,

Tim Penguji,

(Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng)

Ketua Penguji

(Lucky Wahyu Nuzulia S, S.T., M.Eng)

Anggota I

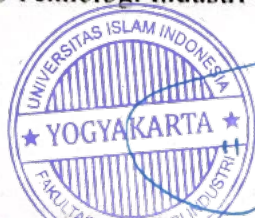
(Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng)

Anggota II

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia



Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK BIOGAS DENGAN KAPASITAS BAHAN BAKU LIMBAH MAKANAN 14.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

ISLAM

Oleh :

Nama : Zalzabillah Tiananda

NIM : 18521194

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,

Tim Penguji,

(Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng)

Ketua

(Lucky Wahyu Nuzulia S, S.T., M.Eng)

Anggota I

(Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng)

Anggota II

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia



Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya, serta tidak lupa shalawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan seluruh rangkaian pelaksanaan tugas akhir yang berjudul **“PRARANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI LIMBAH MAKANAN DENGAN KAPASITAS 14.000 TON/TAHUN”**.

Prarancangan pabrik merupakan salah satu syarat wajib yang harus ditempuh untuk menyelesaikan Program Sarjana di Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Prarancangan pabrik bertujuan untuk mendidik mahasiswa agar mampu menerapkan teori – teori yang diperoleh dikampus serta menyelesaikan permasalahan yang terjadi di lapangan dan dapat menjembatani antara sisi akademis dengan realita lapangan.

Penulis laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan tidak lepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari banyak pihak yang sangat berarti bagi penulis. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya. Serta telah memberikan nikmat kesehatan, panjang umur, kesabaran, dan kemudahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

2. Rasulullah SAW, sang suri tauladan yang telah membawa kita keluar dari zaman jahiliyah menuju zaman kebenaran.
3. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan doa, motivasi, dukungan, dan bantuan yang tiada hentinya.
4. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
5. Ibu Ifa Puspasari Dr., S.T, M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia dan Dosen Pembimbing I, Prarancangan Pabrik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri yang telah membimbing, memberikan motivasi serta saran kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Ibu Umi Rofiqah, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II Prarancangan Pabrik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknoogi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah membimbing, memberikan motivasi serta saran kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Bapak Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc. selaku Dosen yang telah meluangkan waktunya dan pemikirannya dalam membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan bantuan kepada penulis selama menuntut ilmu di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

9. Teman – teman Teknik Kimia 2018 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kerja samanya.

10. Semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu yang telah memberikan kontribusinya dalam membantu pelaksanaan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa didalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu kami mengharapakan kritik dan saran untuk menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 20 September 2022

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil 'alamin.

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

Allah SWT karena sudah mengabulkan doa doa yang saya panjatkan setiap harinya, melindungi saya, Dan hanya dengan izin-Nya semata saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Ibu (Nani) dan Ayah (Bayu) yang tidak henti-hentinya memberikan doa, semangat, dorongan, kasih sayang dan kepercayaan. Semoga kelak saya dapat membalas jasa yang telah diberikan.

Dosen pembimbing I Ibu Ifa Puspasari, Dr., S.T., M.Eng. dan Dosen pembimbing II Ibu Umi Rofiqah, S.T., M.T. yang telah bersedia meluangkan waktu di tengah kesibukannya untuk membimbing, mengarahkan, memberi ilmu, dan menasehati kami.

Zalzabillah Tiananda *Partner* saya Tugas Akhir. Terima kasih atas perjuangan, kerjasama, kesabaran dan semua yang telah di lewatkan semoga ilmu yang kita dapatkan berkah dan bermanfaat untuk sekitar.

Semua teman dan sahabat yang selalu mendukung dan membantu baik moril maupun materil. RARE (Dzaki, Yoga, Bima, Ali, Opal), haha hihi nongka nongki (Jq, Nasha, Sidiq, Lala, Fajri, Naritha) kemudian Bilqis Nafhan Nafilla A. selaku pacar saya yang sudah selalu mendukung, memberikan doa, dan semangat,

Teman-teman seperjuangan saya di Teknik Kimia yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Atas segala kenangan yang telah saya dapatkan di dalam kelas maupun di luar kelas. Semoga kita semua sukses baik dunia maupun akhirat.

Semua pihak yang telah memberikan banyak bantuan dan arahan dalam penyusunan tugas akhir ini dari awal hingga akhir.

Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for just being me at all times.

Dimas Daffa S.

Teknik Kimia 2018

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	1
BAB I	2
PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik	4
1.3 Tinjauan Pustaka.....	7
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	19
1.4.1 Tinjauan Termodinamika	19
1.4.2 Tinjauan Kinetika.....	28
BAB II	30
PERANCANGAN PRODUK	30
2.1 Spesifikasi Produk	30
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung	31
2.3 Pengendalian Kualitas.....	36
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	36
2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses	36
2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk	38
BAB III	40
PERANCANGAN PROSES	40
3.1 Diagram Alir Proses dan Material	40
3.2 Uraian Proses	42
3.3 Spesifikasi Alat.....	47

3.4	Neraca Massa.....	60
3.5	Neraca Panas.....	66
BAB IV		68
PERANCANGAN PABRIK.....		68
4.1	Lokasi Pabrik.....	68
4.2	Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>).....	73
4.3	Tata Letak Mesin / Alat Proses (<i>Machines Layout</i>).....	76
4.4	Organisasi Perusahaan.....	81
BAB V.....		104
UTILITAS.....		104
5.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)	104
5.2	Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>).....	116
5.3	Unit Penyediaan Udara Tekan.....	117
5.4	Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	117
BAB VI.....		118
EVALUASI EKONOMI.....		118
BAB VII		137
KESIMPULAN DAN SARAN		137
7.1	Kesimpulan.....	137
7.2	Saran.....	138
DAFTAR PUSTAKA		139
LAMPIRAN A.....		144
LAMPIRAN B.....		168
LAMPIRAN C.....		169

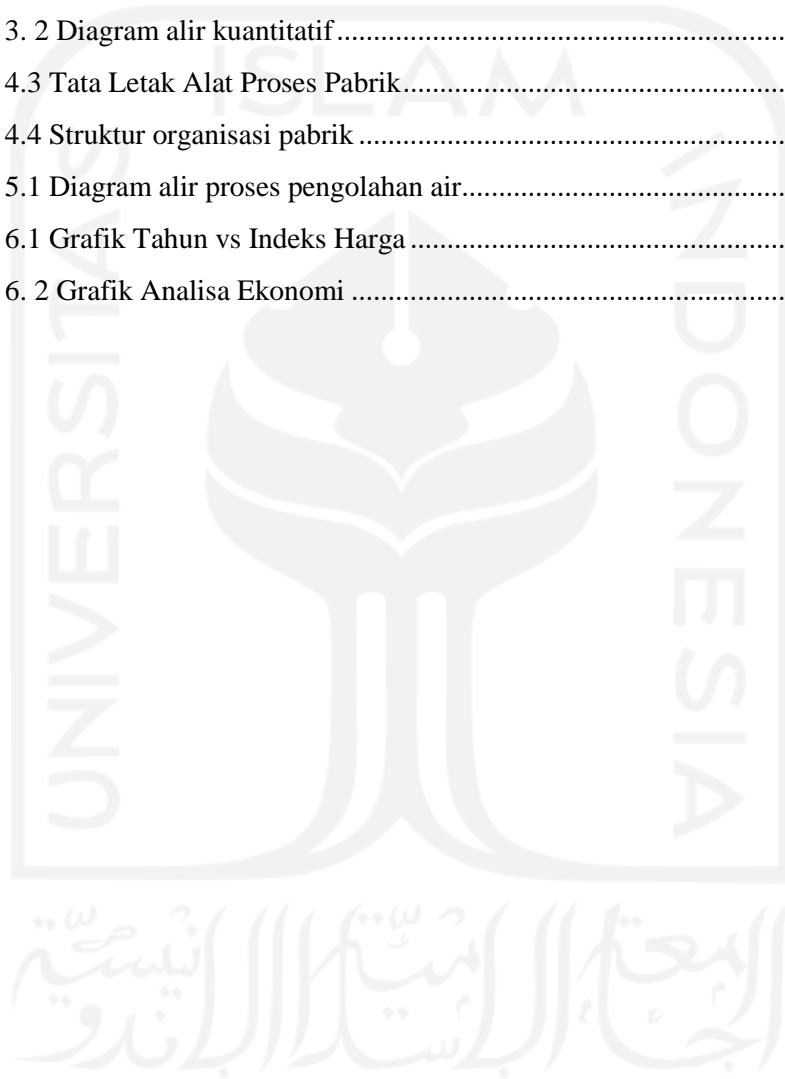
DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data jumlah rumah makan di Yogyakarta	6
Tabel 1. 2 Komponen senyawa pada biogas	8
Tabel 1. 3 Jumlah rasion C/N dari beberapa bahan	16
Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor	47
Tabel 3. 2 Spesifikasi shredder	48
Tabel 3. 3 Spesifikasi vibrating screen	48
Tabel 3. 4 Spesifikasi mixer.....	49
Tabel 3. 5 Spesifikasi absorber	50
Tabel 3. 6 Spesifikasi separator	50
Tabel 3. 7 Spesifikasi kompresor.....	51
Tabel 3. 8 Spesifikasi expansion valve (EV-01).....	51
Tabel 3. 9 Spesifikasi expansion valve (EV-02).....	52
Tabel 3. 10 Spesifikasi centrifuge.....	52
Tabel 3. 11 Spesifikasi tangki penyimpanan	54
Tabel 3. 12 Spesifikasi bak penampungan.....	55
Tabel 3. 13 Spesifikasi alat transportasi bahan padat	56
Tabel 3. 14 Spesifikasi alat transportasi bahan cair	57
Tabel 3. 15 Spesifikasi alat transportasi bahan gas.....	59
Tabel 3. 16 Neraca massa total	60
Tabel 3. 17 Neraca massa bak penampungan	61
Tabel 3. 18 Neraca massa shredder.....	61
Tabel 3. 19 Neraca massa mixer	62
Tabel 3. 20 Neraca massa reaktor	62
Tabel 3. 21 Neraca massa absorber.....	63
Tabel 3. 22 Neraca massa separator.....	64
Tabel 3. 23 Neraca massa centrifuge	65
Tabel 3. 24 Neraca panas shredder	66
Tabel 3. 25 Neraca panas vibrating screen	66
Tabel 3. 26 Neraca panas mixer.....	66
Tabel 3. 27 Neraca panas reaktor.....	66

Tabel 3. 28 Neraca panas absorber	67
Tabel 3. 29 Neraca panas separator	67
Tabel 3. 30 Neraca panas centrifuge	67
Tabel 4.1 Area Bangunan Pabrik Biogas	76
Tabel 4.2 Jadwal kerja karyawan shift.....	94
Tabel 4.3 Penggolongan jabatan	97
Tabel 4.4 Jumlah Karyawan Non Shift.....	98
Tabel 4.5 Kebutuhan Operator per Alat Proses	98
Tabel 4.6 Kebutuhan operator per alat utilitas	99
Tabel 4.6 Daftar Gaji Karyawan	101
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Proses	114
Tabel 5.3 Total kebutuhan air unit utilitas	116
Tabel 6.1 Chemical engineering plant cost index (CEPCI)	120
Tabel 6. 2 Physical Plant Cost (PPC).....	128
Tabel 6. 3 Direct Plant Cost (DPC).....	129
Tabel 6. 4 Fixed Capital Investement (FCI)	129
Tabel 6. 5 Working Capital Investement (WCI).....	130
Tabel 6. 6 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	130
Tabel 6. 7 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	131
Tabel 6. 8 Fixed Manufacturing Cost (FMC)	131
Tabel 6. 9 General Expense (GE)	132
Tabel 6. 10 Analisa Kelayakan	132

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik data jumlah rumah makan di Yogyakarta	6
Gambar 3. 1 Diagram alir kualitatif	40
Gambar 3. 2 Diagram alir kuantitatif	41
Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses Pabrik.....	80
Gambar 4.4 Struktur organisasi pabrik	85
Gambar 5.1 Diagram alir proses pengolahan air.....	113
Gambar 6.1 Grafik Tahun vs Indeks Harga	121
Gambar 6. 2 Grafik Analisa Ekonomi	136



DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	: Temperature, °C
D	: Diameter, m
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, kg/m ³
A	: Luas bidang penampang, ft ²
LMTD	: Long mean temperature different, °K
OD	: Diameter luar tabung, m
ID	: Diameter dalam tabung, m
ϵ	: Effisiensi
Ro	: Radius luar, in
ts	: Ketebalan dinding, in
OA	: Tinggi head, m
icr	: Jari-jari kelengkungan dalam, m
r	: Jari-jari kelengkungan, m
b	: Kedalaman, m
sf	: Straight flange, m
Ht	: Tinggi reaktor, m
B	: Lebar baffle, m
Di	: Diameter pengaduk, m
Dt	: Diameter reaktor, m
W	: Lebar sudut, m
z	: Elevasi pengaduk, m
s	: Panjang blade dari pusat bantalan, m
ρ_l	: Rapat massa fluida, kg/m ³
Np	: Bilangan daya

- N : Kecepatan putar, 1/s
P : Daya penggerak, watt
Q_{pp} : Panas yang diserap media pemanas, kJ/jam
m_{air} : Kecepatan massa air, kg/jam
Q_t : Beban panas total, kJ/jam
q_f : Kecepatan volume fluida, ft³/s



ABSTRAK

Banyaknya wisatawan yang sering berkunjung ke Yogyakarta, menyebabkan banyaknya rumah makan baru yang dibuka, hal ini menyebabkan menumpuknya sampah limbah makanan. Pemanfaatan biogas menjadi penting dalam beberapa tahun terakhir, terutama karena ketersediaan bahan baku yaitu limbah makanan dan kesesuaian lingkungan. Dengan peningkatan biaya produk minyak bumi, biogas dapat menjadi sumber energi alternatif yang efektif untuk memasak, penerangan, bahan bakar, irigasi dan beberapa kebutuhan lainnya. Biogas adalah gas *flammable* (mudah terbakar) dan dihasilkan dari hasil proses fermentasi bahan-bahan organik dengan bakteri-bakteri *anaerobik* yaitu bakteri yang dapat bertahan hidup tanpa adanya oksigen dalam suatu digester. Desain pabrik kimia biogas ini dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan biogas. Limbah makanan dari beberapa rumah makan di daerah kota Yogyakarta dan kabupaten Bantul digunakan sebagai bahan baku dalam produksi biogas. Pabrik ini akan dibangun di kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pabrik ini beroperasi secara kontinyu selama 330 hari/tahun, dengan kapasitas limbah makanan sebesar 14.000 ton/tahun dan menghasilkan produk biogas sebesar 1812,76 ton/tahun. Hasil produk biogas ini dapat digunakan sebagai bahan bakar memasak, dan 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 30 – 35 °C dan tekanan berkisar 1 – 4 atm. Dan bahan baku pembantu yaitu CaO yang mudah dan memiliki sifat yang tidak berbahaya. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi, kita dapat melihat bahwa persentase *Break Even Point* (BEP) adalah 44,70%, *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak adalah 17,75% dan setelah pajak adalah 14,20%, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 3,9 tahun dan setelah pajak 4,5 tahun, *Shut Down Point* (SDP) 13,53 %, laba sebelum pajak adalah Rp 100.901.552.492,00 dan laba setelah pajak 80.721.241.994,00

Kata Kunci : Bahan Bakar, Biogas, Digester Anaerobik, Limbah Makanan,

Kontinyu

ABSTRACT

The number of tourists who often visit Yogyakarta, causes many new restaurants to open, this causes food waste to accumulate. Utilization of biogas has become important in recent years, mainly due to the availability of raw materials, namely food waste and environmental suitability. With the increasing cost of petroleum products, biogas can be an effective alternative energy source for cooking, lighting, fuel, irrigation and several other needs. Biogas is a flammable gas (flammable) and is produced from the fermentation process of organic materials with anaerobic bacteria, namely bacteria that can survive in the absence of oxygen in a digester. The design of this biogas chemical plant is intended to meet the needs of biogas. Food waste from several restaurants in the city of Yogyakarta and Bantul district is used as raw material for biogas production. This factory will be built in Bantul district, Special Region of Yogyakarta. This plant operates continuously for 330 days/year, with a food waste capacity of 14,000 tons/year and produces biogas products of 1812.76 tons/year. The results of this biogas product can be used as cooking fuel, and the resulting waste is organic solid waste that can be used as fertilizer. This factory is planned in the form of a Limited Liability Company (PT). This project concludes that the biogas plant is technically feasible where this plant has a low level of danger seen from the process where the temperature used is in the range of 30 – 35 C and the pressure is in the range of 1 – 4 atm. And the auxiliary raw material is CaO which is easy and has harmless properties. Based on results of economic evaluation, we can see that percentage of Break Even Point (BEP) is 44,70 %, Return on Investment (ROI) before tax is 17,75% and after tax is 14,20%, Pay Out Time (POT) before tax is 3,9 yeears and after tax is 4,5 years, Shut Down Point (SDP) 13,53% . Profit before tax is Rp 100.901.552.492 and profit after tax is Rp 80.721.241.994

Keyword : Anaerobic Digestate, Biogas, Continous, Food Waste, Fuel

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menyusutnya cadangan bahan bakar fosil dan pemanasan global terkait dengan pelepasan gas rumah kaca telah menimbulkan kekhawatiran yang berasal dari pemanfaatan bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama (Liao et al., 2016). Biomassa dapat dianggap sebagai sumber energi terbarukan yang menjanjikan, mengingat kelimpahan, keberlanjutan, kandungan energi yang tinggi, dan fleksibilitas teknis dalam produksi bioenergi (Cao et al., 2012; Srirangan et al., 2012).

Sekitar 33% dari total makanan yang dikonsumsi manusia terbuang setiap tahun seperti yang dilaporkan oleh *Food and Agricultural Organization (FAO)*, Perserikatan Bangsa-Bangsa 2012, yang menyumbang sekitar 1,35 miliar ton. Makanan terbuang selama pemrosesan, transportasi, penjualan, dan memasak. Limbah makanan menciptakan masalah secara global. Perubahan iklim menjadi bencana karena sebagian besar limbah makanan dibuang ke tempat pembuangan sampah atau dibakar yang menghasilkan gas rumah kaca seperti metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) (M.Melikoglu,2013). Di negara-negara Asia, pemborosan makanan tahunan meningkat pesat, dan diperkirakan akan meningkat dari 278 juta ton pada tahun 2005 menjadi 416 juta ton pada tahun 2025 (R.Oliver,2007)

Pilihan yang paling diinginkan untuk menangani limbah makanan yaitu dengan mencegah pemborosan makanan yang mungkin tidak selalu memungkinkan. Opsi kedua adalah menggunakan kembali limbah makanan dengan memberikannya kepada orang miskin, tetapi ini membutuhkan pengumpulan, pemilahan, dan pengangkutan yang mungkin tidak layak secara ekonomi. Selain itu, sisa makanan mudah rusak karena tidak tahan lama akibat degradasi mikroba (The CSR Journal,2018). Teknik lain untuk penanganan limbah makanan diantaranya pengomposan, pembakaran, dan pembuangan pada tempat pembuangan sampah. Pengomposan membutuhkan lahan yang luas untuk pengolahannya dan menghasilkan bau yang tidak sedap (J.C.Tjell,2005). Demikian pula, pembakaran menyebabkan masalah lingkungan seperti polusi udara dan pelepasan dioksin yang berbahaya (J.I.Chang,2006). Tempat pembuangan sampah juga membutuhkan sejumlah besar lahan untuk perawatan yang membuatnya tidak layak untuk pertanian dan tujuan hidup. Selain itu, pencucian polutan dari TPA dapat meresap ke dalam air tanah (B.K.Adhikari,2009).

Limbah makanan dari rumah tinggal dan restoran mungkin mengandung sisa makanan seperti sayuran hijau, kulit buah, nasi, dan daging. Karena sejumlah besar bahan seperti makanan terbuang, maka pemulihan energi dalam bentuk metana dari bahan limbah ini merupakan preposisi yang menarik. Limbah ini bersifat organik dan terutama terdiri dari protein, karbohidrat, dan lemak. Akibatnya, limbah makanan yang dikumpulkan dapat diolah secara anaerobik untuk pemulihan energi sebagai biogas. Selain itu, digestate yang dihasilkan

selama proses anaerobik dapat berfungsi sebagai kondisioner tanah yang sangat baik karena kandungan nutrisinya yang tinggi. Pencernaan anaerobik juga menghilangkan bahaya lingkungan seperti emisi gas rumah kaca serta polusi udara dan air (K.Paritosh,2017).

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

1. Untuk memenuhi kebutuhan energi di dalam negeri dan mengurangi ketergantungan import, sehingga dapat menambah devisa negara.
2. Pendirian pabrik ini diharapkan dapat membuka lapangan kerja dan meningkatkan taraf hidup masyarakat.

1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik

Pabrik Biogas akan dibangun dengan kapasitas bahan baku 14.000 ton/tahun dalam pembangunan pabrik di tahun 2026. Untuk mendirikan suatu pabrik, perhitungan jumlah kapasitas merupakan faktor yang penting karena dapat mempengaruhi proses perencanaan dari teknis maupun ekonomi dan agar produk yang dihasilkan sesuai dengan permintaan dan bahan bakunya. Penentuan kapasitas ini ditinjau dari perkiraan jumlah limbah makanan yang dihasilkan selama satu tahun dengan menerapkan prinsip tidak adanya limbah yang tersisa (*zero waste*).

1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku

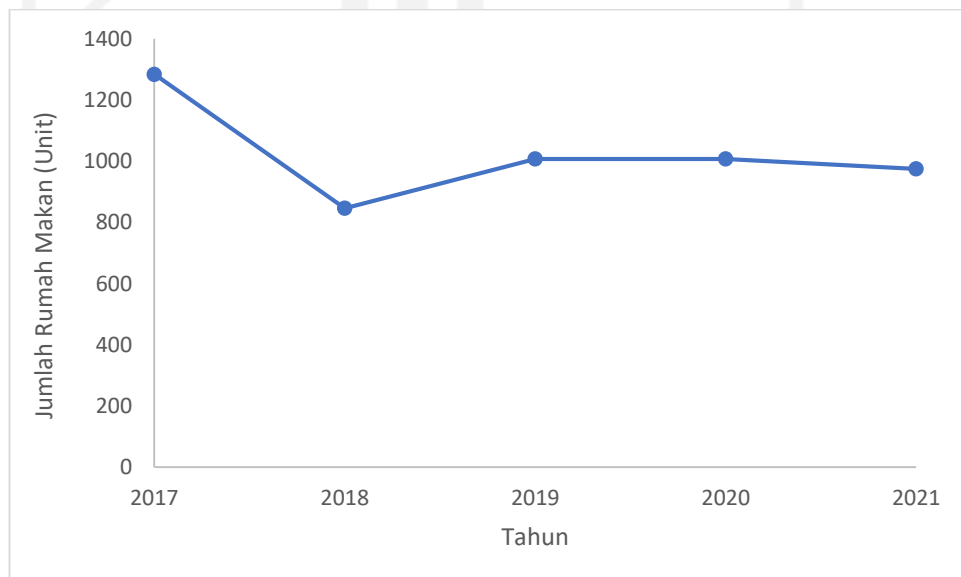
Provinsi D. I. Yogyakarta merupakan salah satu provinsi dengan tingkat kunjungan pariwisata yang tinggi sehingga banyak berdiri usaha-usaha rumah makan mikro maupun makro (Statistik kepariwisataan DIY, 2016). Banyaknya usaha rumah makan, diiringi pula dengan meningkatnya jumlah sampah limbah organik maupun anorganik dari rumah makan, untuk itu diperlukan pengolahan lebih lanjut terhadap limbah-limbah tersebut. Alasan pemilihan dengan menggunakan bahan baku tersebut adalah agar terjadi hubungan timbal balik yang menguntungkan satu sama lain antara pabrik dengan rumah makan. Dimana rumah makan akan memperoleh bahan bakar memasak dengan harga lebih rendah dari masyarakat umum. Sedangkan pabrik akan memperoleh keuntungan dengan menjual hasil produksi ke masyarakat umum dengan harga yang lebih tinggi dari harga yang diperoleh industri rumah makan. Dikarenakan pabrik biogas akan dibangun di wilayah Yogyakarta maka dari itu limbah makanan diambil dari wilayah Yogyakarta, agar meminimalkan biaya transportasi bahan baku. Jumlah rumah makan di wilayah Yogyakarta dari tahun 2017-2021 ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Data jumlah rumah makan di Yogyakarta

Tahun	Jumlah Rumah Makan (Unit)
2017	1284
2018	846
2019	1007
2020	1007
2021	975

(Sumber : Dinas pariwisata DIY ,2022)

Dari data diatas dapat dibuat grafik, dengan tahun sebagai sumbu x dan data jumlah rumah makan sebagai sumbu y, grafik dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Grafik data jumlah rumah makan di Yogyakarta

Berdasarkan penelitian Arif yang sudah dilakukan pada tahun 2017 mengenai survei limbah makanan dari empat rumah makan mulai dari skala besar sampai kecil di wilayah DIY, didapatkan jumlah sampah gabungan pada rumah makan sebesar 226 kg/8 hari, dan jumlah sampah gabungan per harinya yaitu sebesar 28,25 kg/hari. Dalam empat restoran, dihasilkan (73% x 226) kg limbah makanan per hari atau sebesar 165 kg/hari. Sehingga, dalam satu restoran dihasilkan limbah makanan sebesar 41,25 kg/hari. Jika diasumsikan setiap tahun jumlah limbah makanan dan jumlah rumah makan sama maka untuk rumah makan menggunakan dari data terakhir. Sehingga kapasitas pabrik yang akan dibangun pada tahun 2026 berdasarkan ketersediaan bahan baku limbah makanan yaitu sebesar 14.000 ton/tahun dan didapatkan produk biogas yang dihasilkan dari jumlah limbah makanan yaitu sebesar 1.600 ton/tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Pengertian Biogas

Biogas diproduksi secara *anaerobic digestion* yaitu proses biokimia yang mendegradasi material organik oleh bakteri anaerob tanpa adanya oksigen (Achinas, et al. 2019). Biogas dapat dihasilkan dari berbagai limbah seperti kotoran hewan, lumpur, limbah padat kota, dan sisa makanan sehingga dapat mengurangi limbah dan juga beberapa pupuk yang cocok untuk tujuan pertanian juga diproduksi selama proses produksi biogas. Komponen biogas adalah CH₄ sebesar ± 60%, CO₂ ±35%, dan ± 2% N₂, O₂, H₂, dan H₂S dan gas - gas lainnya.

Pada Tabel 1.2 menunjukkan komponen kandungan senyawa yang terdapat di dalam biogas.

Tabel 1. 2 Komponen senyawa pada biogas

Komponen	Konsentrasi (% Vol)
Metana (CH ₄)	50 – 75
Karbon dioksida (CO ₂)	25 – 45
Air (H ₂ O)	2 – 7
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	< 2
Nitrogen (N ₂)	< 2
Oksigen (O ₂)	< 2
Hydrogen (H ₂)	< 1
Amonia (NH ₃)	< 1

(Sumber: *Winrock International* , 2015)

Komponen utama dari energi biogas ini adalah gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂). Kedua gas tersebut dapat dibakar atau dioksidasi dan melepas energi, energi tersebutlah yang dapat dimanfaatkan manusia untuk kebutuhan sehari-hari. Akan tetapi, besarnya komponen gas tersebut tergantung pada proses anaerobik dan komposisi dari bahan dasar pembuatan energi biogas. Semakin besar kandungan metana dari energi biogas, maka akan semakin besar juga energi yang bisa dihasilkan dari biogas tersebut.

Biogas memiliki sifat tidak berbau, mudah terbakar dalam arti bila dibakar akan relatif lebih besar dari pada batubara, tidak berwarna (jika dinyalakan dengan batubara berwarna biru yang sama dengan *Liquefied Petroleum gas*

(LPG). Biogas juga memiliki massa yang lebih ringan dari udara, sekitar $\pm 20\%$ dan memiliki suhu nyala kisaran 650. (Dewanto, 2008).

1.3.2 Limbah Makanan

Limbah makanan adalah kandidat yang menarik aliran limbah menjadi sumber energi, menggantikan bahan bakar fosil, dan pencernaan dapat didaur ulang menjadi lahan pertanian (Hedlund,2018). Limbah makanan memiliki kandungan organik yang tinggi dan biodegradabilitas yang sangat baik. Oleh karena itu, dapat diolah menggunakan anaerobik digestif (AD), sebuah teknologi ramah lingkungan yang juga mampu memulihkan energi dari pengolahan limbah makanan dalam bentuk biogas (Zhang,2014). Kandungan organik pada limbah makanan seperti sisa sayur dan nasi dapat menjadi sumber substrat bagi bakteri anaerobik. Menurut Schnepf, limbah makanan menghasilkan gas metana, yang dapat dibakar untuk menghasilkan listrik dan panas, atau untuk menggerakkan kendaraan. Jika sebagian dari limbah makanan dialihkan dari tempat pembuangan sampah, hal itu akan mencegah emisi yang tidak terkendali dari produk penguraiannya, termasuk gas metana dari rumah kaca yang kuat.

1.3.3 Proses Pembentukan Biogas

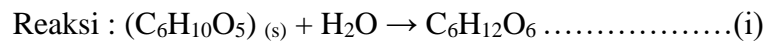
Proses penguraian biogas dilakukan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik yang terjadi secara anaerob dengan menghasilkan gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) yang lebih besar volumenya. Proses anaerob adalah proses biologi yang berlangsung pada kondisi

tanpa oksigen oleh mikroorganisme tertentu yang mampu mengubah senyawa organik menjadi metana (biogas). Alasan utama memilih proses anaerobik karena kemampuannya dalam menghasilkan biogas dengan baik. Proses aerobik tidak mengkonversi zat organik menjadi metana, melainkan menghasilkan lebih banyak lumpur dan mengolah limbah lebih tuntas. Sebaliknya, proses anaerobik menghasilkan metana, energi yang dibutuhkan sedikit, produk samping yang dihasilkan sedikit, baik untuk operasi skala besar karena menggunakan reaktor, dan sludge hasil buangnya dapat digunakan sebagai pupuk. Pada pembuatan biogas bahan baku harus banyak mengandung karbohidrat (selulosa). Bahan baku yang banyak mengandung selulosa akan lebih mudah dicerna oleh bakteri anaerob. Reaksi kimia pembuatan biogas ada 4 tahap, yaitu :

a. Hidrolisis

Pada tahap hidrolisis (tahap pelarutan) ini, bahan organik yang kompleks (polimer) didekomposisi menjadi unit yang lebih kecil (mono dan oligo) dengan berat molekul yang lebih rendah. Bahan yang tidak larut diubah menjadi bahan yang larut dalam air. Lipid berubah menjadi asam lemak rantai panjang dan gliserin, karbohidrat menjadi gula (mono dan disakarida), protein menjadi asam amino, dan asam nukleat menjadi purin dan pirimidin. Bakteri yang melakukan hidrolisis pada AD adalah umum dan beragam, yaitu filum *Bacteroidetes* dan *Firmicutes* (termasuk spesies *Clostridia*) (Omettoet al., 2019). Umumnya proses hidrolisis terjadi dalam 7 hari pertama, hidrolisis karbohidrat dapat terjadi dalam beberapa jam sedangkan hidrolisis protein dan lipid terjadi dalam beberapa hari.

Hidrolisis molekul kompleks dikatalisasi oleh enzim ekstraseluler seperti selulosa, protease, amilase, dan lipase. (Chotimah, 2010).



Selulosa Air Glukosa

b. Asidogenesis

Selama proses asidogenesis (pembentukan asam), produk hidrolisis dikonversi oleh bakteri asidogenik menjadi substrat metanogen. Gula sederhana, asam amino, dan asam lemak terdegradasi menjadi senyawa-senyawa organik sederhana seperti alkohol, asam laktat, asam propionat, dan senyawa-senyawa mineral seperti karbondioksida, hidrogen, amoniak, dan gas hidrogen sulfida. Asidogenesis seringkali merupakan langkah tercepat untuk konversi zat organik kompleks selama penguraian dalam fase cair. Dalam digester anaerobik yang stabil, alur degradasi utama adalah melalui asetat, karbon dioksida, dan hydrogen (Winrock International,2015). Bakteri asidogenesis yaitu filum *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Chloroflexi*, dan *Proteobacteria* (Ometto et al., 2019).

Reaksi :



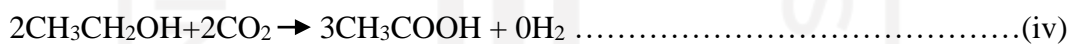
Glukosa Etanol



Glukosa Asam Propionat

c. Asetogenesis

Tahap asetogenesis yaitu hasil dari tahap asidogenesis dikonversi menjadi hasil akhir bagi produksi metana, yaitu berupa asetat, hidrogen, dan karbondioksida yang dilakukan oleh mikrobial asetogenik seperti genera *Syntrophomonas* dan *Syntrobacter wolinii* (Chotimah, 2010). Konversi lanjutan ini sangat penting bagi keberhasilan produksi biogas, karena metanogen tidak bisa menggunakan senyawa asam lemak dan etanol secara langsung. Asetogen tumbuh lambat dan bergantung pada tekanan parsial hidrogen yang rendah untuk degradasi asetogenik yang menghasilkan energi. Asetogen sensitif terhadap perubahan lingkungan, mereka membutuhkan waktu yang lama untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan baru. Etanol dan asam propionat, diubah menjadi asam asetat dengan reaksi sebagai berikut (Winrock International, 2015):



Etanol	Asam asetat
--------	-------------



Asam propionat	Asam asetat
----------------	-------------

d. Metanogenesis

Pada tahap ini adalah tahapan terakhir dan sekaligus yang paling menentukan, yaitu bakteri metana (*Mathanobacterium*, *Mathanobacillus*, *Methanosarcinia*, dan *Methanococcus*) membentuk gas metana dengan perlahan

secara anaerob. Proses ini biasanya berlangsung selama 14 hari. Selama tahap metanogenesis, metana dibentuk melalui dua rute utama. Pada rute primer, fermentasi produk utama yang berasal dari tahap pembentukan asam yakni asam asetat diubah menjadi metana dan karbon dioksida. Bakteri penghasil asam membentuk keadaan atmosfer yang ideal untuk bakteri metana. Sedangkan bakteri pembentuk gas metana menggunakan asam yang dihasilkan bakteri penghasil asam. Bakteri yang mengubah asam asetat adalah bakteri asetoklastik (asetofilik). Reaksi keseluruhan adalah sebagai berikut :



Berdasarkan pertimbangan termodinamika dan data eksperimen, para peneliti telah mengidentifikasi reaksi tambahan :



Rute sekunder menggunakan hidrogen untuk mengurangi CO₂ agar menghasilkan CH₄ dengan metanogen hidrogenofilik:



(Winrock International,2015)

Pada proses ini, para ahli memperkirakan bahwa dihasilkan sekitar 70% CH₄ yang terbentuk dari asam asetat, sedangkan 30% sisanya dihasilkan dari bahan organik yang dikonversi menjadi metana melalui jalur hidrogenotropik dari reduksi CO₂ menggunakan H₂. Tiga tahap di atas disebut sebagai fermentasi asam sedangkan tahap keempat disebut fermentasi metanogenesis(Chotimah ,2010).

1.3.4 Faktor – Faktor yang Memengaruhi Pembentukan Biogas

Aktivitas mikroba di dalam reaktor membutuhkan kesesuaian kondisi operasional. Kondisi operasional tersebut harus terpantau dan terpelihara secara berkala dalam rentang atau kisaran yang optimal. Hal ini dikarenakan mikroba pembentuk metana sangat sensitif terhadap berbagai perubahan kondisi operasional tersebut. Faktor – faktor yang berpengaruh yaitu :

a. Suhu

Pilihan dan kontrol suhu sangat penting untuk pengembangan proses pencernaan anaerobik, yang memiliki pengaruh kuat terhadap kualitas dan kuantitas produksi biogas. Bakteri metanogenik tidak aktif pada nilai suhu yang sangat tinggi dan sangat rendah. Oleh karena itu, suhu reaktor di mana produksi biogas akan berlangsung mempengaruhi produksi atau kecepatan biogas. Semakin tinggi temperature, umumnya produksi biogas juga meningkat tetapi bakteri semakin berkurang. Maka dari itu dalam menentukan suhu harus sesuai dengan batas-batas kemampuan mikroorganisme yang berpartisipasi dalam proses pencernaan anaerobik. Dibagi menjadi tiga kategori besar:

- Psikofilik, beroperasi pada suhu $< 15^{\circ}\text{C}$, Dalam sistem ini laju pembusukan sangat lambat dan waktu tinggal rata-rata antara 100 dan 300 hari.
- Mesofilik, beroperasi pada suhu antara $15 - 45^{\circ}\text{C}$, Ini adalah wilayah suhu yang paling banyak diterapkan dalam fermentasi anaerobik. Waktu tinggal berkisar antara 20 hingga 40 hari.
- Termofilik, beroperasi pada suhu antara $45 - 65^{\circ}\text{C}$

Instalasi biogas biasanya menggunakan rentang suhu mesofilik (15 – 45 °C) karena pengoperasiannya lebih mudah, sementara rentang suhu termofilik memerlukan kendali sistem suhu yang lebih ketat. Metana dapat diproduksi pada suhu rendah, tetapi untuk produksi yang optimal, suhu di dalam digester harus dijaga di atas 20°C. Suhu optimum adalah 35°C. Namun, dalam hal efisiensi energi dan ekonomi, hasil ini tidak berarti semakin tinggi suhu maka semakin optimal, karena suhu pencernaan yang lebih tinggi membutuhkan lebih banyak energi untuk mencapai dan mempertahankan. Ketika suhu lingkungan turun hingga 10 ° C, produksi gas hampir berhenti (Chae *dkk.* , 2008).

b. Rasio Karbon/Nitrogen (C/N)

Massa karbon terhadap rasio massa nitrogen disebut sebagai rasio C/N. Rasio C/N mempengaruhi volume biogas yang dihasilkan. Selama proses pengasaman, bakteri berkembang dalam kondisi asam sehingga untuk menghasilkan asam asetat diperlukan karbon dan oksigen. Ketika lingkungan anaerobik kekurangan oksigen maka nitrogen berfungsi sebagai nutrisi dan menyediakan energi untuk pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme sedangkan karbon diperlukan untuk pembentukan. Kecukupan nutrisi bagi mikroorganisme dapat meningkatkan kinerja dari mikroorganisme tersebut. Artinya, produksi biogas akan meningkat. Selama hidrolisis, amonia diproduksi sebagai produk sampingan dari senyawa nitrogen. Amonia merupakan faktor penting penyebab penghambatan metanogenesis. Kelebihan amonia juga berbahaya karena dapat menyebabkan kegagalan digester.

Rasio C/N optimum untuk produksi biogas harus 25-30. Jika terlalu banyak karbon, nitrogen akan habis terlebih dahulu. Hal ini akan menyebabkan proses berjalan dengan lambat sedangkan jika nitrogen terlalu banyak, maka karbon akan habis lebih dulu dan proses fermentasi berhenti. Untuk memenuhi persyaratan ini, konstituen bahan baku dipilih sedemikian rupa untuk memastikan rasio C/N 25:1 hingga 30:1 dan konsentrasi bahan kering 7-10%.(Chulalaksananukul et al.,2012). Rasio C/N bahan yang biasa digunakan dalam produksi biogas ditunjukkan pada Tabel 1.3.

Tabel 1. 3 Jumlah rasion C/N dari beberapa bahan

No.	Bahan – bahan Organik	Rasio C/N
1.	Kotoran bebek	8
2.	Kotoran manusia	8
3.	Kotoran ayam	10
4.	Kotoran kambing	12
5.	Kotoran babi	18
6.	Kotoran domba	19
7.	Kotoran sapi/kerbau	24
8.	Sampah makanan	30
9.	Kotoran gajah	43
10.	Urin kambing	3
11.	Jerami padi	70
12.	Jerami gandum	90

c. Nilai pH

Setiap kelompok mikroba yang terlibat dalam degradasi anaerobik memiliki rentang pH tertentu untuk pertumbuhan yang optimal. Untuk bakteri asidogen, pH optimalnya sekitar 6, sedangkan untuk bakteri asetonogen dan metanogen, pH yang optimal sekitar 7. Banyak penelitian menunjukkan bahwa kisaran pH 6,5–7,5 menghasilkan kinerja dan stabilitas dalam sistem anaerobik yang baik, meskipun operasi yang stabil dapat juga terjadi di luar kisaran ini (Winrock International,2015). Selain itu, derajat keasaman (pH) dalam biodigester sangat dipengaruhi oleh bahan baku yang berupa bahan organik. Karena pada tahap awal fermentasi dapat terbentuk asam, maka pH akan turun. Beberapa peneliti menyarankan untuk menambahkan larutan kapur seperti $(Ca(OH)_2)$, $(CaCO_3)$, atau NaOH supaya pH kembali naik ke angka sekitar 7 (netral) . Jika nilai pH menurun di bawah 6, produksi metana sangat terhambat dan bakteri metanogen akan keracunan serta produksi biogas menurun dan ketika pH lebih tinggi dari 8,5 akan menunjukkan pengaruh negatif pada populasi bakteri metanogen sehingga bakteri metanogen tidak dapat bekerja dan menyebabkan produk akhir yang dihasilkan adalah CO_2 sebagai produk utama (Suyitno,2010).

d. Pengadukan

Pengadukan sangat bermanfaat bagi bahan yang berada di dalam digester anaerob karena memberikan peluang material tetap tercampur dengan bakteri dan temperatur terjaga merata diseluruh bagian. Semakin tinggi frekuensi pengadukan maka semakin tinggi pula kesempatan mikroorganisme mendegradasi substrat. Dengan pengadukan potensi material mengendap di dasar digester semakin kecil,

konsentrasi merata dan memberikan kemungkinan seluruh material mengalami proses fermentasi anaerob secara merata. Pengadukan dapat dilakukan sebelum dimasukkan ke dalam digester atau ketika sudah berada di dalam digester (Winrock International,2015).

1.3.5 Manfaat Biogas

Pengolahan limbah menjadi biogas sangat menguntungkan karena hasil dari pengolahan limbah memiliki manfaat,yaitu :

a. Sebagai sumber energi

Biogas yang bebas pengotor (H_2O , H_2S , CO_2 , dan partikulat lainnya) telah mencapai kualitas pipeline (setara dengan gas alam). Dalam bentuk ini, gas tersebut dapat digunakan sama seperti penggunaan gas alam (Hermawan, 2007). Biogas dimanfaatkan sebagai energi pada kompor gas, lampu penerangan, generator listrik skala rumah tangga (Wijayanti, 2008).

b. Mengurangi efek rumah kaca

Pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan gas karbondioksida (CO_2) yang ikut memberikan kontribusi efek rumah kaca (*green house effect*) yang bermuara pada pemanasan global (*global warming*). Metana merupakan gas rumah kaca yang lebih berbahaya daripada karbondioksida. Karbon dalam biogas merupakan karbon yang diambil oleh atmosfer dari fotosintesis tumbuhan, sehingga karbon yang dilepaskan lagi ke atmosfer tidak akan menambah jumlah karbon di atmosfer bila dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar fosil. Gas metana (CH_4) yang dihasilkan secara alami oleh kotoran yang menumpuk

merupakan gas penyumbang terbesar pada efek rumah kaca dan lebih besar dibandingkan gas (CO₂). Pembakaran gas metana pada biogas mengubahnya menjadi gas (CO₂) sehingga mengurangi jumlah metana di udara. Dengan lestariannya hutan, maka gas (CO₂) yang ada di udara akan diserap oleh hutan sehingga menghasilkan gas oksigen yang melawan efek rumah kaca (Wijayanti, 2008).

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

Pemodelan termodinamika dan kinetika adalah pendekatan yang diterima untuk mengoperasikan sistem anaerobik secara efektif dan menggambarkan parameter spesifik dari kinerja sistem bagaimana sistem akan merespon perubahan feed dan kondisi operasi lainnya.

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Dari 4 Tahap pembentukan biogas didapatkan reaksi kimia sebagai berikut:

a. Reaksi Hidrolisis



Entalpi

$$\Delta H_r^\circ (298) = \sum (n\Delta H_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum (n\Delta H_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta H_r^\circ = (\Delta H_f^\circ (C_6H_{12}O_6)) - (\Delta H_f^\circ (C_6H_{10}O_5) + \Delta H_f^\circ (H_2O))$$

$$\Delta H_r^\circ = [(-1265,2)] - [(0) + (-241,8)] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta H_r^\circ = -1023,4 \text{ kJ/mol}$$

Energi Gibbs

Komponen	ΔG° (kJ/mol)
$C_6H_{10}O_5$	0
$C_6H_{12}O_6$	-820,7
H_2O	-228,6

$$\Delta G^\circ_{(298)} = \sum (n\Delta G_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum (n\Delta G_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G^\circ = (\Delta G_f^\circ (C_6H_{12}O_6)) - (\Delta G_f^\circ (C_6H_{10}O_5) + \Delta G_f^\circ (H_2O))$$

$$\Delta G^\circ = [(-820,7)] - [(0) + (-228,6)] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta G^\circ = -592,1 \text{ kJ/mol} \times 1000$$

$$\Delta G^\circ = -592100 \text{ J/mol}$$

Konstanta kesetimbangan (K_1) reaksi hidrolisis pada suhu 298 K dapat dihitung sebagai berikut :

$$\Delta G^\circ_{(298)} = -RT \ln K$$

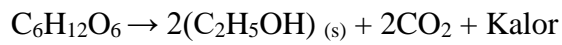
$$\ln K = \Delta G^\circ / -RT$$

$$= -(-592,1 \text{ kJ/mol} \times 1000 \text{ J/kJ}) / (8,314 \text{ J/mol.K} \times 298 \text{ K})$$

$$= 238,9840$$

$$K_{1(298)} = 6,15 \times 10^{45}$$

b. Reaksi Asidogenesis



(pembentukan etanol)

Entalpi

$$\Delta H_f^\circ = \sum (n\Delta H_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum (n\Delta H_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta H_f^\circ = (\Delta H_f^\circ 2(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) + \Delta H_f^\circ 2(\text{CO}_2)) - (\Delta H_f^\circ (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6))$$

$$\Delta H_f^\circ = [2(-234,81) + 2(-393,5)] - [(-1265,2)] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta H_f^\circ = 8,56 \text{ kJ/mol}$$

Energi Gibbs

Komponen	ΔG° (kJ/mol)
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	-168,28
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	-820,7
CO_2	-394,38

$$\Delta G^\circ = \sum (n\Delta G_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum (n\Delta G_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G^\circ = (\Delta G_f^\circ 2(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) + \Delta G_f^\circ 2(\text{CO}_2)) - (\Delta G_f^\circ (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6))$$

$$\Delta G^\circ = [2(-168,28) + 2(-394,38)] - [(-820,7)] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta G^\circ = -304,62 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = -304620 \text{ J/mol}$$

Konstanta kesetimbangan (K_1) reaksi asidogenesis pembentukan etanol pada suhu

298 K dapat dihitung sebagai berikut :

$$\Delta G^\circ_{(298)} = -RT \ln K$$

$$\ln K = \Delta G^\circ / -RT$$

$$= - (- 304,62 \text{ kJ/mol} \times 1000 \text{ J/kJ}) / (8,314 \text{ J/mol.K} \times 298 \text{ K})$$

$$= 122,9510$$

$$K_{1(298)} = 2,49 \times 10^{45}$$



(Pembentukan As.Propionat)

Entalpi

$$\Delta H_f^\circ = \sum (n\Delta H_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum (n\Delta H_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta H_f^\circ = (\Delta H_f^\circ 2(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}) + \Delta H_f^\circ 2(\text{H}_2\text{O})) - (\Delta H_f^\circ (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) + \Delta H_f^\circ 2(\text{H}_2))$$

$$\Delta H_f^\circ = [2(-453,5) + 2(-241,8)] - [(1265,2) + 2(0)] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta H_f^\circ = -125,4 \text{ kJ/mol}$$

Energi Gibbs

Komponen	ΔG° (kJ/mol)
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	-366,7
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	-820,7
H_2O	-228,6
H_2	0

$$\Delta G^\circ = \sum (n\Delta G_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum (n\Delta G_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G^\circ = (\Delta G_f^\circ 2(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}) + \Delta G_f^\circ 2(\text{H}_2\text{O})) - (\Delta G_f^\circ (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) + (\Delta G_f^\circ (\text{H}_2)))$$

$$\Delta G^\circ = [2(-366,7) + 2(-228,6)] - [(-820,7) + 2(0)]$$

$$\Delta G^\circ = - 369,9 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = -369900 \text{ J/mol}$$

Konstanta kesetimbangan (K_1) reaksi asidogenesis pembentukan as. propionat pada suhu 298 K dapat dihitung sebagai berikut :

$$\Delta G^\circ_{(298)} = -RT \ln K$$

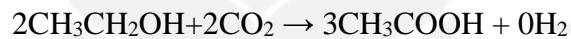
$$\ln K = \Delta G^\circ / -RT$$

$$= -(-369,9 \text{ kJ/mol} \times 1000 \text{ J/kJ}) / (8,314 \text{ J/mol.K} \times 298 \text{ K})$$

$$= 149,2994$$

$$K_{1(298)} = 6,91 \times 10^{45}$$

c. Reaksi Asetogenesis



(Pembentukan As. Asetat dari Etanol)

Entalpi

$$\Delta H_f^\circ = \sum (n\Delta H_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum (n\Delta H_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta H_f^\circ = (\Delta H_f^\circ 3(\text{CH}_3\text{COOH}) + \Delta H_f^\circ 0(\text{H}_2)) - (\Delta H_f^\circ 2(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) + \Delta H_f^\circ 2(\text{CO}_2))$$

$$\Delta H_f^\circ = [3(-434,84) + 0(0)] - [2(-234,81) + 2(-393,51)] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta H_f^\circ = -47,88 \text{ kJ/mol}$$

Energi Gibbs

Komponen	ΔG° (kJ/mol)
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	-168,28
CO_2	-394,38
H_2	0

CH ₃ COOH	-376,69
----------------------	---------

$$\Delta G^\circ = \sum (n\Delta G_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum (n\Delta G_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G^\circ = (\Delta G_f^\circ 3(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) + \Delta G_f^\circ 0(\text{H}_2)) - (\Delta G_f^\circ 2(\text{CH}_3\text{COOH}) + \Delta G_f^\circ 2(\text{CO}_2))$$

$$\Delta G^\circ = [3(-168,28) + 0(0)] - [2(-376,69) + 2(-394,38)] \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = 1037,3 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = 1037300 \text{ J/mol}$$

Konstanta kesetimbangan (K_1) reaksi asetogenesis pembentukan as.asetat dari etanol pada suhu 298 K dapat dihitung sebagai berikut :

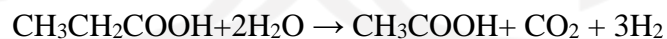
$$\Delta G^\circ_{(298)} = -RT \ln K$$

$$\ln K = \Delta G^\circ / -RT$$

$$= - (1037,3 \text{ kJ/mol} \times 1000 \text{ J/kJ}) / (8,314 \text{ J/mol.K} \times 298 \text{ K})$$

$$= - 418,6760$$

$$K_{1(298)} = 0$$



(Pembentukan As.Asetat dari As.Propionat)

Entalpi

$$\Delta H_f^\circ = \sum (n\Delta H_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum (n\Delta H_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta H_f^\circ = (\Delta H_f^\circ (\text{CH}_3\text{COOH}) + \Delta H_f^\circ \text{CO}_2 + \Delta H_f^\circ 3(\text{H}_2)) -$$

$$(\Delta H_f^\circ (\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}) + \Delta H_f^\circ 2(\text{H}_2\text{O}))$$

$$\Delta H_f^\circ = [(-434,84) + (-393,51) + 3(0)] - [(-453,5) + 2(-241,8)] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta H_f^\circ = 108,75 \text{ kJ/mol}$$

Energi Gibbs

Komponen	ΔG° (kJ/mol)
CH ₃ COOH	-376,69
CO ₂	-394,38
H ₂ O	-228,6
H ₂	0
CH ₃ CH ₂ COOH	-366,7

$$\Delta G^\circ = \sum (n\Delta G_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum (n\Delta G_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G^\circ = (\Delta G_f^\circ (\text{CH}_3\text{COOH}) + \Delta G_f^\circ \text{CO}_2 + \Delta G_f^\circ 3(\text{H}_2)) - (\Delta G_f^\circ (\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}) + \Delta G_f^\circ 2(\text{H}_2\text{O}))$$

$$\Delta G^\circ = [(-376,69) + (-394,38) + 3(0)] - [(-366,7) + 2(-228,6)] \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = 52,83 \text{ kJ/mol}$$

Konstanta kesetimbangan (K_1) reaksi asetogenesis pembentukan as.asetat dari as.propionat pada suhu 298 K dapat dihitung sebagai berikut :

$$\Delta G^\circ_{(298)} = -RT \ln K$$

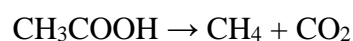
$$\ln K = \Delta G^\circ / -RT$$

$$= - (52,83 \text{ kJ/mol} \times 1000 \text{ J/kJ}) / (8,314 \text{ J/mol.K} \times 298 \text{ K})$$

$$= - 21,3233$$

$$K_{1(298)} = 0$$

d. Reaksi Metanogenesis



Entalpi

$$\Delta H_f^\circ = \sum (n\Delta H_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum (n\Delta H_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta H_f^\circ = (\Delta H_f^\circ (\text{CH}_4) + \Delta H_f^\circ (\text{CO}_2)) - (\Delta H_f^\circ (\text{CH}_3\text{COOH}))$$

$$\Delta H_f^\circ = [(-74,85) + (-393,51)] - [(-434,84)] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta H_f^\circ = -33,52 \text{ kJ/mol}$$

Energi Gibbs

Komponen	ΔG° (kJ/mol)
CH ₃ COOH	-376,69
CO ₂	-394,38
CH ₄	-50,84

$$\Delta G^\circ = \sum (n\Delta G_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum (n\Delta G_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G^\circ = (\Delta G_f^\circ (\text{CH}_4) + \Delta G_f^\circ (\text{CO}_2)) - (\Delta G_f^\circ (\text{CH}_3\text{COOH}))$$

$$\Delta G^\circ = [(-50,84) + (-394,38)] - [(-376,69)] \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = -68,53 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = -68530$$

Konstanta kesetimbangan (K_1) reaksi asetogenesis pembentukan as.asetat dari as.propionat pada suhu 298 K dapat dihitung sebagai berikut :

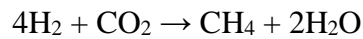
$$\Delta G^\circ_{(298)} = -RT \ln K$$

$$\ln K = \Delta G^\circ / -RT$$

$$= - (-68,53 \text{ kJ/mol} \times 1000 \text{ J/kJ}) / (8,314 \text{ J/mol.K} \times 298 \text{ K})$$

$$= 27,6601$$

$$K_{1(298)} = 1,02 \times 10^8$$



Entalpi

$$\Delta H_f^\circ = \sum (n\Delta H_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum (n\Delta H_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta H_f^\circ = (\Delta H_f^\circ (\text{CH}_4) + \Delta H_f^\circ 2(\text{H}_2\text{O})) - (\Delta H_f^\circ 4(\text{H}_2) + \Delta H_f^\circ (\text{CO}_2))$$

$$\Delta H_f^\circ = [(-74,85) + 2(-241,8)] - [4(0) + (-393,51)] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta H_f^\circ = -164,94 \text{ kJ/mol}$$

Energi Gibbs

Komponen	ΔG° (kJ/mol)
H ₂	0
CO ₂	-394,38
CH ₄	-50,84
H ₂ O	-228,6

$$\Delta G^\circ = \sum (n\Delta G_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum (n\Delta G_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G^\circ = (\Delta G_f^\circ (\text{CH}_4) + \Delta G_f^\circ 2(\text{H}_2\text{O})) - (\Delta G_f^\circ 4(\text{H}_2) + \Delta G_f^\circ (\text{CO}_2))$$

$$\Delta G^\circ = [(-50,84) + 2(-228,6)] - [4(0) + (-394,38)] \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = -113,66 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = -113660 \text{ J/mol}$$

Konstanta kesetimbangan (K_1) reaksi metanogenesis pada suhu 298 K dapat dihitung sebagai berikut :

$$\Delta G^\circ_{(298)} = -RT \ln K$$

$$\begin{aligned} \ln K &= \Delta G^\circ / -RT \\ &= - (- 113,66 \text{ kJ/mol} \times 1000 \text{ J/kJ}) / (8,314 \text{ J/mol.K} \times 298 \text{ K}) \\ &= 45,8756 \end{aligned}$$

$$K_{1(298)} = 8,38 \times 10^{15}$$

Berdasarkan jumlah dari ΔH reaksi dari keseluruhan reaksi fermentasi anaerob didapatkan bahwa hasil yang terjadi pada proses ini yaitu secara endotermis dengan nilai ΔH reaksi sebesar 2.636.600.829 kJ/jam.

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Untuk efisiensi tinggi dalam mengoperasikan instalasi biogas yang mengolah substrat sisa makanan, pengetahuan yang memadai tentang opsi untuk desain, kontrol, dan pengoperasian sistem sangat penting. Ini dapat dicapai dengan menggunakan model sesuai yang dapat menangani elemen-elemen sistem secara individual dan dalam kombinasi. Meskipun demikian, sampai saat ini, tidak ada model yang memuaskan yang dapat mensimulasikan pencernaan anaerobik dari limbah makanan secara memadai pada AD (Nguyen, 2014)

Maka tinjauan kinetika dalam pembuatan biogas dapat diambil melalui pendekatan menggunakan persamaan monod. Persamaan monod juga dapat digunakan untuk menghitung laju degradasi substrat dengan mengasumsikan substrat hanya di degradasi oleh mikroba tertentu. Laju degradasi substrat akan sebanding dengan konsentrasi mikroba yang dapat mendegradasi substrat. Substrat berkontribusi dalam pertumbuhan mikroorganisme, sehingga laju degradasi substrat dapat disetarakan dengan laju pertumbuhan mikroba.

(Okpokwasili dan Nweke,2005). Model monod umumnya digunakan pada kinetika pertumbuhan mikroba dengan rumus sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\mu_{max}S}{K_s+S}$$

Di mana μ adalah kecepatan spesifik, μ_{max} adalah kecepatan spesifik maksimum, S adalah konsentrasi substrat, dan K_s adalah konstanta monod (bakteri) (Hadiyanto,2012).

Tinjauan kinetika digunakan untuk menentukan waktu tinggal yang akan digunakan pada reaktor. Dengan menggunakan penurunan rumus sebagai berikut :

$$\mu = 1/\theta = D \qquad \theta_{min} = \frac{1}{\mu_{max}}$$

(Das, 2012)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh *Winrock International* produk biogas yang dihasilkan dari fermentasi POME dan jurnal Dieter Deublein maka biogas mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

2.1.1 Biogas

Temperatur	: 35 – 38 °C (Proses Mesofilik) 55 – 57 °C (Proses Termofilik)
Konsentrasi metana	: 50 – 75 % (tergantung substrat)
pH	: 6,5 – 7,5
Berat molekul	: 16,043 kg/kmol
Viskositas	: 0,90 Cp
Densitas	: 1,2 kg/m ³
Tekanan	: 1 – 4 atm
Tekanan kritis	: 75 – 89 bar
Temperatur kritis	: - 82,5 °C
Nilai kalor	: 4800 – 6700 kkal/m ³ (51,5 MJ/Kg)
1 m ³ biogas	: 0,46 kg gas LPG
Flash point	: - 104° C (-155,2 °F)
Autoignition temperature	: 537 °C

(Winrock International,2015; Dieter Deuiblein,2008)

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

2.2.1 Bahan Baku

a. Limbah Makanan

Total padatan (TS)	: 30,90 % berat bahan
Padatan yang mudah menguap (VS)	: 26,35 % berat bahan
Mineral (ABU)	: 4,54 % berat bahan
VS/TS	: 85,30 %
Berat molekul	: 3.074 kg/kmol
Densitas limbah makanan	: 290 kg/m ³
pH	: 4,83
Karbohidrat	: 65,36% berat bahan
Protein	: 19,05 % berat bahan
Lemak	: 15,59 % berat bahan
Kadar air pada limbah makanan	: 69,11 %
C/N	: 30

(Zhang dkk,2007)

2.2.2 Bahan Pendukung

a. Kalsium Oksida (CaO)

Fungsi : Sebagai agen penetral pH

Berat molekul : 58,08 gr/mol

Titik lebur	: 2570 °C
Titik didih	: 2850 °C
Kelarutan dalam air	: 0,8 gr/L pada 25 °C
Densitas	: 3,34 gr/cm ³
Specific Gravity	: 3,32 (air = 1)
pH (25°C - 77 °F)	: 12,4
Kelarutan	: Bereaksi dengan air untuk menghasilkan Ca(OH) ₂ dan sejumlah besar panas
Penampilan	: Bubuk putih atau putih keabu-abuan dan tidak berbau

(MSDS, 2012)

b. Air (H₂O)

Fungsi	: untuk mempermudah proses pencampuran didalam <i>mixer</i> dan proses mengalirnya umpan kedalam reaktor
Berat molekul	: 18,016 gr/gmol
Titik leleh	: 0 °C (1 atm)
Titik didih	: 100 °C (1 atm)
Densitas	: 1 gr/ml (4°C)
Spesifik gravity	: 1,00 (4 °C)
Termal Konduktifitas	: 0,6065 W/m K
Viskositas Dinamik	: 0,890 cP (25°C)

Viskositas Kinematik : 0,8917 cSt (25°C)
Kapasitas panas : 1 kal/gr
Panas Pembentukan : 80 kal/gr
Panas penguapan : 540 kal/gr
Temperatur kritis : 374 °C
Tekanan kritis : 220,6 bar ; 217,7 atm
Spesifik Volume : 0,001 m³/kg ; 1,00295 cm³/g
Panas Spesifik (Cp) : 75,375 J/mol K ; 4,184 J/g K
(25°C)

(MSDS ScienceLab, 2012)

c. Monoethanolamine (MEA)

Fungsi : Sebagai Absorben gas karbondioksida (CO₂)
didalam kolom absorber
Rumus molekul : C₂H₇NO
Wujud (pada 25 °C) : Cair
Berat molekul : 61,084 gr/mol
Temperatur : < 40 °C
pH : 10
Titik didih : 170,8 °C (339,4 °F)
Titik lebur : 10,3 °C (50,5 °F)
Titik beku : 11 °C (51 °F)
Temperatur kritis : 341 °C (645,8 °F)

Densitas : 1,018 gr/ml(pada air=1)(20 °C)

Tekanan : 20 – 30 bar

Tekanan uap : 0,1 kPa (20 °C)

Densitas uap : 2,1 (pada udara = 1)

Tekanan kritis : 68,70 atm

Harga (US/Kg) : 1,5

(MSDS,2012)

d. Bacteroides Uniforms

Substrat : Karbohidrat

Hasil Metabolisme : Senyawa monomer gula dan asam seperti laktat dan asetat

pH : 7

Suhu : Mesofilik (30 – 40 °C)

(Deublein and Steinhauser,2008)

e. Clostridium Spiriforms

Substrat : Karbohidrat

Hasil Metabolisme : Senyawa asetat

pH : 7

Suhu : Mesofilik (30 – 40 °C)

(Deublein and Steinhauser,2008)

f. *Clostridium Celercrecens*

Substrat : Karbohidrat

Hasil Metabolisme : Senyawa asetat

pH : 7

Suhu : Mesofilik (30 – 40 °C)

(Deublein and Steinhauser,2008)

g. *Methanobacterium Propionicum*

Substrat : Asam propionat

Hasil Metabolisme : karbondioksida (CO₂) dan asam asetat

pH : 7

Suhu : Mesofilik (30 – 40 °C)

(Deublein and Steinhauser,2008)

h. *Methanobacterials Ruminantium*

Substrat : Senyawa asetat

Hasil Metabolisme : Gas metana, karbondioksida, ammonia, dan hidrogen sulfida

pH : 7

Suhu : Mesofilik (30 – 40 °C)

(Deublein and Steinhauser,2008)

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) dilakukan pada pabrik biogas agar sesuai dengan spesifikasi mutu produk yang akan dibuat meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, dan pengendalian kualitas produk. Pengendalian kualitas dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Limbah atau buangan dari beberapa restoran terdiri dari limbah organik dan anorganik. Pada perancangan pabrik biogas, yang diperlukan yaitu limbah organik sehingga di setiap restoran tersebut menyediakan tempat sampah untuk menampung limbah khusus sesuai jenisnya, contoh limbah organik yaitu seperti sisa makanan dan limbah anorganik yaitu seperti kertas, tisu, sedotan, dan plastik. Jika ingin mencapai kapasitas produksi, bahan yang dibutuhkan untuk proses tersebut harus cukup. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian terhadap bahan baku agar tidak terjadi kekurangan seperti penyortiran limbah makanan (organik dan anorganik). Pengendalian kualitas bahan baku bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan dan spesifikasi yang ditentukan untuk proses sesuai.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian proses bertujuan untuk memantau segala hal yang terjadi pada proses – proses yang berjalan di suatu industri. Pengendalian proses terdiri dari aliran dan alat – alat yang berfungsi sebagai sistem kontrol. Adapun pada

tahap ini ada beberapa hal yang menjadi fokus utamanya, diantaranya sebagai berikut :

a. Pengoperasian Industri Secara Aman

Pada tahapan ini, terdapat tiga hal utama yang harus diperhatikan, diantaranya sebagai berikut :

- Menjaga variabel proses dalam batas operasi yang aman.
- Memberi indikator atau peringatan tanda bahaya saat terjadi proses yang diindikasikan berada diluar batas aman operasi melalui pengaplikasian sistem *shutdown* secara otomatis.
- Mengaplikasikan sistem *interlock* yang akan menghubungkan seluruh proses yang terjadi pada industri, sehingga dapat menghindari prosedur operasi yang dinilai berbahaya bagi industri.

b. Tingkat Produksi

Pada tahapan ini, *output* produk yang dihasilkan harus bersifat optimum. Adapun hal ini menunjukkan bahwa *output* produk yang dihasilkan merupakan *output* yang sesuai dengan *design* yang telah ditetapkan.

c. Kualitas Produksi Akhir

Pada tahapan ini, komposisi produk akhir yang dihasilkan harus dijaga dalam standar kualitas yang telah ditentukan.

d. Biaya

Pada tahapan ini, pengoperasian industri dijaga dalam rentang biaya produksi minimum. Sehingga, biaya yang dialokasikan dapat memenuhi kebutuhan – kebutuhan industri yang didirikan.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Untuk memperoleh mutu produk yang sesuai dengan standar MSDS (*Material Safety Data Sheet*) maka diperlukan bahan yang berkualitas. Setelah perencanaan produksi disusun dan proses produksi dijalankan, perlu adanya pengawasan dan pengendalian kualitas produksi agar proses berjalan dengan baik. Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan seperti pengujian kemurnian produk serta komposisi komponen yang terkandung dalam produk biogas apakah sudah sesuai dan layak untuk digunakan, ini dilakukan sejak dari bahan baku sampai menjadi produk. Kegiatan dalam proses produksi diharapkan dapat menghasilkan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal yang direncanakan.

Menjaga kualitas produk yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh biaya kualitas yang dikeluarkan oleh pabrik. Biaya pabrik menjadi salah satu alat ukur yang dapat dipakai pabrik untuk mengukur keberhasilan program perbaikan kualitas. Ransun (2016) menyatakan bahwa semakin baik penentuan penggunaan biaya kualitas maka akan meningkatkan kualitas dari suatu produk yang dihasilkan.

Selain itu dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan sedangkan faktor internal adalah terkait kemampuan pabrik yang ingin dibangun.

a. Kemampuan Pasar

Terdapat dua kemungkinan dimana yang pertama adalah kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal. Yang kedua kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik.

Dari kedua kemampuan tersebut ada tiga alternatif yang dapat diambil, yaitu rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi. Kemudian rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan untuk tahun berikutnya. Serta bisa dilakukannya Tindakan dan upaya untuk mencari daerah pemasaran lain agar produk bisa terjual.

b. Kemampuan Pabrik

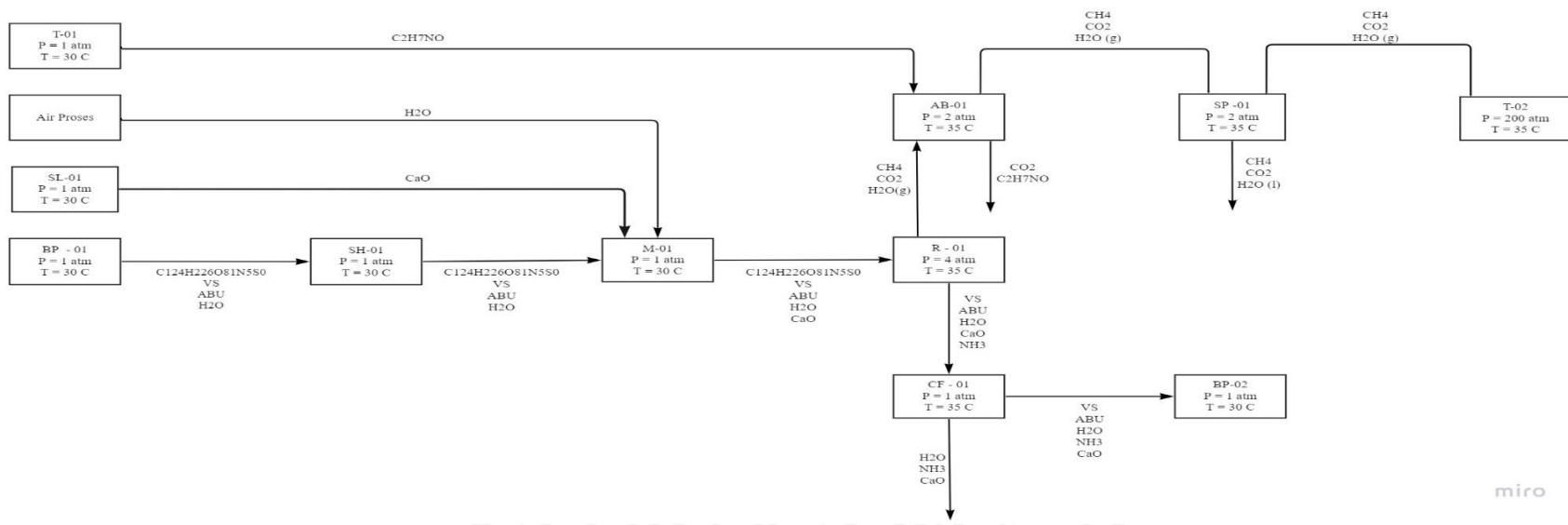
Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor yaitu berupa material (bahan baku) dimana dengan pemakaian bahan baku yang memenuhi kualitas dan kuantitas, maka akan mencapai target produksi yang diinginkan.

Kemudian terkait manusia sebagai tenaga kerja dimana kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian yang menimpa pabrik. Oleh karena itu, perlu dilakukannya semacam *training* atau pelatihan pada setiap karyawan di pabrik tersebut yang nantinya akan meningkatkan keterampilan dan cara berpikir dalam menjalankan suatu pekerjaan.

BAB III PERANCANGAN PROSES

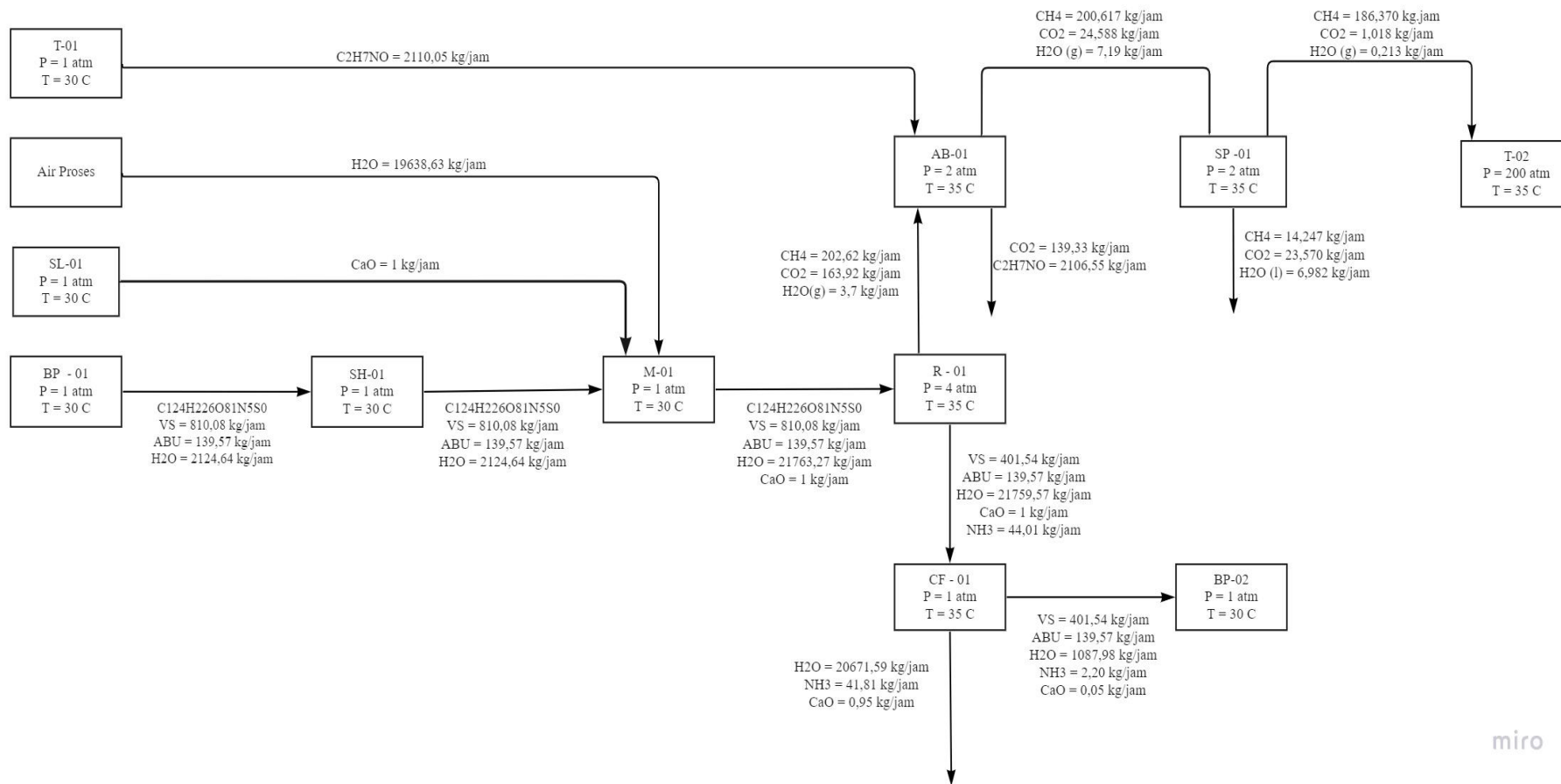
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram alir kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram alir kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Limbah sisa makanan dari rumah makan pada daerah Yogyakarta diangkut dengan menggunakan truk pengangkut yang tertutup menuju bak penampungan (BP-01) yang dapat digunakan untuk persediaan 3 hari. Sistem pengumpulan bahan baku dilakukan dengan langkah awal melakukan sosialisasi di setiap rumah makan yang akan digunakan sebagai bahan baku pabrik, lalu setiap 7 hari sekali diambil dengan menggunakan truk pabrik.

Selama ditampung dilakukan proses pemisahan secara manual dengan menggunakan tongkat penjepit sampah oleh pekerja manusia, yang bertujuan untuk memisahkan sampah anorganik yang ada pada limbah makanan. Kemudian limbah makanan dihancurkan terlebih dahulu dengan menggunakan alat penghancur yaitu *shredder* (SR) agar lebih mudah diproses ke dalam alat *mixer* (M). Limbah makanan diangkut menggunakan *buldozer* masuk ke *shredder* (SR) dan hasil keluaran dari *shredder* diangkut menggunakan *screw conveyor* (SC-01) menuju tangki *mixer* (M). Alasan menggunakan *screw conveyor* yaitu karena hasil keluaran dari *shredder* berbentuk bubuk halus sehingga alat angkut yang pas digunakan yaitu *screw conveyor*.

Limbah makanan yang telah hancur akan dicampur dengan air menjadi *slurry* didalam *mixer* (M) dan ditambahkan serbuk CaO yang berguna untuk menjaga pH tetap netral selama proses. Untuk serbuk CaO diangkut dengan bantuan alat *screw conveyor* (SC-02) dan untuk air menggunakan pompa tipe *centrifugal pump* (P-01). Tujuan dimasukkan ke dalam *mixer* (M) agar semua bahan dapat bercampur secara homogen. Setelah tercampur, maka umpan dari

mixer masuk menuju *digester* atau reaktor biogas (R) yang dialirkan dengan bantuan *screw pump* (P-02). Reaktor diasumsikan sudah pada keadaan *steady state*, karena sebelumnya 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 *dark fermentation* yaitu proses anaerobik yang menghasilkan biogas. Selama proses *dark fermentation* tidak ada udara luar yang masuk ke dalam reaktor dan harus dilakukan proses pengadukan secara konsisten. Alat pengadukan yang digunakan yaitu berupa *screw pump* yang diletakkan 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 fermentasi yaitu pada suhu *mesofilik* (diambil suhu 35°C), rata-rata waktu tinggal *Hydraulic Retention Time* (HRT) 40 hari serta mengatur keadaan pH menjadi 7 agar bakteri metanogenesis dapat berkembang dan menghasilkan biogas. Karena suhu yang masuk ke dalam reaktor belum mencapai suhu 35°C maka dibutuhkan alat pemanas berupa koil pemanas yang dialirkan *steam* panas agar dapat mencapai suhu yang diinginkan. Keadaan operasi di reaktor bersifat endotermis.

Pada reaktor (R) akan terjadi beberapa tahapan fermentasi anaerob yaitu tahapan hidrolisis berupa dekomposisi bahan – bahan organik, tahapan asidogenesis dan asetogenesis terjadi pembentukan asam, dan tahapan terakhir

yaitu metanogenesis dimana terjadinya pembentukan metana yang dibantu oleh bakteri metanogen. Berdasarkan perhitungan dari metode Buswell, Biogas yang terbentuk terdiri dari CH_4 55 % dan CO_2 45 %. Gas yang terbentuk sesuai dengan reset - reset terdahulu. Dimana gas CH_4 dihasilkan sekitar 50% - 75%. Fase gas hasil dari reaktor (R) keluar dengan suhu yang sama dan tekanan diatur menjadi 4 atm serta harus dijaga tetap dengan *temperature indicator control* dan *pressure control* untuk mencegah reaksi melewati *range* suhu dan tekanan yang diijinkan.

Hasil *output* (luaran) dari reaktor bagian atas adalah gas metana (CH_4), H_2O , beserta pengotor berupa gas CO_2 sedangkan pada hasil luaran bagian bawah reaktor terdapat residu. Karena fasa kedua hasil ini berbeda (gas untuk hasil atas dan padatan untuk hasil bawah), maka perlu dilakukan pemisahan untuk masing – masing hasil atas dan hasil bawah.

Gas yang keluar dari reaktor lalu masuk ke dalam *absorber* (AB). Tujuannya untuk memisahkan sebagian besar gas CO_2 , karena keberadaan CO_2 dalam biogas sangat tidak diinginkan sebab semakin tinggi kadar CO_2 maka semakin rendah nilai kalor biogas dan akan mengganggu proses pembakaran. Jadi agar hasil biogas lebih bagus maka harus memisahkan gas CO_2 . Alat absorber (AB) beroperasi pada tekanan 2 atm dan temperature 35°C . Pada absorpsi gas dengan menggunakan cairan, jenis *absorber* yang lebih banyak digunakan adalah *packed column*. Hal ini karena luas kontak gas dengan cairan pada *packed column* lebih besar. Proses pemisahan dilakukan dengan menggunakan larutan *solvent* berupa monoetanolamin ($\text{C}_2\text{H}_7\text{NO}$). Campuran gas yang keluar dari reaktor dialirkan menuju bagian bawah tangki *absorber*. Kemudian, dari bagian atas

dialiri C_2H_7NO seperti hujan yang akan menyerap gas CO_2 . Tangki absorber diatur agar dapat mengabsorpsi gas CO_2 sebanyak 85%. Di dalam *absorber*, gas CO_2 akan larut dengan C_2H_7NO yang kemudian akan terlarut bersama menuju bagian bawah tangki *absorber*. Larutan monoetanolamin (C_2H_7NO) yang telah terkontaminasi dengan gas buangan *absorber* kemudian diolah pada unit utilitas dan kembali menuju bagian atas *absorber*. Gas hasil reaksi dari absorber keluar dari bagian atas absorber dengan temperatur $35^\circ C$ dan tekanan 2 atm.

Gas keluaran *absorber* (AB), kemudian masuk ke dalam *separator* (SP) agar kandungan air (H_2O) yang terbawa dapat dihilangkan, karena biogas yang mengandung sejumlah H_2O akan menyebabkan nilai kalornya berkurang. Hasil gas yang keluar dari *separator* lalu di kompres dari tekanan 2 atm menjadi 200 atm dengan menggunakan Kompresor (C-01) terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam tangki penyimpanan produk yang berbentuk bola (T-02), yang tujuannya untuk menaikkan tekanan gas. Selain itu, gas CH_4 yang dihasilkan akan dimasukkan ke dalam tabung-tabung kecil agar dapat digunakan oleh masyarakat sebagai bahan bakar masak. Sedangkan untuk keluaran bawah *separator* akan diolah di unit pengolahan limbah (UPL).

Residu dari fermentasi di dalam reaktor tidak dapat dibuang begitu saja. Jika langsung dibuang ke badan air, jelas sekali akan menurunkan daya dukung lingkungan, sehingga memerlukan suatu pengolahan limbah yang bertujuan untuk mengurangi resiko beban pencemaran yang ada. Maka dari itu hasil keluaran bawah reaktor biogas (R) terdapat padatan yang tidak terurai menjadi gas dan mengandung substrat organik yang masih dapat dimanfaatkan kembali. Amonia

(NH₃) yang merupakan sumber nitrogen, kehadirannya dalam sistem reaktor dapat menyebabkan keracunan pada mikroorganisme yang secara tidak langsung akan menurunkan konsentrasi total dari produksi gas metana, dan karena di dalam NH₃ terdapat kandungan air maka fasa NH₃ didalam reaktor yaitu cair sehingga NH₃ ikut keluar dari bagian bawah reaktor.

Oleh karena itu lebih efisien jika hasil keluaran reaktor (R) digunakan sebagai bahan pembuat pupuk organik padat. Dimana, sisa *slurry* tersebut kemudian dialirkan menggunakan *screw pump* (P-03) menuju ke *centrifuge* (CF) agar dapat dipisahkan kandungan cairan dan padatannya. Dimana di dalam *centrifuge* (CF), *slurry* masuk ke *nozzle* kemudian *nozzle* berputar dengan gaya sentrifugal sehingga padatan dan cairan dapat terpisah. Setelah terpisah, padatan ditampung di bak penampungan pupuk (BP-02). 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. Salah satu *treatment* yang dilakukan dengan penambahan bahan kimia berupa *Calcium Hypo Chloride* yang disertai dengan aerasi untuk menghilangkan bahan – bahan organik seperti ammoniak dan nitrit serta untuk menghilangkan bakteri – bakteri patogen di dalam air.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor

REAKTOR	
Kode	R-01
Fungsi	Tempat berlangsungnya reaksi pembentukan biogas dari proses fermentasi
Jenis	<i>Continous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i>
Mode Operasi	Kontinyu
Jumlah	1 unit
Kapasitas	28.448 m ³
Harga	Rp 138.340.299.422,00
Kondisi Operasi	
Suhu	35 °C
Tekanan	4 atm
Kondisi Proses	Isotermal,
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167 grade 11 tipe 316</i>
Diameter (ID) shell	33 m
Tebal shell	3 in
Tebal head	3 in
Tinggi total	44 m
Jenis head	<i>Torispherical dished head</i>
Pengaduk	
Tipe pengaduk	<i>Screw pump</i>
Kecepatan pengadukan	2.334 rpm
Power/tenaga pengadukan	7,5 hp
Jumlah pompa	2 buah
Koil	
Ud	931,06 Btu/jam.ft ² .F
Luas Transfer Panas	33.787 m ²
NPS	18
Schedule Number	20
Panjang total	52,23 m
Jumlah lilitan	36
Tinggi tumpukan koil	24,46 m

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung

a. Shredder (SH-01)

Tabel 3. 2 Spesifikasi shredder

SHREDDER	
Kode	SH-01
Fungsi	Mengecilkan ukuran limbah makanan agar lebih halus
Jenis	Organik waste shredder
Jumlah	1 unit
Kapasitas	3.074 kg/jam
Harga	Rp 886.280.445,00
Kondisi Operasi	
Suhu	30 °C
Tekanan	1 atm
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Diameter	1,2 m
Kecepatan	41 rpm
Daya	109,62 kW
Panjang mesin	3,6 m
Lebar mesin	1,8 m
Tinggi mesin	3 m

b. Vibrating Screen (VS-01)

Tabel 3. 3 Spesifikasi vibrating screen

VIBRATING SCREEN	
Kode	VS-01
Fungsi	Menyeragamkan ukuran bahan baku sebesar 45 mesh
Jenis	<i>High Speed Vibrating Screen</i>
Jumlah	1 unit
Kapasitas	3.074 kg/jam
Harga	Rp 406.280.079,00
Kondisi Operasi	
Suhu	30 °C
Tekanan	1 atm

Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	Carbon steel
Luas	0,36 m ²
Lebar Ayakan	0,42 m
Panjang Ayakan	0,85 m
Kecepatan Vibrasi	3600 Vibrasi/menit
Power	4 hp

c. Mixer (M-01)

Tabel 3. 4 Spesifikasi mixer

MIXER	
Kode	M-01
Fungsi	Tempat mencampur limbah makanan,air,dan CaO sebagai umpan
Jenis	Tangki berpengaduk
Jumlah	1 unit
Kapasitas	24,62 m ³
Harga	Rp 976.765.275,00
Kondisi Operasi	
Suhu	30 °C
Tekanan	1 atm
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167 grade 11 tipe 316</i>
Diameter (ID) shell	3,34 m
Tebal shell	0,25 in
Tebal head	0,3125 in
Tinggi total	4,69 m
Jenis head	<i>Torispherical dished head</i>
Pengaduk	
Tipe pengaduk	<i>Flat six blade turbines</i>
Kecepatan pengadukan	212 rpm
Power/tenaga pengadukan	446 Hp
Jumlah baffle	4 buah

d. Absorber (AB-01)

Tabel 3. 5 Spesifikasi absorber

ABSORBER	
Kode	AB-01
Fungsi	Tempat menyerap gas CO ₂ dari campuran gas yang keluar dari 50eactor dengan menggunakan solven monoetanolamin
Jenis	<i>Packed Columns</i>
Jumlah	1 unit
Harga	Rp 7.758.115.430
Kondisi Operasi	
Suhu	35 °C
Tekanan	2 atm
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167 grade 11 tipe 316</i>
Diameter (ID) shell	2,89 m
Tebal shell	0,3125 in
Tebal head	0,25 in
Tinggi total	29,34 m
Jenis head	<i>Torispherical dished head</i>
Packing	
Jenis packing	<i>Raschig rings</i>
Bahan konstruksi packing	Keramik
Diameter packing	2,89 m

e. Separator (SP-01)

Tabel 3. 6 Spesifikasi separator

SEPARATOR	
Kode	SP-01
Fungsi	Tempat memisahkan campuran gas dan liquid yang keluar dari absorber (AB-01)
Jenis	<i>Knock Out Drum</i>
Jumlah	1 unit
Harga	Rp 128.423.176,00
Kondisi Operasi	
Suhu	35 °C
Tekanan	2 atm

Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167 grade 11 tipe 316</i>
Diameter (ID) shell	0,5 m
Tebal shell	0,1875 in
Tebal head	0,1875 in
Tinggi total	1,42 m
Jenis head	Elliptical dished head

f. Kompresor (C-01)

Tabel 3. 7 Spesifikasi kompresor

KOMPRESOR	
Kode	C-01
Fungsi	Menaikkan tekanan gas keluaran Separator (SP-01) dari 2 atm menjadi 200 atm untuk dialirkan menuju tangki produk (T-02)
Jenis	<i>Centrifugal Multistage Compressor</i>
Jumlah	1 unit
Harga	Rp 324.625.251,00
Kondisi Operasi	
Tekanan masuk	1 atm
Tekanan keluar	200 atm
Suhu masuk	308 K
Suhu keluar	367, 51 K
Jumlah stage	4 stage
Power	16,68 Hp

g. Expansion Valve (EV-01)

Tabel 3. 8 Spesifikasi expansion valve (EV-01)

Expansion Valve	
Kode	EV-01
Fungsi	Menurunkan tekanan gas keluaran atas Reaktor (R-01) dari 4 atm menjadi 2 atm untuk diumpankan ke Absorber (AB-01)
Jenis	<i>Globe Valve Open</i>
Harga	Rp 65.317.454,00

Spesifikasi	
Kapasitas	368,23 kg/jam
ID	0,82 in
OD	1,05 in
Flow area per pipe	0,53 ft ²
Panjang Ekuivalen (Le)	8,53 m
Jumlah	1 unit
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Stainless Steel AISI Tipe 316</i>

h. Expansion Valve (EV-02)

Tabel 3. 9 Spesifikasi expansion valve (EV-02)

Expansion Valve	
Kode	EV-02
Fungsi	Menurunkan tekanan keluaran bawah Reaktor (R-01) dari 4 atm menjadi 1 atm untuk diumpankan ke Centrifuge (CF-01)
Jenis	<i>Globe Valve Open</i>
Harga	Rp 65.317.454,00
Spesifikasi	
Kapasitas	22.345kg/jam
ID	2,469 in
OD	2,88 in
Flow area per pipe	4,79 ft ²
Panjang Ekuivalen (Le)	21,33 m
Jumlah	1 unit
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Stainless Steel AISI Tipe 316</i>

i. Centrifuge (CF-01)

Tabel 3. 10 Spesifikasi centrifuge

CENTRIFUGE	
Kode	CF-01
Fungsi	Tempat memisahkan slurry limbah makanan dari larutan induk (mother liqouurnya)
Jenis	<i>Helical conveyor centrifuge</i>
Jumlah	1 unit
Harga	Rp 190.851.109,00

Kondisi Operasi	
Suhu	35 °C
Tekanan	1 atm
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA-283 grade C</i>
Kapasitas	Padatan = 1,63 ton/jam Cairan ≤ 98,38 gallon/menit
Diameter bowl	18 in
Kecepatan putar bowl	3500 rpm
Power motor	50 hp



3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

Tabel 3. 11 Spesifikasi tangki penyimpanan

	T -01	T-02	T-03
Fungsi	Menyimpan kebutuhan C_2H_7NO	Menyimpan serbuk kapur (CaO) sebelum masuk ke mixer	Menyimpan Produk Biogas
Lama Penyimpanan	7 hari	7 hari	7 hari
Fasa	Cair	Padat	Gas
Jumlah Tangki	1 unit	1 unit	1 unit
Jenis Tangki	Silinder Vertikal	Silinder Vertikal	<i>Spherical Tank</i> (Tangki Bola)
Kondisi Operasi	30 °C , 1 atm	30 °C, 1 atm	35 °C, 200 atm
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA – 167 grade 11 tipe 316</i>	<i>Carbon Steel 283 grade C</i>	<i>Carbon Steel 283 grade C</i>
Volume Tangki	421, 27 m ³	0,06 m ³	670 m ³
Diameter	12 m	0,3 m	10 m
Tinggi	5 m	0,8 m	-
Jumlah Course	3	-	-
Tebal Shell	0,25 in	0,1875 in	29,34 in
Jenis Head	<i>Conical</i> (kerucut)	Flat	-
Tebal Head	0,375 in	0,1875 in	-
Jenis Bottom	Flat	<i>Conical</i> (Kerucut)	-
Tebal Bottom	0,25 in	-	-
Harga	Rp 6.194.634.604,00	Rp 16.052.897,00	Rp.5.396.199.178,00

Tabel 3. 12 Spesifikasi bak penampungan

	BP-01	BP-02
Fungsi	Menampung limbah makanan dari rumah makan	Menampung pupuk organik
Lama penyimpanan	3 hari	7 hari
Fasa	Padat	Padat
Jumlah	1 unit	1 unit
Jenis tangka	Bak persegi panjang dengan tutup	Bak persegi panjang dengan tutup
Kondisi operasi	Suhu = 30 °C Tekanan = 1 atm	Suhu = 30 °C Tekanan = 1 atm
Bahan konstruksi	Beton kedap air	Beton kedap air
Volume	619,77 m ³	328, 87 m ³
Panjang	10,74 m	8,69 m
Lebar	10,74 m	8,69 m
Tinggi	5,37 m	4,34
Harga	Rp 17.836.552	Rp 17.836.552

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Padat, Cair, dan Gas

Tabel 3. 13 Spesifikasi alat transportasi bahan padat

	SC-01	SC-02
Fungsi	Alat transportasi limbah makanan dari <i>shredder</i> menuju <i>mixer</i>	Alat transportasi Kalsium Oksida (CaO) dari Silo menuju <i>mixer</i>
Bahan yang diangkut	Limbah Makanan	CaO
Bentuk bahan	<i>Powder</i>	<i>Powder</i>
Jenis conveyor	<i>Screw</i>	<i>Screw</i>
Kapasitas	5 ton/jam	5 ton/jam
Kondisi operasi	Suhu = 30 °C Tekanan = 1 atm	Suhu = 30 °C Tekanan = 1 atm
Kecepatan	40 rpm	40 rpm
Daya motor	0,43 hp	0,43 hp
Panjang	4,57 m	4,57 m
Diameter Screw	9 in	9 in
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i>	<i>Stainless steel</i>
Harga	Rp 67.778.898,00	Rp 67.778.898,00

Tabel 3. 14 Spesifikasi alat transportasi bahan cair

	P-01	P-02	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan H ₂ O menuju mixer	Mengalirkan umpan dari mixer menuju reactor	Memompa hasil bawah reaktor menuju centrifuge	Mengalirkan larutan C ₂ H ₇ NO dari tangki penyimpanan menuju absorber
Bahan yang dipompa	H ₂ O	Slurry umpan	Slurry umpan	C ₂ H ₇ NO
Viskositas	0,81 cP	0,70 cP	0,71 cP	18,18 cP
Densitas	1.023 kg/m ³	923 kg/m ³	1.000 kg/m ³	1.009 kg/m ³
Kapasitas	23,03 m ³ /jam	29,50 m ³ /jam	26,81 m ³ /jam	2,50 m ³ /jam
Pump Head	5,93 m	48,74 m	2,15 m	5,93 m
Suhu Fluida	30 °C	30 °C	30 °C	30 °C
Jenis Pompa	<i>Centrifugal Pump (Dynamic Pump)</i>	<i>Screw pump (Rotating Pump)</i>	<i>Centrifugal Pump (Dynamic Pump)</i>	<i>Centrifugal Pump (Dynamic Pump)</i>
Daya Motor	745,7 Watt	11.185 Watt	372,85 Watt	1.118 Watt
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Harga	Rp 170.018.016,00	Rp 229.948.831,00	Rp 216.892.475,00	Rp 79.336.984,00

Lanjutan Tabel 3. 14

	P-05	P-06	P-07	P-08
Fungsi	Mengalirkan hasil samping absorber menuju UPL	Mengalirkan hasil samping separator menuju UPL	Mengalirkan hasil samping centrifuge menuju UPL	Mengalirkan hasil samping centrifuge menuju bak penampungan pupuk
Bahan yang dipompa	CO ₂ dan C ₂ H ₇ NO	CH ₄ , CO ₂ , dan H ₂ O	NH ₃ , CaO, dan H ₂ O	NH ₃ , CaO, H ₂ O, dan limbah makanan
Viskositas	13,78 cP	0,14 cP	0,73 cP	0,49 cP
Densitas	972 kg/m ³	418 kg/m ³	1.017 kg/m ³	776 kg/m ³
Kapasitas	2,73 m ³ /jam	0,128 m ³ /jam	24,42 m ³ /jam	2,52 m ³ /jam
Pump Head	2,28 m	0,586 m	1,1 m	6,39 m
Suhu Fluida	35 °C	35 °C	35 °C	35 °C
Jenis Pompa	<i>Centrifugal pump (Dynamic Pump)</i>	<i>Centrifugal pump (Dynamic Pump)</i>	<i>Centrifugal pump (Dynamic Pump)</i>	<i>Screw pump (Rotating pump) Pump)</i>
Daya Motor	62,14Watt	37,28 Watt	186 Watt	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Harga	Rp 79.336.984,00	Rp 65.317.454,00	Rp 174.655.519,00	Rp 79.336.984,00

Tabel 3. 15 Spesifikasi alat transportasi bahan gas

	B-01
Fungsi	Mengalirkan gas keluaran absorber menuju separator
Jenis	Centrifugal blower
Bahan	Cat Iron
Suhu	35 °C
Tekanan	2 atm
Laju alir gas masuk	225 ft ³ /menit
Power blower	0,05 hp
Harga	Rp 49.942.346,00

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 16 Neraca massa total

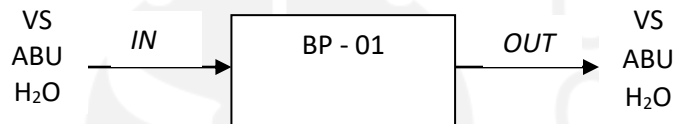
Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
VS	810,08	810,08	-	-	810,08	-	401,54	-	-	-	-	-	401,54	-
H ₂ O (Cair)	2124,64	2124,645		19638,63	21763,27	-	21759,57	-	-	-	-	6,98	1087,98	20671,59
ABU	139,57	139,57	-	-	139,57	-	139,57	-	-	-	-	-	139,57	-
CaO	-	-	1,0		1,00	-	1,00	-	-	-	-	-	0,05	0,95
CH ₄	-	-	-		-	200,62	-	-	200,62		186,37	14,25	-	-
CO ₂	-		-	-	-	163,92	-	-	24,59	139,33	1,02	23,57	-	-
NH ₃	-	-	-	-	-	-	44,01	-	-	-	-	-	2,20	41,81
H ₂ O (Gas)	-	-	-	-	-	3,70	-	-	7,19		0,213	-	-	-
C ₂ H ₇ NO (MEA)	-	-	-	-	-	-	-	2110,05	-	2106,55		-	-	-
Pupuk Padat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah	3074,2	3074,2	1,0	19638,6	22713,9	368,2	22345,6	2110,0	232,4	2245,8	187,6	44,8	1631,3	20714,3

3.4.2 Neraca Massa Per Alat

a. Neraca Massa Bak Penampungan (BP-01)

Tabel 3. 17 Neraca massa bak penampungan

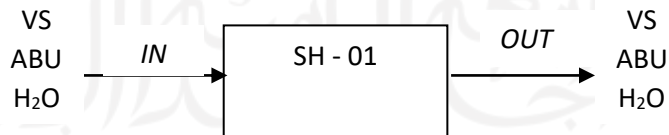
KOMPONEN	Masuk (kg/jam)	Keluar (Kg/jam)
	Feed	1
VS	810,08	810,08
ABU	139,57	139,57
H ₂ O	2124,64	2124,64
TOTAL	3074,29	3074,29



b. Neraca Massa Shredder (SH-01)

Tabel 3. 18 Neraca massa shredder

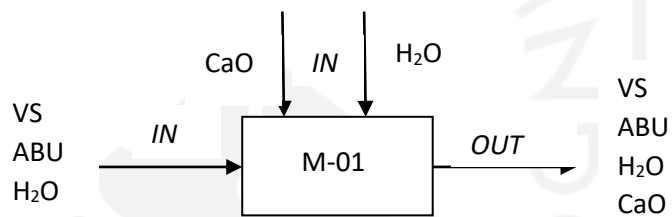
KOMPONEN	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	1	2
VS	810,08	810,08
ABU	139,57	139,57
H ₂ O	2124,64	2124,64
TOTAL	3074,29	3074,29



c. Neraca Massa Mixer (M-01)

Tabel 3. 19 Neraca massa mixer

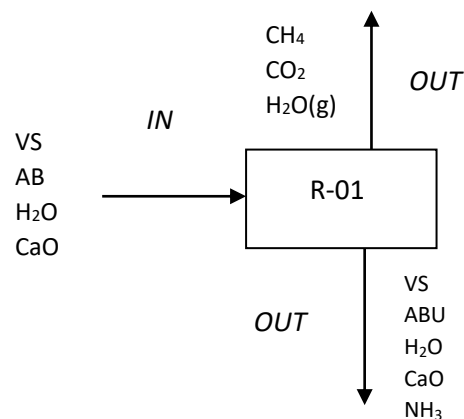
KOMPONEN	Masuk (kg/jam)			Keluar (kg/jam)
	2	3	4	5
VS	810,08	-	-	810,08
H ₂ O	2124,64	-	19638,63	21763,27
ABU	139,57	-	-	139,57
CaO	-	1,00	-	1,00
TOTAL	3074,294	1,00	19638,627	22713,922
SUBTOTAL	22.713,922			22.713,922



d. Neraca Massa Reaktor (R-01)

Tabel 3. 20 Neraca massa reaktor

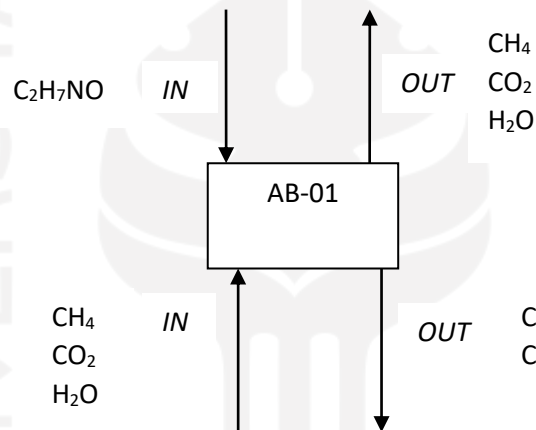
KOMPONEN	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	5	6	7
VS	810,08	-	401,54
H ₂ O (Cair)	21763,27	-	21759,57
ABU	139,57	-	139,57
CaO	1,00	-	1,00
CH ₄	-	200,62	-
CO ₂	-	163,92	-
H ₂ O (Gas)	-	3,70	-
NH ₃	-	-	44,01
TOTAL	22.713,92	368,23	22345,69
SUBTOTAL	22.713,92	22.713,92	



e. Neraca Massa Absorber (AB-01)

Tabel 3. 21 Neraca massa absorber

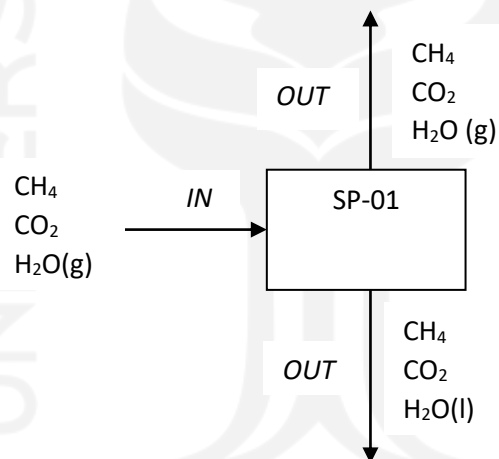
KOMPONEN	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	7	8	9	10
CH ₄	200,62	-	200,617	-
CO ₂	163,92	-	24,588	139,33
H ₂ O (Gas)	3,70	-	7,19	-
C ₂ H ₇ NO(MEA)	-	2110,05	-	2106,55
TOTAL	368,23	2110,05	232,40	2245,88
Subtotal	2.478,28		2.478,28	



f. Neraca Massa Separator (SP-01)

Tabel 3. 22 Neraca massa separator

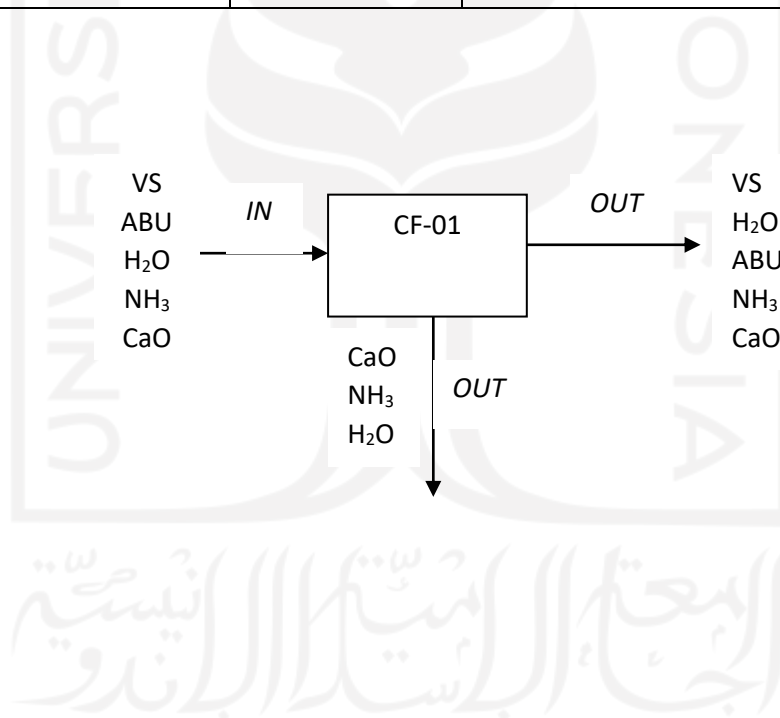
Komponen	Masuk (9)		Keluar			
	kg/jam	kmol/jam	Gas (Atas) 11		Cair (Bawah) 12	
			kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH ₄	200,617	12,539	186,370	11,648	14,247	0,890
CO ₂	24,588	0,559	1,018	0,023	23,570	0,536
H ₂ O (Gas)	7,195	0,400	0,213	0,012	-	-
H ₂ O (Cair)	-	-	-	-	6,982	0,388
Total	232,399	13,497	187,601	11,683	44,799	1,814
Subtotal	232,399		232,399			



g. Neraca Massa Centrifuge (CF-01)

Tabel 3. 23 Neraca massa centrifuge

KOMPONEN	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	7	13	14
VS	401,54	401,54	-
H ₂ O	21759,57	1087,98	20671,59
ABU	139,57	139,57	-
NH ₃	44,01	2,20	41,81
CaO	1,00	0,05	0,95
TOTAL	22.345,69	1.631,34	20.714,35
Subtotal	22.345,69	22.345,69	



3.5 Neraca Panas

a. Neraca Panas Shredder (SH-01)

Tabel 3. 24 Neraca panas shredder

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
C ₁₂₄ H ₂₂₆ O ₈₁ N ₅ S ₀	21,20	21,20
Total	21,20	21,20

b. Neraca Panas Vibrating Screen (VS-01)

Tabel 3. 25 Neraca panas vibrating screen

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
C ₁₂₄ H ₂₂₆ O ₈₁ N ₅ S ₀	21,20	21,20
Total	21,20	21,20

c. Neraca Panas Mixer (M-01)

Tabel 3. 26 Neraca panas mixer

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
C ₁₂₄ H ₂₂₆ O ₈₁ N ₅ S ₀	21,1982	21,198
CaO	111,855	111,86
H ₂ O	4,12E+05	4,12E+05
Total	412.001,76	412.001,76

d. Neraca Panas Reaktor (R-01)

Tabel 3. 27 Neraca panas reaktor

Panas Masuk	kJ/jam	Panas Keluar	kJ/jam
ΔH_{in}	4,1200176E+05	ΔH_{out}	8,316329E+05
Qpemanas	2,6370205E+09	Panas Reaksi	2,636601E+09
Total	2,637432E+09	Total	2,637432E+09

e. Neraca Panas Absorber (AB-01)

Tabel 3. 28 Neraca panas absorber

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
CH ₄	4579,42	4,58E+03
CO ₂	1,44E+03	2,14E+03
H ₂ O (gas)	69,18	134,55
C ₂ H ₇ NO	6.7053,61	6.6942,53
Panas yang diserap oleh cairan	661,47	-
Total	73.800,64	73.800,64

f. Neraca Panas Separator (SP-01)

Tabel 3. 29 Neraca panas separator

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
CH ₄	4.557,2	8765,8.
CO ₂	215,5	832,18
H ₂ O (gas)	134,5	4,78
H ₂ O (cair)	-	351,18
Panas yang ditambahkan	5.026,6	-
Total	9.953,9	9.953,9

g. Neraca Panas Centrifuge (CF-01)

Tabel 3. 30 Neraca panas centrifuge

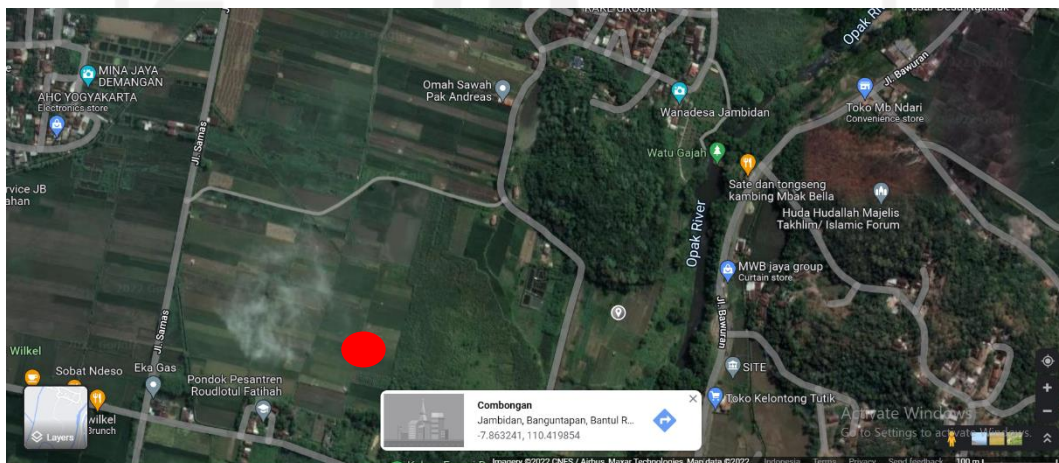
KOMPONEN	Panas Masuk (kg/jam)	Panas Keluar(kg/jam)	
	Masuk	Keluar (1)	Keluar (2)
C ₁₂₄ H ₂₂₆ O ₈₁ N ₅ S ₀	7,46	7,46	-
H ₂ O	912.078,52	45.603,93	866.474,59
CaO	235,38	11,77	223,61
NH ₃	2.105,04	105,25	1.999,79
Total	91.4426,41	91.4426,41	

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

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



Gambar 4. 1 Peta lokasi rencana pabrik

Berdasarkan faktor – faktor diatas, maka lokasi pabrik biogas dari limbah makanan dengan kapasitas 14.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan dekat sungai opak di Jalan Samas, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia. Dengan pertimbangan sebagai berikut :

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor utama ini memengaruhi secara langsung tujuan utama pabrik yang meliputi produksi dan distribusi produk. Faktor utama meliputi :

a. Penyediaan Bahan Baku/Pembantu

Suatu pabrik sebaiknya berada di daerah yang dekat dengan sumber bahan baku sehingga transportasi dapat berjalan dengan lancar dan biaya transportasi dapat diminimalisir. Sumber bahan baku yang digunakan untuk kebutuhan produksi yaitu limbah makanan dari restoran atau rumah makan di wilayah Bantul dan Kota Yogyakarta.

b. Pemasaran Produk

Pemasaran merupakan salah satu hal yang sangat penting. Pemasaran yang baik dan tepat akan menghasilkan keuntungan dan menjamin kelangsungan hidup pabrik. Dengan membangun pabrik di wilayah yang lumayan banyak penduduknya ditargetkan produk dapat terjual. Konsep pemasaran produk biogas ini bertujuan untuk menjamin kebutuhan gas (LPG) restoran atau rumah makan yang memberikan limbah makanan kepada pabrik. Selain itu, untuk menunjang kebutuhan gas untuk warga di daerah Yogyakarta. Serta menyediakan pupuk organik yang ramah lingkungan untuk para petani di wilayah Provinsi

Yogyakarta. Tetapi diharapkan pemasarannya tidak hanya di dalam negeri melainkan dapat juga untuk diekspor.

c. Kemudahan Transportasi

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

d. Tenaga Kerja

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

e. Utilitas

Dalam pendirian suatu pabrik tenaga listrik, air, dan bahan bakar adalah faktor penunjang yang paling penting. Lokasi pabrik didirikan di dekat sungai Opak, untuk memenuhi kebutuhan air seperti air proses, air sanitasi, dan kebutuhan air umum lainnya yang dapat dipenuhi dengan baik dan murah. Sarana yang lain seperti bahan bakar dapat diperoleh dari PT. Pertamina (Persero) dengan cukup mudah melalui transportasi darat. Sedangkan kebutuhan listrik dapat

memanfaatkan listrik PLN maupun swasta yang sudah masuk ke wilayah ini. Selain dari PLN, disediakan juga cadangan dari generator pembangkit tenaga menggunakan bahan bakar solar yang diperoleh dari PT. Pertamina (Persero).

f. Kondisi Iklim dan Keadaan Geografis

Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki iklim rata – rata yang cukup baik. Seperti daerah lain di Indonesia yang beriklim tropis dengan temperatur udara berkisar 20 – 35 °C. Bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor, maupun banjir besar jarang terjadi sehingga operasi pabrik dapat berjalan lancar.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

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

a. . Perluasan Pabrik

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

b. Perijinan

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

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

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

d. Lingkungan Masyarakat Sekitar

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

e. Luas Area yang Tersedia

Harga tanah menjadi hal yang membatasi kemampuan penyedia area. Pemakaian tempat disesuaikan dengan area yang tersedia. Jika harga tanah amat tinggi, maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan

tertentu diletakkan diatas peralatan yang lain ataupun lantai ruangan diatur sedemikian rupa agar menghemat tempat.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

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

4.2.1 Daerah administrasi/perkantoran, laboratorium dan fasilitas pendukung

Area ini terdiri dari :

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

4.2.2 Daerah Proses dan Ruang kontrol

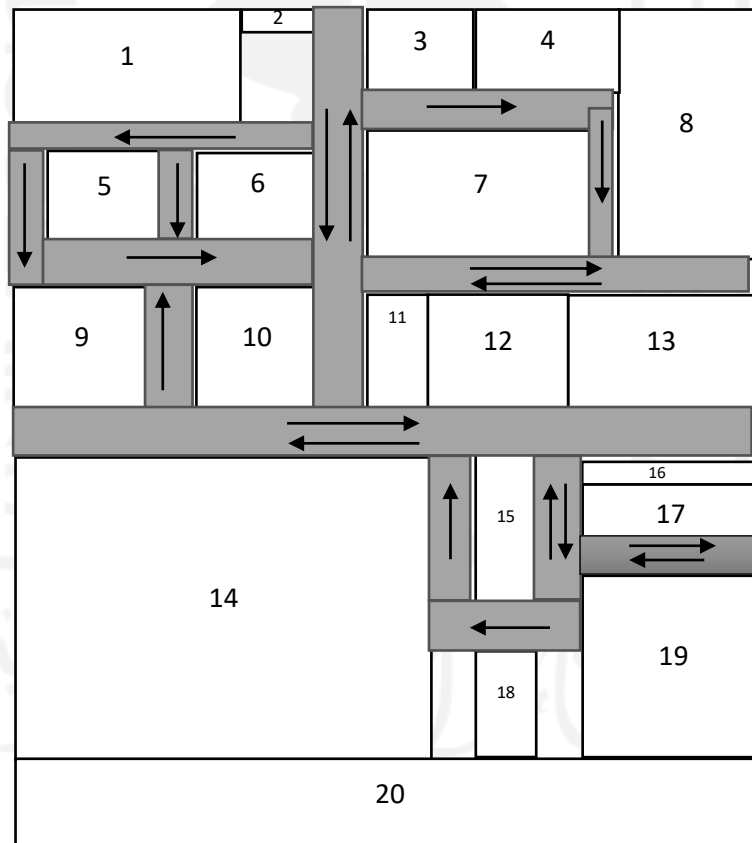
Merupakan daerah tempat alat – alat proses diletakkan dan proses berlangsung. Ruang kontrol sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.

4.2.3 Daerah pergudangan, umum, bengkel, dan garasi

Daerah ini mengkhususkan untuk tempat – tempat perbaikan alat – alat proses agar tidak terekspos ke luar pabrik. Perawatan alat dan penyimpanan suku cadang alat – alat proses juga menjadi satu pada area ini.

4.2.4 Daerah utilitas dan pemadam kebakaran

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



Skala 1 : 1000

Gambar 4. 2 Lay out pabrik

Keterangan Gambar:

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1. Kantor Teknik dan Produksi | 11. Taman |
| 2. Pos Keamanan / Satpam | 12. Parkir Utama |
| 3. Klinik | 13. Bengkel Alat |
| 4. Masjid | 14. Area proses |
| 5. Kantin | 15. Ruang Kontrol Proses |
| 6. Laboratorium | 16. Ruang Timbang Truk |
| 7. Kantor Utama | 17. Parkir Truk |
| 8. Mess | 18. Ruang Kontrol Utilitas |
| 9. Gudang Alat | 19. Utilitas |
| 10. Unit Pemadaman Kebakaran | 20. Perluasan Pabrik |



Tabel 4.1 Area Bangunan Pabrik Biogas

Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
Kantor Utama	30	17	510
Pos keamanan/ satpam	10	3	30
Mess	18	33	594
Parkir Utama	18,6	15	279
Parkir Truk	23,3	7	162,4
Ruang Timbang Truk	23,2	3	69,9
Kantor Teknik dan Produksi	30	15	450
Klinik	14	11	154
Musholla	19	11	209
Kantin	15	12	180
Bengkel	24,6	15	369
Unit Pemadam Kebakaran	16	16	256
Gudang Alat	18	16	288
Laboratorium	12	16	192
Utilitas	24	24	576
Area Proses	55	40	2.200
R. Kontrol Proses	8	19,6	156,8
R. Kontrol Utilitas	8	14	112
Taman	8	15	120
Perluasan Pabrik	99	12	1188
Jalan	97,5	100,1	9.759,75
Luas Bangunan			6.788
Luas Tanah			17.855
Total			24.644

4.3 Tata Letak Mesin / Alat Proses (*Machines Layout*)

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

4.3.1 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. Perlu diperhatikan penempatan pipa, dimana untuk pipa diatas tanah

perlu dipasang pada ketinggian tiga meter atau lebih, dan perlu diatur sedemikian rupa agar tidak mengganggu lalu lintas kerja.

4.3.2 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 agar gas buangan pabrik tidak mengarah ke area perumahan warga.

4.3.3 Pencahayaan

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

4.3.4 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.

4.3.5 Pertimbangan Ekonomi

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

4.3.6 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 :

- a. Kelancaran proses produksi dapat terjamin.
- b. Dapat mengefektifkan penggunaan luas lantai.
- c. Biaya *material handling* menjadi rendah, sehingga menyebabkan menurunnya pengeluaran untuk *capital* yang tidak penting.
- d. Jika tata letak peralatan proses sedemikian rupa sehingga urutan proses produksi lancar, maka perusahaan tidak perlu untuk memakai alat angkut dengan biaya mahal.
- e. Karyawan mendapatkan kepuasan kerja.

4.3.7 Perawatan (Maintenance)

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

Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat – alat mendapat perawatan khusus secara

bergantian. Alat – alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

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

a. *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

b. *Repairing*

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian – bagian alat. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan. Faktor – faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

- Umur Alat

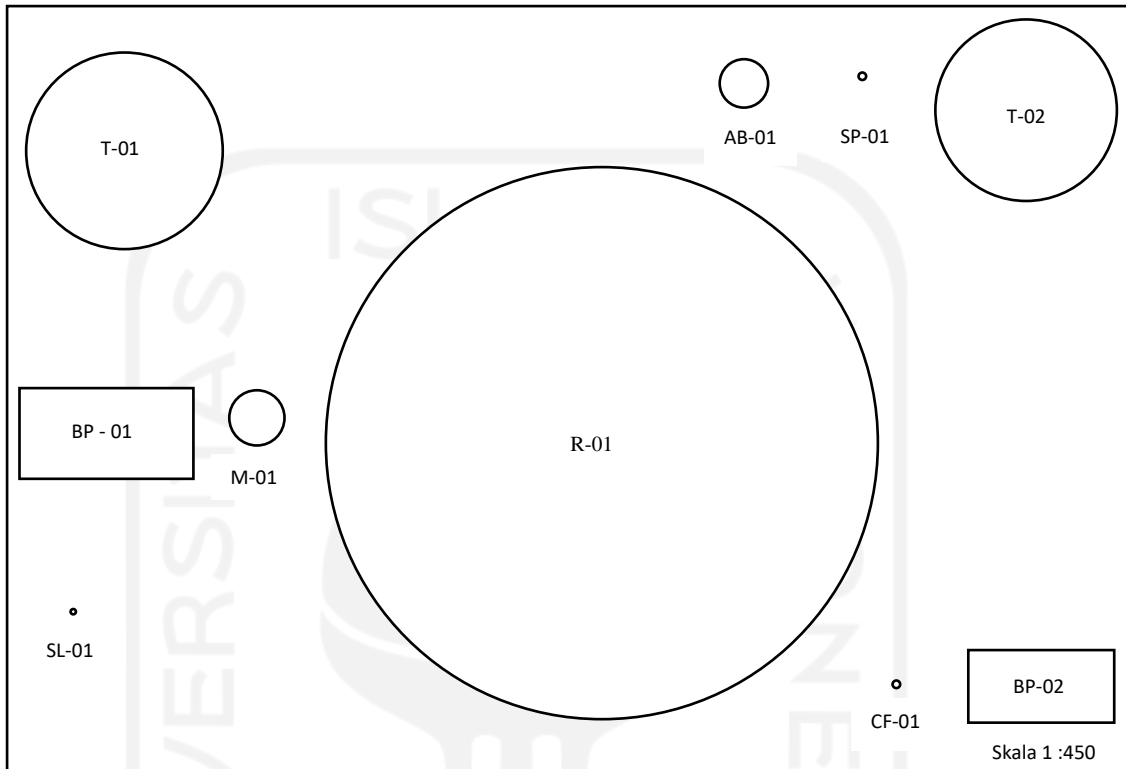
Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan, yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

- Bahan Baku

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

- Tenaga Manusia

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



Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses Pabrik

Keterangan:

1. T-01 : Tangki Monoetanolamin (C_2H_7NO)
2. BP - 01 : Bak Penampungan Limbah Makanan
3. SL - 01 : Silo CaO
4. M - 01 : Mixer
5. R - 01 : Reaktor
6. AB - 01 : Absorber
7. SP - 01 : Separator
8. T - 02 : Tangki Produk Biogas

- 9. CF – 01 : Centrifuge
- 10. BP – 02 : Bak Penampungan Pupuk

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

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

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

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

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

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

4.4.2 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

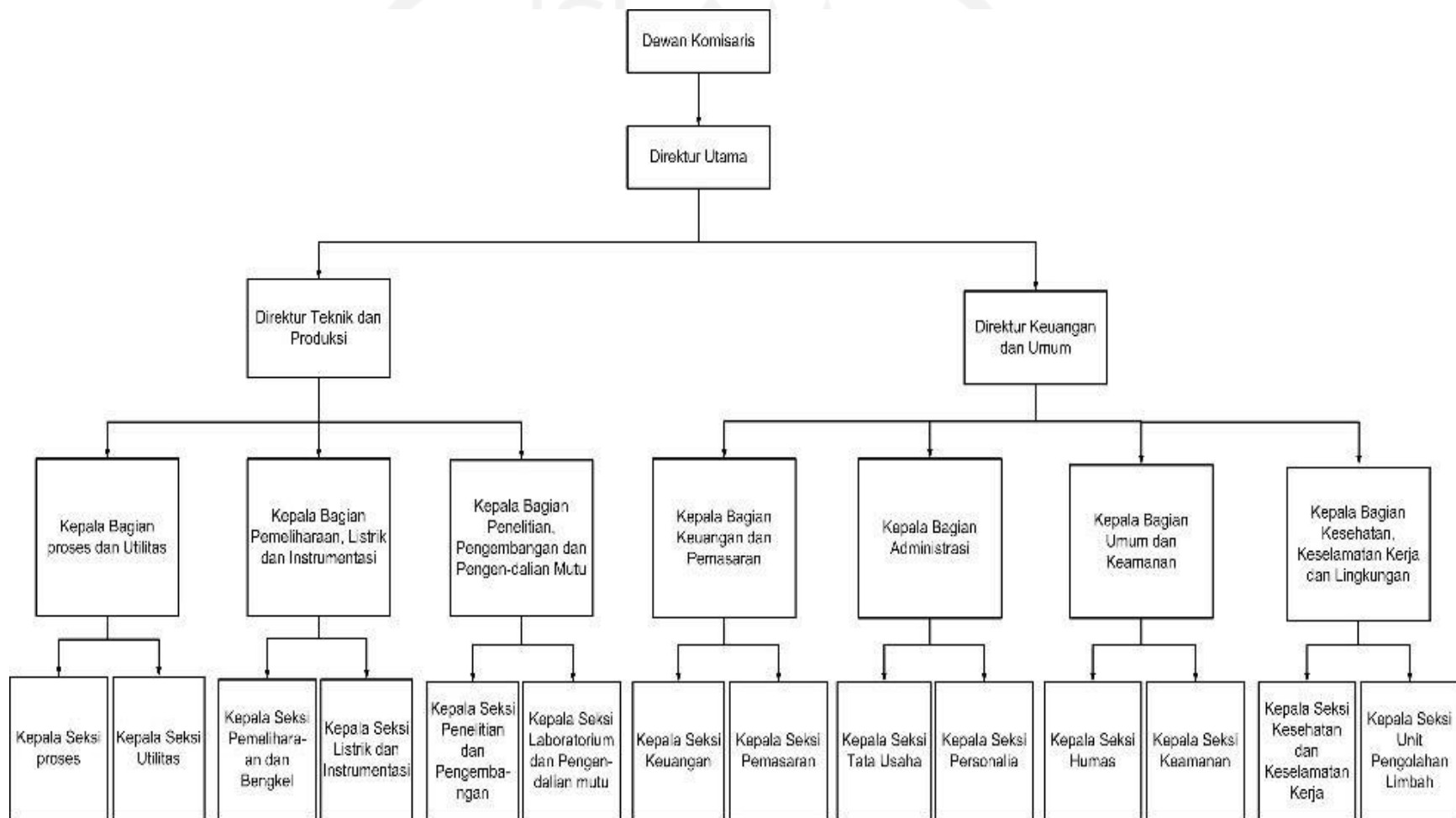
Masing – masing fungsi memiliki wewenang dan tugas yang berbeda sesuai bidangnya. Semakin tinggi jabatan yang ditempati, maka semakin luas pula tugas dan wewenang yang dimiliki. Tanggung jawab, tugas, serta wewenang tertinggi terletak pada puncak pimpinan yaitu dewan komisaris. Sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada rapat umum pemegang saham.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam melaksanakan 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 :

- a. Menjelaskan wewenang pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang.
- b. Sebagai bahan orientasi pejabat.
- c. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
- d. Penyusunan program pengembangan manajemen.
- e. Mengatur kembali Langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.



Gambar 4.4 Struktur organisasi pabrik

4.4.3 Tugas dan Wewenang

a. 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 (PT) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang biasanya dilakukan setahun sekali. Pada Rapat Umum Pemegang Saham, para pemegang saham berhak :

- Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris.
- Mengangkat dan memberhentikan direktur.
- Mengesahkan hasil – hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

b. Dewan Komisaris

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

Tugas – tugas dewan komisaris meliputi :

- Menilai dan menyetujui rencana direktur utama tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber – sumber dan pengarahannya pemasaran.
- Mengawasi tugas – tugas direktur utama.
- Membantu direktur utama dalam hal – hal penting.

c. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap kemajuan 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 :

- 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.

- 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.

d. 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 :

- Kepala Bagian Proses dan Utilitas
Tugas: Mengatur dan menjaga kelancaran unit proses dan unit utilitas agar *rate production* pabrik tercapai dengan mengatur jalannya proses produksi dan penyediaan bahan baku.
- Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi
Tugas: Bertanggung jawab terhadap pengelolaan pabrik secara teknis yang meliputi pemeliharaan alat, suku cadang, gudang, instrumentasi dan lainnya.
- Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Mutu
Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.
- Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran
Tugas: Mengkoordinasikan pengelolaan bidang keuangan dan pemasaran, termasuk pembelian bahan baku, bahan pembantu, dan penjualan hasil.
- Kepala Bagian Administrasi
Tugas: Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia, dan rumah tangga perusahaan.
- Kepala Bagian Umum dan Keamanan
Tugas: Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.

- Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan
Tugas : Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik, kesehatan, dan keselamatan kerja karyawan.

e. 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 seksinya.

- Kepala Seksi Proses
Tugas : Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi.
- Kepala Seksi Utilitas
Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumenasi
- Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel
Tugas : Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat – alat serta fasilitas pendukungnya
- Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi
Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat – alat instrumentasi.

- Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan
Tugas : Mengkoordinasi kegiatan – kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.
- Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu
Tugas : Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk, dan limbah.
- Kepala Seksi Keuangan
Tugas : Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal – hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.
- Kepala Seksi Pemasaran
Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.
- Kepala Seksi Tata Usaha
Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan serta tata usaha kantor.
- Kepala Seksi Personalia
Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian
- Kepala Seksi Humas
Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.

- Kepala Seksi Keamanan
Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.
- Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja
Tugas : Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.
- Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah
Tugas : Mengurus kebijakan teknis dibidang pengolahan limbah di perusahaan.

4.4.5 Status Karyawan

Pada pabrik biogas ini pemberian gaji karyawan berbeda – beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Pembagian karyawan pabrik ini dapat dibagi menjadi tiga golongan antara lain:

a. **Karyawan Tetap**

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

b. **Karyawan Harian**

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan (SK) direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan

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

4.4.6 Jadwal Kerja Karyawan

Pabrik Biogas dari limbah makanan akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *turn around*. Karena proses produksi berlangsung secara kontinyu, maka pembagian jam kerja karyawan digolongkan menjadi dua golongan, yaitu :

- Karyawan Non Shift

Bekerja selama 7 jam/hari dengan total kerja 40 jam/minggu. Sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Karyawan *non shift* adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk para karyawan *non shift* adalah Direktur Utama, (Direktur Teknik dan Produksi), (Direktur Administrasi, Keuangan, dan Umum), Kepala bagian serta bawahan yang berada di kantor. Berikut adalah ketentuan jam kerja karyawan *non shift* :

Senin – Kamis	: 08.00 – 16.00
	(istirahat 12.00 – 13.00)
Jum'at	: 08.00 – 16.00
	(istirahat 11.00 – 13.00)

Sabtu : 08.00 – 12.00

Minggu : Libur, termasuk hari libur nasional

- 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 secara langsung, sehingga tidak dapat ditinggalkan. Yang termasuk karyawan shift ini adalah operator produksi, bagian teknik, bagian gudang dan bagian utilitas. Pengendalian, laboratorium, termasuk petugas keamanan yang menjaga keamanan selama proses produksi berlangsung, sehingga tidak boleh ditinggal. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai shift sebagai berikut :

Shift I : 08.00 – 16.00

Shift II: 16.00 – 24.00

Shift III : 24.00 – 08.00

Kelompok kerja shift dibagi menjadi 3 shift sehari, masing – masing bekerja selama 8 jam, sehingga dibentuk 4 regu (A/B/C/D), dimana dalam satu hari kerja, hanya tiga regu yang masuk dan hanya satu regu yang libur. Setiap regu mendapatkan giliran 6 hari kerja dan dua hari libur setiap minggunya. Dengan rincian jam kerja 2 hari untuk shift 1 selanjutnya 2 hari shift 2 dan selanjutnya shift 3, lalu pada minggu selanjutnya mendapatkan libur. Untuk hari libur atau hari besar yang

ditetapkan pemerintah, karyawan shift yang bertugas tetap harus masuk, akan tetapi dihitung kerja lembur dan mendapat intensif tambahan. Jam pembagian kerja masing – masing ditampilkan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.2 Jadwal kerja karyawan shift

REGU	HARI														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III	
B	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I
C	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II
D			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III

REGU	HARI														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A		I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III
B	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III		
C	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I
D	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II

Keterangan : 1,2,3, dst : Hari ke –
A,B,C,dst : Kelompok kerja *shift*
 : Libur

4.4.7 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 antara 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 satu 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

- Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.

- Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
 - Tunjangan Hari Raya (THR) diberikan setiap tahun, yaitu menjelang hari raya Idul Fitri dan besarnya tunjangan tersebut sebesar satu bulan gaji.
- f. BPJS Ketenagakerjaan
- Merupakan asuransi pertanggungjawaban 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
- Cuti Tahunan
- Diberikan kepada karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu.
- Cuti Massal
- Setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

- Cuti Sakit

Diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter

j. Kenaikan Gaji dan Promosi

- Kenaikan gaji dilakukan setiap akhir tahun dengan memperhatikan besarnya inflasi, prestasi kerja dan lain – lain.
- Promosi dilakukan setiap akhir tahun dengan memperhatikan Pendidikan, prestasi kerja, dan lain – lain.

4.4.8 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji

a. Penggolongan Jabatan

Masing – masing jabatan dan struktur organisasi diisi oleh orang – orang dengan spesifikasi pendidikan yang sesuai dengan jabatan dan tanggung jawab. Jenjang pendidikan karyawan yang diperlukan berkisar dari Sarjana S-2 sampai lulusan SLTA. Perinciannya sebagai berikut :

Tabel 4.3 Penggolongan jabatan

No.	Jabatan	Pendidikan
1.	Direktur Utama	S2
2.	Direktur	S2
3.	Kepala Bagian	S1
4.	Kepala Seksi	S1
5.	Dokter	S2
6.	Perawat	D3/D4/S1
7.	Karyawan	D3/S1
8.	Operator	D3/SMK
9.	Supir	SLTA
10.	Cleaning Service	SLTA
11.	Satpam	SLTA

b. Jumlah Tenaga Kerja

Jumlah karyawan harus disesuaikan secara tepat sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselesaikan dengan baik dan efisien. Rincian jumlah karyawan pada masing – masing bagian ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

- **Karyawan Non Shift**

Tabel 4.4 Jumlah Karyawan Non Shift

No.	Jabatan	Jumlah
1.	Direktur Utama	1
2.	Direktur	2
3.	Kepala Bagian	7
4.	Kepala Seksi	14
5.	Karyawan	41
6.	Supir	5
7.	Cleaning Service	8
8.	Dokter	1
9.	Perawat	3
Jumlah		83

- **Karyawan Shift**

Tabel 4.5 Kebutuhan Operator per Alat Proses

No.	Nama Alat	Jumlah Alat	Orang/ unit.Shift	Orang/ Shift
1.	Reaktor	1	0,5	0,5
2.	Absorber	1	0,25	0,25
3.	Tangki	2	0	0
4.	Pompa	8	0	0
5.	Blower	3	0,1	0,3
6.	Kompresor	1	0,2	0,2
7.	Mixer	1	0,3	0,2
8.	Separator	1	0,05	0,05
9.	Expansion Valve	2	0,25	0,5
10.	Centrifuge	1	0	0
11.	Silo	1	0	0
12.	Bak Penampungan	2	0	0

13.	Screw Conveyor	2	0,2	0,2
14.	Shredder	1	0,5	0,5
15.	Screener	1	0,05	0,05
Total				3,05

Jumlah operator untuk alat proses = 3,05 x 3 Shift

= 12 Orang

Tabel 4.6 Kebutuhan operator per alat utilitas

No.	Nama Alat	Jumlah Alat	Orang/ unit.shift	Orang/ Shift
1.	Pompa	19	0	0
2.	Screening	1	0,05	0,05
3.	Tangki	11	0,1	1,1
4.	Bak Penampungan	5	0	0
5.	Sand Filter	1	1	1
6.	Deaerator	1	1	1
7.	Boiler	1	1	1
Total				4,15

Jumlah operator untuk alat proses = 4,15 x 3 Shift

= 15 Orang

Sehingga total keseluruhan operator lapangan

= 12 orang + 15 Orang

= 27 orang

Jumlah seluruh karyawan = 110 Karyawan

c. **Sistem Gaji 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. Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis yaitu :

- **Gaji Bulanan**

Gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan.

- **Gaji Harian**

Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

- **Gaji Lembur**

Gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Berikut adalah perincian jumlah dan gaji karyawan sesuai dengan jabatan :

Tabel 4.6 Daftar Gaji Karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji (/orang/bulan)	Gaji (/bulan)	Gaji (/tahun)
Direktur Utama	1	40.000.000	40.000.000	480.000.000
Direktur Produksi & Teknik	1	35.000.000	35.000.000	420.000.000
Direktur Keuangan & Umum	1	35.000.000	35.000.000	420.000.000
Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
Ka. Bag. Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Mutu	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
Ka. Bag. Keuangan dan Pemasaran	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
Ka. Bag. Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
Ka. Bag. Administrasi	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
Ka. Bag. Umum dan Keamanan	1	25.000.000	25.000.000	300.000.000
Ka. Sek. Proses	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. Utilitas	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. Pemeliharaan dan Bengkel	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000

Jabatan	Jumlah	Gaji (/orang/bulan)	Gaji (/bulan)	Gaji (/tahun)
Ka. Sek. Penelitian dan Pengembangan	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. Keuangan	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. Pemasaran	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. Tata Usaha	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. Personalia	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. Humas	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. Keamanan	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. K3	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Ka. Sek. UPL	1	20.000.000	20.000.000	240.000.000
Karyawan Proses	5	4.000.000	20.000.000	240.000.000
Karyawan Utilitas	4	4.000.000	16.000.000	192.000.000
Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	2	4.000.000	8.000.000	96.000.000
Karyawan Listrik dan Instrumentasi	2	4.000.000	8.000.000	96.000.000
Karyawan Penelitian dan Pengembangan	2	4.000.000	8.000.000	96.000.000
Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu	2	4.000.000	8.000.000	96.000.000
Karyawan Keuangan	2	4.000.000	8.000.000	96.000.000
Karyawan Pemasaran	2	4.000.000	8.000.000	96.000.000
Karyawan Tata Usaha	2	4.000.000	8.000.000	96.000.000
Karyawan	2	4.000.000	8.000.000	96.000.000

Jabatan	Jumlah	Gaji (/orang/bulan)	Gaji (/bulan)	Gaji (/tahun)
Personalia				
Karyawan Humas	2	4.000.000	8.000.000	96.000.000
Karyawan Keamanan	6	4.000.000	24.000.000	288.000.000
Karyawan K3	2	4.000.000	8.000.000	96.000.000
Karyawan UPL	2	4.000.000	8.000.000	96.000.000
Operator	27	4.500.000	121.500.000	1.458.000.000
Supir	5	2.500.000	12.500.000	150.000.000
Karyawan Pemadam Kebakaran	5	3.000.000	15.000.000	180.000.000
<i>Cleaning service</i>	8	2.250.000	16.000.000	192.000.000
Dokter	1	5.000.000	5.000.000	60.000.000
Perawat	3	3.500.000	10.500.000	126.000.000
Total	110	614.500.000	893.500.000	10.722.000.000

BAB V

UTILITAS

Untuk menyediakan kebutuhan penunjang proses produksi, unit utilitas penting keberadaannya dan harus ada dalam perancangan suatu pabrik. Unit utilitas pabrik tidak sama tergantung dari beberapa faktor, diantaranya karakteristik proses produksi, kompleksitas proses produksi, proses – proses penunjang yang ada di dalam pabrik, dan jenis produk yang dihasilkan.

Unit pendukung proses (unit utilitas) yang tersedia dalam perancangan pabrik biogas ini terdiri dari :

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

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Unit penyediaan air merupakan salah satu unit utilitas yang bertugas menyediakan air untuk kebutuhan industri maupun rumah tangga. Untuk memenuhi kebutuhan air suatu industri, pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut. Dalam perancangan pabrik biogas ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai Opak, Bantul, Yogyakarta,

Pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah :

- a. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi jika dibandingkan dengan air sumur, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
- b. 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 karena lebih banyak kandungan garam dan mineral didalamnya yang perlu dipisahkan.
- c. Jumlah air sungai lebih banyak dibandingkan dengan air sumur
- d. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik.

Air sungai akan digunakan untuk keperluan pabrik ini sebagai :

- Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

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

- Zat – zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan karena 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.

- Zat yang menyebabkan kerak (*Scale forming*)

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

boiler dapat menyebabkan isolasi terhadap proses perpindahan panas terhambat dan kerak yang terbentuk dapat pecah sehingga dapat menimbulkan kebocoran.

- Zat yang menyebabkan *foaming*

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat – zat organik yang tidak terlarut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa yaitu kesulitan dalam pembacaan tinggi liquid dalam boiler dan juga buih ini dapat menyebabkan percikan yang kuat serta dapat mengakibatkan penempelan padatan yang menyebabkan terjadinya korosi apabila terjadi pemanasan lanjut. Untuk mengatasi hal – hal diatas maka diperlukan pengontrolan terhadap kandungan lumpur, kerak, dan alkanitas air umpan *boiler*.

• Air Proses

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

• Air Domestik (Sanitasi)

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

- Syarat fisika, meliputi :

Suhu : Dibawah suhu udara

Warna : Jernih

Rasa : Tidak berasa

Bau : Tidak berbau

- Syarat kimia, meliputi :

Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air seperti PO_4^{3-} , Hg, Cu, dan sebagainya, serta tidak mengandung bakteri terutama bakteri *pathogen* yang dapat merubah sifat fisis air.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Dalam perancangan pabrik biogas ini, kebutuhan air diambil dari air sungai yang terdekat dengan pabrik. Adapun tahap – tahap proses pengolahan air yang dilakukan meliputi :

a. Penghisapan

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

b. Penyaringan (*Screening*)

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

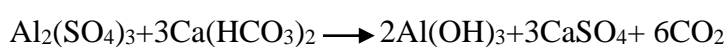
c. Penampungan (*Reservoir*)

Air yang telah disaring, kemudian dialirkan ke *reservoir* untuk mengendapkan lumpur dan kotoran air sungai yang lolos dari penyaringan awal (*screen*) dengan proses sedimentasi. Kotoran kasar yang terdapat dalam air akan mengalami pengendapan yang terjadi karena gravitasi. Kemudian dialirkan ke bak koagulasi yang dilengkapi dengan pengaduk.

d. Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi merupakan proses menggumpalkan koloid – koloid tersuspensi dalam cairan yang tidak mengendap di *reservoir* dengan cara menambahkan zat kimia atau bahan koagulan ke dalam air. Koagulan yang digunakan biasanya adalah tawas atau Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) yang merupakan garam yang berasal dari basa lemah dan asam kuat, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur kedalam air. Selain itu kapur juga berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Kemudian air diaduk dengan putaran tinggi. Setelah itu, air bersih akan keluar dari pinggir secara overflow, sedangkan sludge (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan di blowdown secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan.

Adapun reaksi yang terjadi dalam bak penggumpal adalah :



e. Bak Pengendap I dan II

Tujuan dari adanya bak pengendap 1 dan 2 ini adalah mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi). Endapan serta flok yang berasal dari proses koagulasi akan diendapkan pada bak pengendap 1 dan bak pengendap 2.

f. Proses Filtrasi

Pada tahap ini terjadi proses filtrasi dimana air yang keluar dari bak pengendap 2 masih terdapat kandungan padatan tersuspensi, sehingga harus di proses ke alat *sand filter* untuk difiltrasi. Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral – mineral yang terkandung di dalam air, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} , dan lain – lain dengan menggunakan resin.

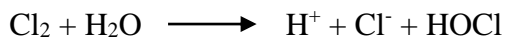
k. Bak Penampungan Air Bersih

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

l. Tangki Karbon Aktif (Klorinasi)

Air setelah melalui bak penampungan air bersih dialirkan ke tangki karbon aktif. Dalam tangki karbon aktif ini air ditambahkan dengan klor atau kaporit untuk membunuh kuman dan mikroorganisme seperti amuba, ganggang, dan lain - lain yang terkandung dalam air sehingga aman untuk dikonsumsi. Klor adalah zat kimia yang sering dipakai karena harganya murah dan masih mempunyai daya

desinfeksi sampai beberapa jam setelah pembubuhannya. Klorin dalam air membentuk asam hipoklorit, reaksinya adalah sebagai berikut:



Asam hipoklorid pecah sesuai reaksi berikut :



Kemudian air dialirkan ke tangki air bersih untuk keperluan domestik.

m. Demineralisasi

Air untuk umpan ketel (boiler) pada reaktor harus murni dan bebas dari garam – garam terlarut yang terdapat didalamnya, untuk itu perlu dilakukan proses demineralisasi. Alat demineralisasi terdiri atas penukar kation (*cation exchanger*) dan penukar anion (*anion exchanger*). Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral – mineral yang terkandung dalam air seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- dan lain – lain, dengan menggunakan resin. Air yang diperoleh adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan boiler.

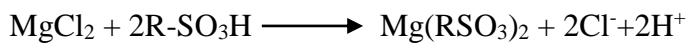
Proses *Cation Exchanger* dan *Anion Exchanger* berlangsung pada Resin *Mixed Bed*. Resin *Mixed – Bed* adalah kolom resin kation dan resin anion. Air yang mengandung kation dan anion bila dilewatkan ke Resin *Mixed-Bed* tersebut, kation akan terambil oleh resin kation dan anion akan terambil oleh resin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

- Cation Exchanger

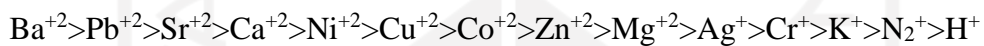
Cation Exchanger ini berisi resin penukar kation dengan formula RSO_3H , dimana pengganti kation – kation yang dikandung dalam air diganti dengan ion

H⁺ sehingga air yang akan keluar dari *Cation Exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H⁺.

Reaksi penukar kation :



Ion Mg²⁺ dapat menggantikan ion H⁺ yang ada dalam resin karena selektivitas Mg²⁺ lebih besar dari selektivitas H⁺. Urutan selektivitas kation adalah sebagai berikut:



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



- Anion Exchanger

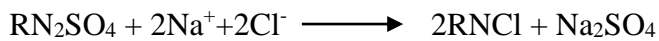
Air dari tangki *Cation Exchanger* kemudian diumpungkan ke tangki *Anion Exchanger*. *Anion Exchanger* berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang larut dalam air dengan resin yang bersifat basa, yang mempunyai formula RNOH, sehingga anion – anion seperti CO₃²⁻, Cl⁻, dan SO₄²⁻ akan membantu garam resin tersebut. Reaksi penukar anion :



Ion SO₄²⁻ dapat menggantikan ion OH⁻ yang ada dalam resin karena selektivitas SO₄²⁻ lebih besar dari selektivitas OH⁻. Urutan selektivitas anion adalah sebagai berikut :



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



- Dearator

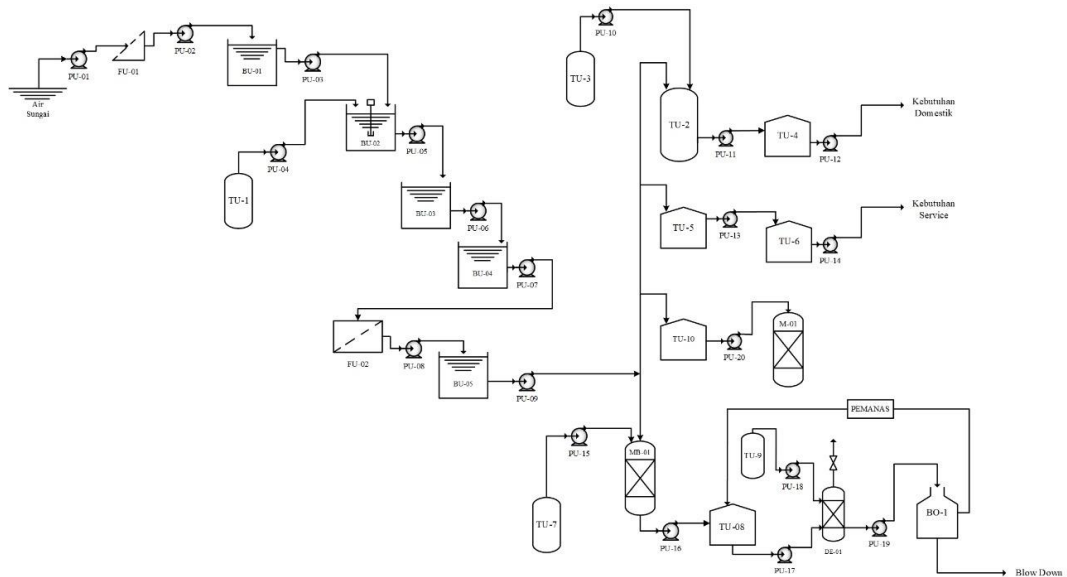
Air yang sudah mengalami demineralisasi biasanya masih ada kandungan gas – gas terlarut terutama O₂. Dearasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen (O₂), gas tersebut dihilangkan lebih dahulu karena dapat menimbulkan korosi. Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan kedalam deaerator dan diinjeksikan bahan kimia berupa *Hidrazin* (N₂H₄) atau *Oxygen Scavenger* berfungsi untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada *tube boiler*.

Reaksi :



Deaerator berfungsi untuk memanaskan air yang keluar dari alat penukar ion (*ion exchanger*) dan sisa kondensat sebelum dikirim sebagai umpan boiler, pada deaerator ini, air dipanaskan hingga 90°C supaya gas – gas yang terlarut dalam air, seperti O₂ dan CO₂ dapat dihilangkan. Karena gas – gas tersebut dapat menimbulkan suatu reaksi kimia yang menyebabkan terjadinya bitnik – bitnik yang semakin menebal dan menutupi permukaan pipa – pipa dan hal ini akan menyebabkan korosi pada pipa – pipa ketel. Dalam hal ini perlu adanya pemanasan yaitu pemanasan dilakukan dengan menggunakan koil pemanas dalam deaerator.

DIAGRAM ALIR UTILITAS



Gambar 5.1 Diagram alir proses pengolahan air

Keterangan :

1. PU : Pompa Utilitas
2. FU-01 : *Screening*
3. BU-01 : *Reservoir/Sedimentasi*
4. BU-02 : Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)
5. TU-01 : Tangki Alum
6. BU-03 : Bak Pengendap I
7. BU-04 : Bak Pengendap II
8. SF-01 : *Sand Filter*
9. BU-05 : Bak Penampung Sementara
10. TU-02 : Tangki Klorinasi

11. TU-03 : Tangki Kaporit
12. TU-04 : Tangki Air Bersih Kebutuhan Domestik
13. TU-05 : Tangki *Service Water*
14. TU-06 : Tangki Air Bertekanan
15. MB-01 : Tangki *Mixed-Bed*
16. TU-07 : Tangki NaCl
17. TU-08 : Tangki Air Demin
18. DE-01 : Deaerator
19. TU-09 : Tangki N₂H₄
20. BO-01 : Boiler
21. TU-10 : Tangki Air Proses

5.1.3 Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air Proses

Tabel 5.1 Kebutuhan Air Proses

Nama alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Mixer	M-01	23.566
Total		23.566

b. Kebutuhan Air Pemanas

Tabel 5.2 Kebutuhan Air Pemanas

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor	R-01	1.402.048
Total		1.402.048

c. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik terdiri dari kebutuhan air untuk tempat tinggal area mess dan kebutuhan air karyawan.

- Kebutuhan air karyawan

Menurut standar WHO, kebutuhan air untuk 1 orang adalah 100 – 120 liter/hari

Diambil kebutuhan air tiap orang = 100 liter/hari

= 4,2626 kg/jam

Jumlah karyawan = 110 orang

Kebutuhan air untuk semua karyawan= 468,88 Kg/jam

- Kebutuhan air untuk mess

Jumlah mess = 15 rumah

Penghuni mess = 40 orang

Kebutuhan air untuk mess = 5000 kg/jam

Total kebutuhan air domestik = (468,88+5000) Kg/jam

=5468,88 kg/jam

- Kebutuhan *service water*

Perkiraan kebutuhan air untuk pemakaian layanan umum seperti bengkel, laboratorium, masjid, kantin, pemadam kebakaran dll sebesar 500 kg/jam.

- Total Kebutuhan Air Unit Utilitas

Tabel 5.3 Total kebutuhan air unit utilitas

No.	Keperluan	Jumlah(kg/jam)
1.	<i>Domestic Water</i>	5.468,88
2.	<i>Service Water</i>	500
3.	Air Proses	23.566,35
4.	Air Pemanas	1.402.048,98
	Total	1.431.584,21

5.2 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Kebutuhan listrik pada pabrik biogas ini diperoleh melalui 2 sumber yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator diesel. Generator diesel berfungsi sebagai tenaga cadangan ketika PLN terjadi gangguan, selain sebagai tenaga cadangan diesel juga dimanfaatkan untuk menggerakkan power – power yang dinilai penting antara lain *boiler*, kompresor, pompa. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. Keuntungan tenaga listrik dari PLN adalah biayanya murah, sedangkan kerugiannya adalah kesinambungan penyediaan listrik kurang terjamin dan tenaganya tidak terlalu tetap. Sebaliknya jika disediakan sendiri (Genset), kesinambungan akan tetap dijaga, tetapi biaya bahan bakar dan perawatannya harus diperhatikan. Berikut adalah spesifikasi generator diesel yang digunakan.

Kapasitas : 3.277 kW

Jenis : Generator Diesel

Jumlah : 1 buah

Prinsip kerja dari diesel ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas, Panas yang dihasilkan dikonversi menjadi daya untuk memutar poros engkol dan dihubungkan dengan generator 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%.

5.3 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 24 m³/jam.

5.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar digunakan untuk keperluan pembakaran pada boiler, diesel untuk generator pembangkit listrik. Bahan bakar boiler menggunakan fuel oil yang disuplai dari PT. PERTAMINA (Persero) dengan total langsung sebanyak 174.628 liter/jam.

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

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

- a. *Return On Investment* (ROI)
- b. *Pay Out Time* (POT)
- c. *Discounted Cash Flow* (Rate DFCR)
- d. *Break Even Point* (BEP)
- e. *Shut Down Point* (SDP)

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 Expense*)
3. Penentuan Modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

- a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya Variabel (*Variabel Cost*)
- c. Biaya Mengambang (*Regulated Cost*)

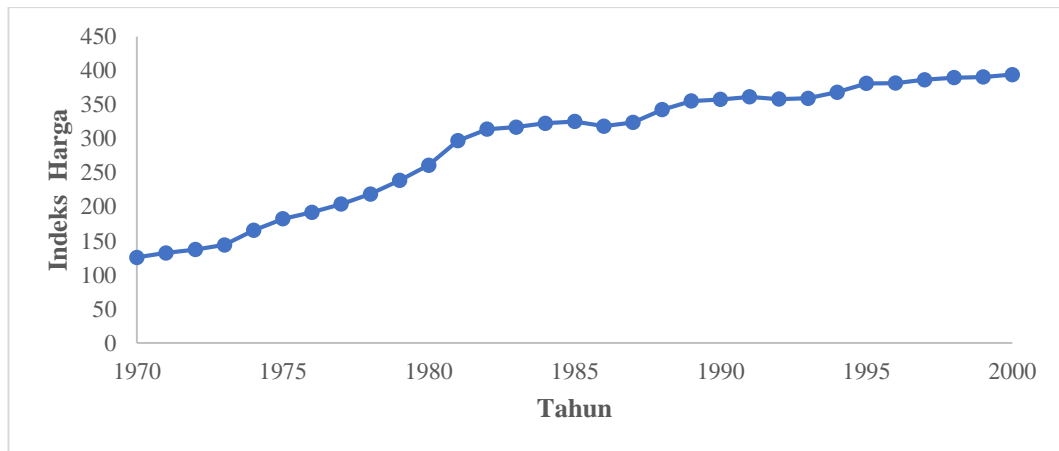
6.1 Harga Peralatan

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut. Harga indeks tahun 2026 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1970 sampai 2000, dicari dengan persamaan regresi linear.

Tabel 6.1 *Chemical engineering plant cost index (CEPCI)*

No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1970	125,7
2	1971	132,3
3	1972	137,2
4	1973	144,1
5	1974	165,4
6	1975	182,4
7	1976	192,1
8	1977	204,1
9	1978	218,8
10	1979	238,7
11	1980	261,2
12	1981	297,0
13	1982	314,0
14	1983	317,0
15	1984	322,7
16	1985	325,3
17	1986	318,4
18	1987	323,8
19	1988	342,5
20	1989	355,4
21	1990	357,6
22	1991	361,3
23	1992	358,2
24	1993	359,2
25	1994	368,1
26	1995	381,1
27	1996	381,7
28	1997	386,5
29	1998	389,5
30	1999	390,6
31	2000	394,1

Sumber : www.chemengonline.com



Gambar 6.1 Grafik Tahun vs Indeks Harga

Berdasarkan data tersebut, maka persamaan regresi linear yang diperoleh adalah $y = 9,4935x - 18553$. Pabrik biogas dengan kapasitas bahan baku 14.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2026, maka dari persamaan regresi linear diperoleh indeks sebesar 680,831.

Harga – harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi (Klaus D. Timmerhaus & Max S.Peters,1991). Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan :

$$E_x = E_y \cdot \frac{N_x}{N_y}$$

(Aries dan Newton,1955)

Dalam hubungan ini:

E_x : Harga pembelian pada tahun 2022

E_y : Harga pembelian pada tahun referensi 2014

N_x : Index harga pada tahun 2014

N_y : Index harga pada tahun referensi 2022

6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produk biogas	= 14.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Umur pabrik	= 10 tahun
Pabrik didirikan pada tahun	= 2026
Kurs mata uang tahun 2020	= 1 US\$ = Rp 14.903

6.3 Perhitungan Biaya

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.

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.

3. *General Expense*

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

6.4 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 :

1. *Percent Return On Investment (ROI)*

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

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

Keuntungan di hitung berdasarkan penjualan tahunan atau annual sales (S_a) dan total manufacturing cost. Finance akan dihitung sebagai komponen yang berisi pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. Finance akan berkontribusi terhadap cash flow dari pabrik. Pabrik dengan resiko yang cenderung rendah mempunyai minimum ROI before tax sebesar 11% sedangkan pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai minimum ROI before tax sebesar 44%.

2. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time (POT) adalah:

- a. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.
- b. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- c. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.
- d. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai POT maksimal 2 tahun.

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

3. *Break Even Point (BEP)*

Break Even Point (BEP) adalah:

- a. Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
- b. 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.

c. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi di bawah BEP dan akan untung jika beroperasi di atas BEP.

d. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar 40% - 60%

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

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. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point (SDP) adalah:

- 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).
- 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.

- c. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.
- d. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

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

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 :

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

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

6.5 Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik Biogas ini memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah layak atau tidaknya pabrik ini didirikan. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 6.2 sampai dengan Tabel 6.13

Tabel 6. 1 *Physical Plant Cost (PPC)*

No	Type of Capital Investement	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	<i>Purchased Equipment Cost (PEC)</i>	\$ 11.871.080	Rp. 176.914.714.412
2	<i>Delivered Equipment Cost (DEC)</i>	\$ 2.967.770	Rp. 44.987.505.737
3	<i>Instalation Cost</i>	\$ 1.969.265,47	Rp. 29.347.963.238
4	<i>Piping Cost</i>	\$ 2.793.661,65	Rp. 41.633.939.528
5	<i>Instrumentation Cost</i>	\$ 2.959.255,14	Rp. 44.101.779.391
6	<i>Insulation Cost</i>	\$ 458.966,58	Rp. 10.646.757.000
7	<i>Electrical Cost</i>	\$ 1.770.952,39	Rp. 26.392.503.44
8	<i>Building Cost</i>	\$ 1.366.456,42	Rp. 19.295.000.000

9	<i>Land & Yard Improvement</i>	\$ 2.396.275,92	Rp. 35.711.000.000
	<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	\$ 27.882.453	Rp. 415.532.192.060

Tabel 6. 2 Direct Plant Cost (DPC)

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	<i>Engineering and construction</i>	\$ 5.576.490	Rp. 83.106.438.411
2	<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	\$ 27.882.453	Rp. 415.532.192.060
	<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	\$ 33.458.943	Rp. 498.638.630.472

Tabel 6. 3 Fixed Capital Investment (FCI)

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	\$ 33.458.943	Rp. 498.638.630.472
2	<i>Contractor's fee</i>	\$ 1.338.357	Rp. 19.945.545.218
3	<i>Contingency</i>	\$ 3.345.894	Rp.49.863.863.047
	<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	\$ 38.143.195	Rp. 568.448.038.737

Tabel 6. 4 Working Capital Investement (WCI)

No	Type of Expense	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	\$ 224.110	Rp. 3.339.917.744
2	<i>Inproses Inventory</i>	\$ 609.501	Rp. 9.083.397.028
3	<i>Product Inventory</i>	\$ 1.219.002	Rp. 18.116.794.056
4	<i>Extended Credit</i>	\$ 2.163.636	Rp. 32.244.672.727
5	<i>Available Cash</i>	\$ 1.219.002	Rp. 18.166.794.056
6	<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	\$ 5.435.253	Rp. 81.001.575.613
	<i>Fixed Capital Investement (FCI + Working Capital Investment (WCI)</i>	\$ 43.578.448	Rp. 649.449.610.544

Tabel 6. 5 Direct Manufacturing Cost (DMC)

No	Type of Expense	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	<i>Raw Material</i>		Rp. 36.739.095.189
2	<i>Labor</i>		Rp. 4.800.000.000
3	<i>Supervision</i>		Rp. 1.072.200.000
4	<i>Maintenance</i>		Rp. 11.368.960.775
5	<i>Plant Supplies</i>		Rp. 1.705.344.116
6	<i>Royalty and Patents</i>		Rp. 3.546.914.000
7	<i>Utilities</i>		Rp. 56.669.806.669
	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		Rp. 121.824.320.749

Tabel 6. 6 Indirect Manufacturing Cost (IMC).

No	Type of Expense	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	Payroll Overhead		Rp. 1.608.300.000
2	Laboratory		Rp. 1.072.200.000
3	Plant Overhead		Rp. 750.540.000
4	Packaging & Shipping		Rp. 17.734.570.000
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>			Rp. 21.165.610.000

Tabel 6. 7 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	Type of Expense	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	Depreciation	\$ 3.051.455	Rp. 45.475.843.099
2	Property taxes	\$ 381.431	Rp. 5.684.480.387
3	Insurance	\$ 381.431	Rp. 5.684.480.387
4	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	\$ 1.420.225	Rp. 21.165.610.000
<i>Total Manufacturing Cost (MC) DMC + IMC</i>			Rp. 199.834.734.623
<i>+ FMC</i>			

Tabel 6. 8 General Expense (GE)

No	Type of Expense	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	Administration		Rp. 5.995.042.038
2	Sales expense		Rp. 29.976.862.847
3	Research		Rp. 6.994.215.711
4	Finance		Rp. 12.988.992.287
	General Expense (GE)		Rp. 53.955.112.885
	Manufacturing Cost		
	(MC) + General Expense (GE)	\$ 17.029.446	Rp. 253.789.847.508

Tabel 6. 9 Analisa Kelayakan

No	Type of Expense	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	Total Penjualan		Rp. 354.619.400.000
2	Total Production Cost		Rp. 253.789.847.508
	Total Keuntungan		Rp. 100.901.552.492
	Keuntungan setelah dikurangi dengan Pajak 20%		Rp. 80.721.241.994

6.6 Hasil Analisa Kelayakan

Penjualan :

a. Penjualan :

Produksi = 14.000.000 Kg/Tahun

Harga Jual = Rp 19.000/Kg

(CBG Biogas Plants)

Total Penjualan = Rp 354.691.400.000

Total *Production Cost* = Rp 253.789.847.508

Keuntungan sebelum pajak = Total Penjualan – Total *Production Cost*

Pajak = 20%

Biaya pajak = Rp 20.180.310.498

Keuntungan setelah pajak = Rp 80.721.241.994

Pajak ditentukan sebesar 20% dari peraturan pemerintah tentang pajak pendapatan.

<http://perpajakan.ddtc.co.id/peraturan-pajak>

A. Return on Investment (ROI)

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

ROI sebelum pajak = 17,75 %

ROI sesudah pajak = 14,20 %

B. *Pay Out Time (POT)*

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

POT sebelum pajak = 3,9 tahun

POT sesudah pajak = 4,5 tahun

C. *Break Event Point (BEP)*

Tabel 6. 10 Annual Fixed Cost (Fa)

No	Type of Expense	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	Depreciation	\$ 3.051.456	Rp 45.475.843.099
2	Property taxes	\$ 381.432	Rp 5.684.480.387
3	Insurance	\$ 381.432	Rp 5.684.480.387
	Fixed Cost (Fa)	\$ 3.814.320	Rp 56.844.803.874

Tabel 6. 11 Regulated Cost (Ra)

No	Type of Expense	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	Gaji Karyawan	\$ 719.452	Rp 10.722.000.000
2	Payroll Overhead	\$ 107.918	Rp 1.608.300.000
3	Plant Overhead	\$ 50.362	Rp 750.540.000
4	Supervision	\$ 71.945	Rp 1.072.200.000
5	Laboratorium	\$ 71.945	Rp 1.072.200.000
6	General Expenses	\$ 3.620.420	Rp 53.955.112.885
7	Maintenance	\$ 762.864	Rp 11.368.960.775
8	Plant Supplies	\$ 114.430	Rp 1.705.344.116
	Regulated Cost (Ra)	\$ 5.519.336	Rp 82.254.657.776

Tabel 6. 12 Variabel Cost (Va)

No	Type of Expense	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	Raw Material		Rp 36.739.095.189
2	Packaging & Shipping		Rp 17.734.570.000
3	Utilities		Rp 56.669.806.669
4	Royalty & Paten		Rp 3.546.914.000
Variabel Cost (Va)			Rp. 114.690.385.858

Dari tabel diatas dapat disimpulkan :

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

$$BEP = 44,69 \%$$

A. Shut Down Point (SDP)

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

$$SDP = 13,53 \%$$

B. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Umur pabrik = 10 tahun

FCI = Rp 568.448.038.738

Working Capital = Rp 81.001.575.613

Salvage Value (SV) = Rp 45.475.843.099

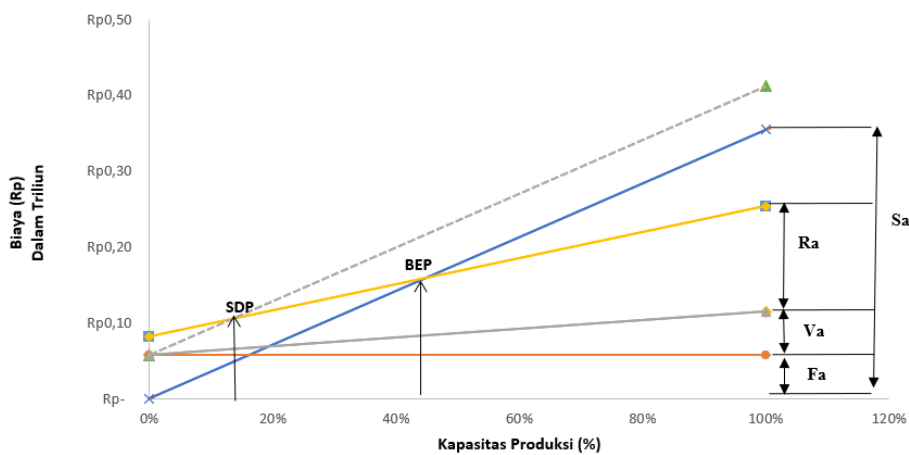
$$\begin{aligned} \text{Cash Flow (CF)} &= \text{Annual Profit} + \text{Depresiasi} + \text{Finance} \\ &= \text{Rp } 93.713.285.736 \end{aligned}$$

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

$$R = S$$

Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i = 12\%$

Hasil kalkulasi kelayakan ekonomi pendirian Pabrik Biogas dari Limbah Makanan dapat di pahami melalui grafik *Break Event Point* berikut :



Gambar 6. 1 Grafik Analisa Ekonomi

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

1. Prospek biogas sangat menjanjikan karena melimpahnya bahan baku dan menggunakan teknologi ramah lingkungan
2. Pabrik ini menghasilkan produk utama berupa biogas dengan produk samping pupuk organik
3. Lokasi pabrik dipilih di Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, disebabkan dekat dengan sumber bahan baku serta kebutuhan air.
4. Parameter kelayakan dengan kapasitas produksi 14.000 ton/tahun adalah total penjualan produk sebesar Rp. 354.691.400.000 dan keuntungan bersih sebesar Rp. 100.901.552.492. *Break Even Point* (BEP) 44,70 %, *Shut Down Point* (SDP) 11,51 %, Return on Investment (ROI) sesudah pajak 14,20 %, Pay out time (POT) sesudah pajak 4,5 tahun.
5. Pabrik biogas dari limbah makanan merupakan pabrik resiko rendah karena bahan baku biogas yang digunakan merupakan bahan yang tidak mudah terbakar, dan suhu tertinggi yang digunakan hanya 35°C.

7.2 Saran

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

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

DAFTAR PUSTAKA

- Achinas, S., Li, Y., Achinas, V., & Euverink, G. J. W. (2019). *Biogas potential from the anaerobic digestion of potato peels : process performance and kinetics evaluation*. *Energies*, 12(2311), 1–16.
- Aries, R.s., and Newton, R.D., (1995). *Chemical_Engineering_Cost_Estimation*. Mc Graw Hill Book co., New York
- B.K. Adhikari, S.F. Barrington, J. Martinez, Urban FW generation: *challenges and opportunities*, *Int. J. Environ. Waste Manage.* 3 (2009) 4–21.
- Brownell, L.E and Young,E.H, (1983). *Process Equipment Design*, John Wiley and Sons, Inc, New York
- Cao, Y., PAWLOWSKI, 2012. *Sewage sludge-to-energy approaches based on anaerobic digestion and pyrolysis : brief overview and energy efficiency assessment*. *Renew. Sustain. Energy Rev.*16 (3), 1657e1665. Renewable, A.J., Reviews, S.E.
- Chulalaksananukul S, Sinbuathong N, dan Chulalaksananukul W. 2012. *Bioconversion of pineapple solid waste under anaerobic condition through biogas production*. *KKU Res. J.* 17(5) :734-742.
- Dieter, D., and Angelika, S. 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resources*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
- Hedlund, F. H., and Madsen, M., *Incomplete understanding of biogas chemical hazards — Serious gas poisoning accident while unloading food waste at*

- biogas plant*. J. Chem. Health Safety (2018),
<https://doi.org/10.1016/j.jchas.2018.05.004>
- Hermawan, B., Lailatul, Q., & Candrarini, P. 2007. Pemanfaatan Sampah Organik sebagai Sumber Biogas Untuk Mengatasi Krisis Energi Dalam Negeri. Karya Tulis Ilmiah Mahasiswa. Universitas Lampung. Bandar Lampung
- Hoa, H.N. 2014. *Modelling of Food Waste Digestion Using ADM1 Integrated with Aspen Plus*. Thesis for The Degree of Doctor of Philosophy. University of Southampton Faculty of Engineering and The Environment
- J.C. Tjell, Editorial: *is the 'waste hierarchy sustainable?'*, *Waste Manage Res.* 23 (2005) 173–174.
- J.I. Chang, J.J. Tsai, K.H. Wu, *Thermophilic composting of FW*, *Bioresour. Technol.* 97 (2006) 116–122.
- K. Paritosh, S.K. Kushwaha, M. Yadav, N. Pareek, A. Chawade, V. Vivekanand, *FW to energy: an overview of sustainable approaches for FW management and nutrient recycling*, *BioMed Res. Int.* (2017).
- Liao, J.C., Luo, M., Pontrelli, S., Luo, S., 2016. Fuelling the future: microbial engineering for the production of sustainable biofuels. *Nat. Rev. Microbiol.* 14 (5), 288e304. J.N.R.M.
- M. Melikoglu, C.S.K. Lin, C. Webb, *Analysing global FW problem: pinpointing the facts and estimating the energy content*, *Central Eur. J. Eng.* 3 (2) (2013) 157–164.
- Okpokwasili, G.C., Nweke, C.O. 2005. *Microbial growth and substrate utilization kinetics*. *African Journal of Biotechnology.* 5 (4): 305-317.

- Ometto, F., Karlsson, A., Ejlertsson, J., Björn, A. V., & Shakeri, S. Y. (2019). *Anaerobic digestion: an engineered biological process. In Substitute Natural Gas from Waste* (pp. 63–74). Elsevier.
- Rajendran, K., Kankanala, H.R., Lundin, M., Taherzadeh, M.J., A Novel Process Simulation Model (PSM) for Anaerobic Digestion Using Aspen Plus, *Bioresource Technology* (2014), doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.05>
- R. Oliver, *Greenhouse Gases All about Fw*, In CNN <http://www.cnn.com/2007/WORLD/asiapcf/>, 2007.
- Siti, N. C. 2010. Pembuatan Biogas dari Limbah Makanan dengan Variasi dan Suhu Substrat dalam Biodigester Anaerob. Skripsi Mahasiswa. Universitas Negeri Sebelas Maret. Surakarta.
- The CSR Journal, “*Food Wastage In India, And What You Can Do About It*” <https://thecsrjournal.in/food-wastage-in-india-a-serious-concern/> (2018)
- Wieser, M., Holden, N., Coplen, T., Böhlke, J., Berglund, M., Brand, W., et al. (2013) *Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report)*. *Pure & Applied Chemistry*, 85.
- Wijayanti, E dan Andrianto, G. 2008. Pembuatan Biogas dari Limbah Cair Industri Tahu dan Limbah Kotoran Sapi. [Tugas Akhir]. Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Winrock, I. 2015. Buku Panduan Konversi POME Menjadi Biogas Pengembangan Proyek di Indonesia. USAID From The American People

Zhang, C.; Su, H.; Baeyens, J.; Tan, T. *Reviewing the Anaerobic Digestion of Food Waste for Biogas Production*. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2014, 38, 383–392.





LAMPIRAN A

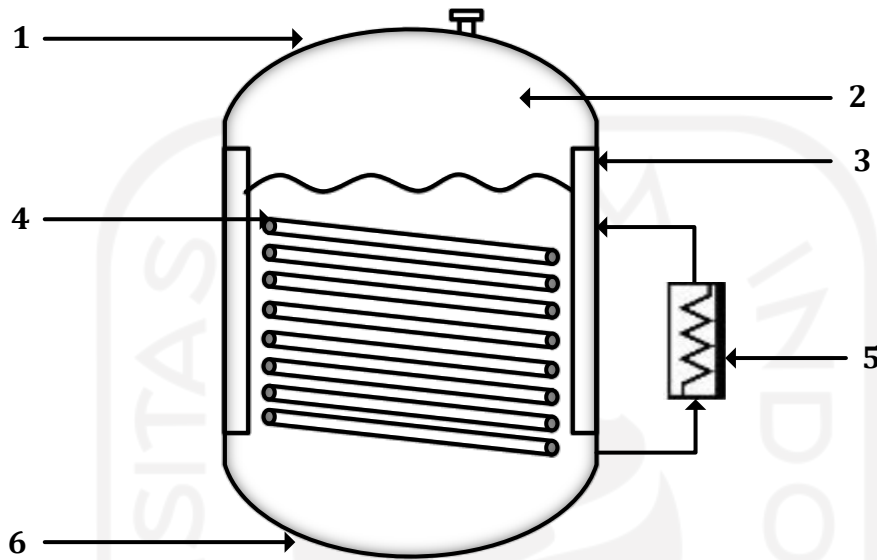
LAMPIRAN A

PERHITUNGAN REAKTOR

REAKTOR

Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Tipe	: <i>Continuous Stirred Tank Reactor</i>
Fungsi	: Tempat berlangsungnya reaksi pembentukan biogas dari proses fermentasi
Keadaan Operasi	: Suhu = 35°C
	Tekanan = 1 atm
	Waktu Tinggal (τ) = 40 hari
	Reaksi = endotermis
Tujuan	: 1. Menentukan volume reaktor 2. Menentukan diameter dan tinggi reaktor 3. Merancang <i>Head</i> 4. Merancang pengaduk 5. Merancang koil pemanas

Gambar Reaktor :



Keterangan gambar :

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

Langkah – Langkah dalam perancangan reaktor adalah :

A. Menghitung Neraca Massa di sekitar Reaktor

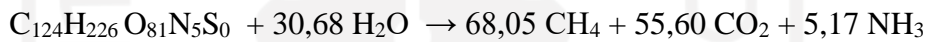
Kondisi :

Suhu (T) = 35 °C

pH = 7

HRT = 40 hari

Reaksi dalam reaktor :



Laju alir massa input = 3704 kg/jam

Komponen	Limbah Makanan
	Nilai Persentase (%b)
VS	26,35
ABU	4,54
AIR	69,11
Total	100 %

(Zhang dkk,2007)

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

Dimana,

Berat basah = TS + Air

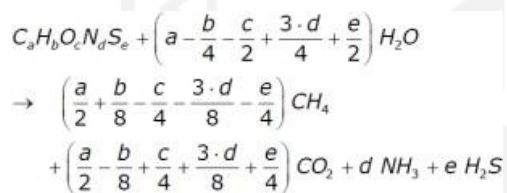
Jika, Berat Kering (TS) = VS + Abu

Jadi, Berat Basah = (VS + Abu) + air

Dari perhitungan yang diperoleh didapatkan hasil pada tabel dibawah ini

Komponen	Limbah Makanan
	Massa (Kg/jam)
VS	810,08
ABU	139,57
AIR	2124,64
Total	3074

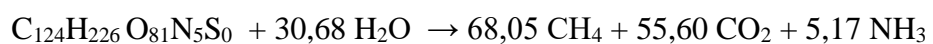
Dengan menggunakan model Boyle dari modifikasi Buswell and Mueller akan diperoleh rumus kimia dari limbah makanan.



Diperlukan data persentase kandungan karbohidrat, protein, dan lemak yang kemudian diperlukan untuk kandungan senyawa C, H, O, N, dan S dari masing – masing bahan. Kemudian diperoleh nilai kmol. Nilai berat mol dapat digunakan sebagai perhitungan menggunakan rumus *Buswell and Mueller*.

Komponen	Jumlah	Kmol
C	1485,29	123,655
H	228,20	226,365
O	1288,29	80,519
N	72,52	5,177
S	0	0

Didapat reaksi sebagai berikut:



Dari hasil perhitungan koefisien (kmol) maka akan diperoleh nilai persen dari masing – masing senyawa gas yang terbentuk. Hasil dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Komponen Biogas	Kmol	massa (kg)	Degradasi (%)	Massa (kg)	Kadar (v/v)
CH ₄	68,05	1.088,83	0,50	544,41	55%
CO ₂	55,60	2.446,53	0,50	1.223,26	45%
H ₂ S	0,00	0,00	0,50	0,00	0%
Total Produksi Biogas				1.767,68	100%

Didapatkan nilai degradasi 50 % yang berarti bahwa tidak semua limbah padat dapat terurai menjadi biogas dan persen degradasi harus di *trial* terlebih dulu sehingga menghasilkan nilai jumlah produksi yg sesuai. Untuk mendapatkan hasil biogas maka nilai persen degradasi harus dikalikan dengan nilai VS. VS (*Volatile Solid*) merupakan materi organik atau padatan organik yang menguap. Analisa VS ini perlu dilakukan untuk mengetahui banyaknya materi organik dalam limbah. Materi organik inilah yang akan dikonversikan menjadi biogas oleh bakteri. Sehingga didalam VS (*Volatile Solid*) tidak hanya terdapat materi organik tetapi bakteri, dan dihasilkan nilai sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{VS} &= \text{massa VS} \times \text{persentase degradasi} \\
 &= 810,08 \times 50\% \\
 &= 405,04 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bakteri (Mikroba)} &= \text{VS} \times (\text{mengasumsikan bakteri yg terbentuk selama fermentasi}) \\
 &= 405,04 \text{ kg/jam} \times 0,1 \\
 &= 40,50 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produk Gas} &= \text{VS} - \text{Bakteri} \\
 &= 405,04 \text{ kg/jam} - 40,50 \text{ kg/jam} \\
 &= 364,53 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Maka, keluaran reaktor yang dihasilkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Gas CH}_4 &= \text{persen CH}_4 \text{ yang terbentuk} \times \text{Produk gas} \\
 &= 55 \% \times 364,53 \text{ kg/jam} \\
 &= 200,62 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gas CO}_2 &= \text{persen CO}_2 \times \text{produk biogas} \\
 &= 45 \% \times 364,53 \text{ kg/jam} \\
 &= 163,92 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Untuk Gas H₂O yang terbentuk sebagai berikut :

Kondisi Operasi Dimana :

$$T = 35^\circ\text{C}$$

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

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

Maka, mol gas H₂O yang terbentuk menjadi biogas sebagai berikut :

$$= (y_{\text{H}_2\text{O}} / 1 - y_{\text{H}_2\text{O}}) \times (m_{\text{CH}_4} + m_{\text{CO}_2})$$

$$= 0,2 \text{ kmol/jam} = 3,7 \text{ kg/jam}$$

Komponen	kg/jam	BM	IN (kmol)
CH ₄	200,62	16	12,539
CO ₂	163,92	44	3,725
H ₂ O	3,70	18	0,206
Total			16,469

$$\text{Jumlah VS hasil keluaran bawah reaktor} = \text{VS (in)} - \text{Produk Gas} - \text{massa NH}_3$$

$$= 810,08 - 364,53 - 44,01$$

NH₃ dianggap mudah bereaksi dengan air sehingga menjadi hasil bawah reaktor.

Senyawa NH₃ memiliki sifat yang mudah bereaksi dengan air.

Didapat neraca massa reaktor sebagai berikut :

KOMPONEN	IN (kg/jam)	OUT (kg/jam)	
	6	7	8
VS	810,08	-	401,54
H ₂ O (Cair)	21.763,27	-	21.759,57
ABU	139,57	-	139,57
CaO	1,00	-	1,00
CH ₄	-	200,62	-
CO ₂	-	163,92	-
H ₂ O (Gas)	-	3,70	-
NH ₃	-	-	44,01
TOTAL	22.713,92	368,23	22.345,69
SUBTOTAL	22.713,92	22.713,92	

B. Menghitung Neraca Panas di Sekitar Reaktor

Data suhu :

T_{input} : 30 °C = 303 K

T_{output} : 35 °C = 308 K

T_{red} : 25° C = 298 K

Data kapasitas panas komponen padat dapat didapatkan dengan menggunakan metode Hurst dan Harrison, dimana nilai kontribusi unsur atom adalah :

Tabel kontribusi unsur atom, Perry

Unsur Atom	ΔEi
C	10,89
H	7,56
O	13,42
S	12,36
N	18,74

Rumus metode Hurst dan Harison :

$$C_{ps} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot \Delta E_i$$

Dimana :

C_{ps} = 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

ΔE_i = Nilai dari distribusi atom I pada tabel

Data kapasitas panas untuk komponen cairan :

$$C_p = A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3$$

$$\int C_p dT = A(T - T_{ref}) + \frac{B}{2}(T^2 - T_{ref}^2) + \frac{C}{3}(T^3 - T_{ref}^3) + \frac{D}{4}(T^4 - T_{ref}^4)$$

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

Data kapasitas panas untuk fase gas :

$$C_p = A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3 + E \cdot T^4$$

$$\int C_p dT = A(T - T_{ref}) + \frac{B}{2}(T^2 - T_{ref}^2) + \frac{C}{3}(T^3 - T_{ref}^3) + \frac{D}{4}(T^4 - T_{ref}^4) + \frac{E}{5}(T^5 - T_{ref}^5)$$

Komponen	A	B	C	D	E
CH ₄	34,942	-3,9957E-02	1,9184E-04	-1,5303E-07	3,9321E-11
CO ₂	27,437	4,2315E-02	-1,9555E-05	3,9968E-09	-2,9872E-13

H ₂ O(gas)	33,933	-8,4186E-03	2,9906E-05	-1,7825E-08	3,6934E-12
-----------------------	--------	-------------	------------	-------------	------------

1. Menghitung Q pemanas

Neraca Panas Masuk

Komponen	massa, kg/jam	n, kmol/jam	$\int Cp.dT$ (kJ/Kmol)	ΔH (kJ/jam)
C ₁₂₄ H ₂₂₆ O ₈₁ N ₅ S ₀	3.074,29	1	21,19	21,19
CaO	1,00	0,02	6.272,05	111,85
H ₂ O	19.638,63	1.091,03	377,50	411.868,70
Total	22.713,92	1.092,05	6.670,75	412.001,75

Neraca Panas Keluaran Atas

Komponen	massa, kg/jam	n, kmol/jam	BM, kg/kmol	$\int Cp.dT$ (kJ/kmol)	ΔH (kJ/jam)
CH ₄	200,62	12,53	16	365,05	4.577,21
CO ₂	163,92	3,72	44	385,73	1.437,01
H ₂ O	3,70	0,20	18	336,60	69,18
Total					6.083,40

Neraca Panas Keluaran Bawah

Komponen	massa, kg/jam	n, Kmol/jam	BM, kg/kmol	$\int Cp.dT$ (kJ/kmol)	ΔH (kJ/jam)
C ₁₂₄ H ₂₂₆ O ₈₁ N ₅ S ₀	3.206	1,04	3074	42,39	44,22
H ₂ O(cair)	19.638	1091,0	18	754,49	823.176,55
CaO	1,00	0,02	56,077	12544,11	223,71
NH ₃	44,01	2,58	17	813,19	2.105,04
Total	22.890				825.549

$$\Delta H_{in} \text{ total} = 412.001 \text{ kJ/jam}$$

$$\Delta H_{out} \text{ total} = 831.632 \text{ kJ/jam}$$

Panas Reaksi ΔH_R 298 K (Referensi ΔH_f dari buku yaws)

Komponen	ΔH_f (kJ/mol)	massa (kg/jam)	n (mol/jam)	n. ΔH_f (kJ/jam)
$C_{124}H_{226}O_8N_5S_0$	-1.013	1.767,67	574,98	-582.271,24
H_2O	-241,8	196.386,27	10.910.348	-263.812.223
CH_4	-74,85	200,61	12.538,55	-938.510,80
CO_2	-393,51	163,91	3.725,39	-1.465.982
NH_3	-45,9	44,006	2.588,59	-118.816,73

$$\Delta H_R = \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ Reaktan}$$

$$\Delta H_f \text{ standar (298 K)} = 2.636.181.198 \text{ kJ/jam}$$

$$\Delta H \text{ reaksi (308 K)} = 2.636.600.829 \text{ kJ/jam (sifatnya endotermis)}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Q \text{ pemanas} &= \Delta H_{out} - (\Delta H_R + \Delta H_{in}) \\ &= 831.632 \text{ kJ/jam} - (2.636.181.198 \text{ kJ/jam} + 412.001 \\ &\quad \text{kJ/jam}) \\ &= 2.637.432.462 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

2. Menghitung Media Pemanas dalam Reaktor

Suhu fluida panas masuk Reaktor	100	°C	373	K
Suhu fluida panas keluar Reaktor	50	°C	323	K
Suhu fluida dingin masuk	30	°C	303	K
Suhu fluida dingin keluar	35	°C	308	K

Smith 2001, Appendix F, Steam Tabela hal 668

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

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

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

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

Jumlah air pemanas yang dibutuhkan :

$$m = \frac{Q}{\Delta H}$$

$$m = 1.168.374 \text{ kg/jam}$$

Masuk	kJ/jam	Keluar	kJ/jam
ΔH_{in}	4,1200176E+05	ΔH_{out}	8,316329E+05
Qpemanas	2,6370205E+09	Panas Reaksi	2,636601E+09
Total	2,637432E+09	Total	2,637432E+09

C. Menentukan Volume Reaktor

$$\text{Laju Alir massa (F)} = 22.713 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Laju Alir Volumetrik (Q)} = 24,69 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Densitas Campuran} = 919,92 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Waktu tinggal (HRT)} = 40 \text{ hari} = 960 \text{ jam}$$

$$\text{Volume Reaktor} = Q \times \text{HRT}$$

$$= 24,69 \text{ m}^3/\text{jam} \times 960 \text{ jam}$$

$$= 23.703 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Reaktor Over design} = 1,2 \times 23.703 \text{ m}^3$$

$$= 28.444 \text{ m}^3$$

D. Menentukan Diameter dan Tinggi Reaktor

Jenis Tangki : Silinder Vertikal

Head : *Thorispherical dished head*

Bahan : *Stainless Steel SA 167 grade 11 tipe 316*

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

Maka didapatkan,

$$D = 33 \text{ m}$$

Perancangan ini memilih $H = D$

$$H = 33 \text{ m}$$

E. Menentukan Tebal Shell

Direncanakan menggunakan bahan konstruksi *Stainless- Steel SA-167 tipe 311* (Brownell & Young hal 342)

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

$$ts = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6P)} + C$$

$$r = \frac{1}{2} \text{ Diameter Tangki} = 651,39 \text{ in}$$

$$E = \text{efisiensi sambungan} = 80\%$$

$$C = \text{Faktor Korosi} = 0,1250$$

$$f = \text{Tegangan yang diijinkan} = 18750 \text{ psia}$$

$$P = \text{Tekanan desain} = 122,45 \text{ psia}$$

Sehingga, tebal shell adalah =

$$t_s = 2,9 \text{ in}$$

diambil tebal shell standar = 3 in

F. Menentukan Tebal Head

$$t_h = \frac{0.885 P r c}{f E - 0.1 P} + C \quad \text{Eq. 13.2p.258 (Brownell and Young, 1959)}$$

keterangan :

P = Tekanan Perancangan, Psi

F = Tekanan maksimum yang diijinkan pada bahan, psi

E = Welded joint efficiency

D = Diameter, in

th = tebal head, in

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

P = 122, 45 psi

D = 1303 in

r = 651,4 in

E = 80%

f = 18750 psi

c = 0,125 in

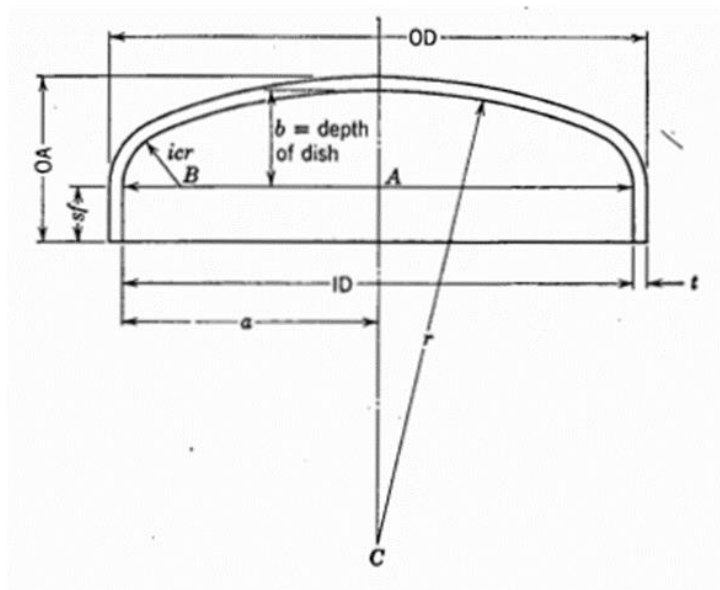
$t_h = 2,8 \text{ in}$

Diambil t_h standar yaitu = 3 in

G. Head Design

1. Menentukan jenis Head

Head yang digunakan adalah jenis *Thorispherical 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. Menentukan Tinggi Head

Untuk $t_h = 3$ in pada tabel Brownell & young diperoleh sf 1,5 – 4,5

Diambil sf = 2,5 in

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

= 78,52 in

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID} + 2t_s \\ &= 1308,79 \text{ in} \end{aligned}$$

$$r = 1308,79 \text{ in}$$

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

$$E = 80\%$$

$$\text{ID} = \text{OD} - 2t_s = 1.302 \text{ in}$$

$$a = \frac{\text{ID}}{2} = 651,39 \text{ in}$$

$$\text{AB} = a - icr = 572,86 \text{ in}$$

$$\text{BC} = r - icr = 1.230 \text{ in}$$

$$\text{AC} = \sqrt{\text{BC}^2 - \text{AB}^2} = 1.088 \text{ in}$$

$$b = r - \text{AC} = 220 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Head (OA)} &= th + b + sf \\ &= 225,54 \text{ in} \end{aligned}$$

$$= 5,7 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Reaktor} = 2 \times \text{tinggi head} + \text{tinggi shell}$$

$$= 44,54 \text{ m}$$

H. 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.

$$\text{Laju alir massa (F)} = 22.713 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas} = 919 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Viskositas} = 0,63 \text{ Cp}$$

$$\text{Laju alir Volumetrik (Q)} = 24,69 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Menghitung Diameter Pompa

$$D_{i_{opt}} = 3.9 \cdot Q_f^{0.45} \cdot \rho^{0.13}$$

dimana $D_{i_{opt}}$: diameter dalam optimum, in

Q_f : laju alir volumetrik, ft^3/s

ρ : densitas cairan, lb/ft^3

$$\begin{aligned} \text{Di opt} &= 3,48 \text{ in} \\ &= 0,29 \text{ ft} \end{aligned}$$

Digunakan pipa dengan spesifikasi sebagai berikut (Appendix A5 hal 892, Geankoplis)

$$\begin{aligned} \text{Ukuran pipa nominal (NPS)} &= 4 \text{ in} \\ \text{Schedule pipa} &= 40 \\ \text{OD} &= 4,5 \text{ in} \\ \text{ID} &= 4,02 \text{ in} \\ \text{A} &= 0,0884 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

- Menghitung Kecepatan Putar Pengaduk

$$N = \frac{600}{\pi \cdot d} \sqrt{\frac{WELH}{2 \cdot d}}$$

N = kecepatan putar pengaduk, rpm

D = Diameter pengaduk, ft

H cairan = Tinggi cairan dalam tangki, m

Sg = *Specific gravity*

WELH = *Water equivalen liquid height*, ft

$$Sg = \frac{\rho \text{ cairan}}{\rho \text{ air}} = 0,922$$

WELH = h cairan x Sg = 30,53 m

$$\text{jumlah pengaduk} = \frac{WELH}{DM} = 0,923 \text{ buah} \sim 1 \text{ buah}$$

$$N = 2.334 \text{ rpm} = 38,911 \text{ rps}$$

- Menghitung Kecepatan Linear

$$v = \frac{Q}{A}$$

Dimana:

v : kecepatan linier fluida, ft/s
 Q : laju alir volumetric, ft³/s
 A : luas penampang pipa, ft²

$$Q = 0,24 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$A = 0,0884 \text{ ft}^2$$

$$V = 2,73 \text{ ft/s} = 0,83 \text{ m/s}$$

- Menghitung Bilangan Reynold

$$N_{Re} = \frac{Dv\rho}{\mu}$$

Dimana:

N_{Re} : bilangan reynold
 D : diameter dalam pipa, ft
 v : kecepatan linier fluida, ft/s
 μ : viskositas, lb/ft.s
 ρ : densitas fluida, lb/ft³

$$D = 0,33 \text{ ft}$$

$$V = 2,73 \text{ ft/s}$$

$$\mu = 0,0004 \text{ lb/ft.s}$$

$$\rho = 57,42 \text{ lb/ft}^3$$

$$N_{re} = 123.899 \text{ (} N_{re} > 4000, \text{ alirannya turbulen)}$$

Dari fig 4.77 brown hal 507 pada Re 123.899 didapatkan

$$N_p = 6$$

- Menghitung Power Pengaduk

$$P = \frac{N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot d^5}{550 g_c}$$

P = Daya Pengaduk, lb/ ft/s

N_p = Power Number

N = Kecepatan Pengadukan, rps

ρ = Densitas Campuran, lbm/ft³

d = Diameter pengaduk, ft

g_c = Gravitasi, ft.lbm/s².lbf

$$P = 4,872 \text{ Hp}$$

- Daya Motor Pengaduk

$$\text{daya motor} = \frac{P}{n}$$

P = Daya Pengaduk

n = Efisiensi Motor Penggerak

daya motor = 5,73 Hp

= 7,5 Hp (Standar NEMA)

I. Merancang Koil Pemanas

Koil pemanas dirancang dengan alasan :

1. Reaksi yang berlangsung dalam reaktor bersifat endotermis, sehingga membutuhkan suplai panas sebesar 5°C dari 30°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 maka menggunakan air pemanas.
2. Menentukan ukuran dan putaran koil

$$\text{Suhu air masuk} = 100^{\circ}\text{C} = 212^{\circ}\text{F} = 373,15\text{ K}$$

$$\text{Suhu air masuk} = 50^{\circ}\text{C} = 122^{\circ}\text{F} = 323,15\text{ K}$$

$$\Delta T = 50^{\circ}\text{C} = 90^{\circ}\text{F} = 323,15\text{ K}$$

$$T \text{ rata - rata} = 75 \text{ }^{\circ}\text{C} = 167 \text{ }^{\circ}\text{F} = 348,15 \text{ K}$$

Sifat fisis air pada rata – rata K (Perry 1884 tabel 2-355 page 352)

$$C_p = 4,14 \text{ kJ/kg.K}$$

$$\rho = 1023 \text{ kg/m}^3$$

Untuk aliran dalam koil/tube, Batasan kecepatan 1,5 – 2,5 m/s (Culson pg 527), Dipilih :

$$\text{Kecepatan pemanas} = 2 \text{ m/s} = 7200 \text{ m/jam}$$

$$\text{Debit air pemanas} = 1.168 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Luas Penampang} = \text{Debit/ Kecepatan} = 0,1623 \text{ m}^2$$

$$\text{ID} = 0,4547 \text{ m} = 17,9 \text{ in}$$

Dipilih diameter Standard (kern table 11, page 844)

$$\text{NPS} : 18 \text{ in}$$

$$\text{Schedule Number} : 20$$

$$\text{OD} : 18 \text{ in}$$

$$\text{ID} : 17,25 \text{ in}$$

$$\text{Luas Penampang} : 234 \text{ in}^2$$

Luas Perpanjangan : 4,71 ft²/ft (outside)

4,52 ft²/ft (inside)

L/D : 12/ID = 8,34

- a. Menghitung koefisien perpindahan panas untuk air pemanas, hio

$$h_{io} = h_i \frac{ID}{OD}$$

Hio = 17.145 Btu/ft².jam. °F

- b. Menghitung koefisien, Uc

$$U_c = \frac{h_o \times h_{io} \text{ koil}}{h_o + h_{io} \text{ koil}}$$

Uc = 13.507,24 Btu/jam.ft².F

- c. Menghitung Hd

Asumsi Rd = 0,001 organik (kern page 845)

Hd = 1/Rd = 1000 Btu/jam.ft². F

- d. Menghitung koefisien Ud

$$U_D = \frac{h_D * U_c}{h_D + U_c}$$

$$U_d = 931,06 \text{ Btu/jam.ft}^2.F$$

- e. Menghitung Luas Bidang Tranfer Panas

$$A = Q / (U_d \times \Delta T) = 41.212 \text{ ft}^2$$

- f. Menentukan Panjang Koil

$$L_{\text{pipa koil}} = A / a'' = 2.665 \text{ m}$$

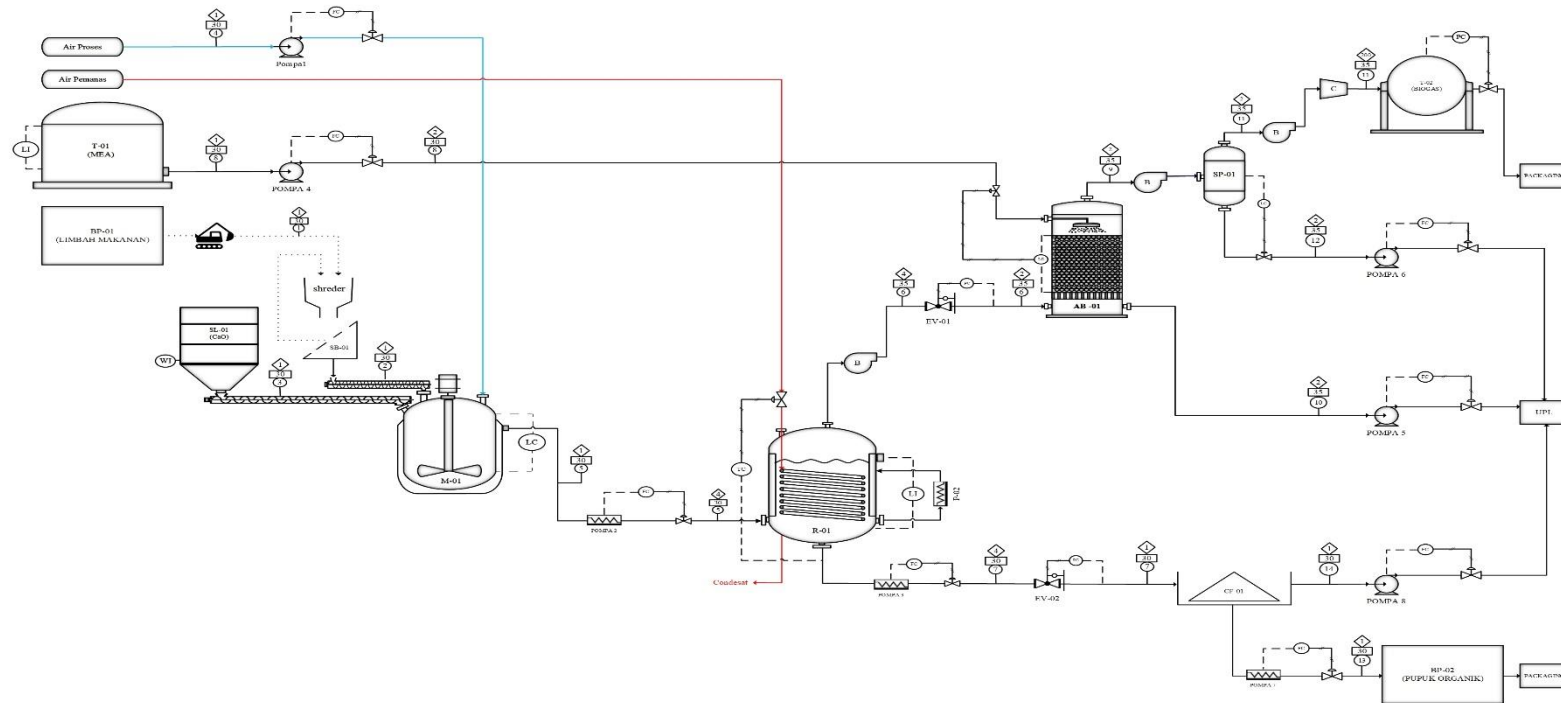
- g. Menentukan Banyaknya lilitan = $N_{\text{lilitan}} = L_{\text{pipa koil}} / K_{\text{lilitan}} = 36_{\text{lilitan}}$

The image features a large, faint watermark of the Universitas Islam Indonesia logo in the background. The logo is a shield-shaped emblem with a stylized tree or plant in the center. The word "ISLAM" is written at the top, "UNIVERSITAS" on the left, and "INDONESIA" on the right. Below the shield is the university's name in Arabic calligraphy: "الجامعة الإسلامية الأندونيسية".

LAMPIRAN B

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRARANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI LIMBAH MAKANAN DENGAN KAPASITAS 14.000 TON/TAHUN



Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
VS	810.08	810.08	-	-	810.08	-	401.54	-	-	-	-	-	401.54	-
H ₂ O (Cair)	2124.64	2124.645	-	19638.63	21763.27	-	21759.57	-	-	-	-	6.98	1087.98	20671.59
ABU	139.57	139.57	-	-	139.57	-	139.57	-	-	-	-	-	139.57	-
CaO	-	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	-	-	-	-	0.05	0.95
CH ₄	-	-	-	-	-	200.62	-	-	200.62	-	186.37	14.25	-	-
CO ₂	-	-	-	-	-	163.92	-	24.59	139.33	1.02	23.57	-	-	-
NH ₃	-	-	-	-	-	-	44.01	-	-	-	-	-	2.20	41.81
H ₂ O (Gas)	-	-	-	-	-	3.70	-	7.19	-	0.213	-	-	-	-
C ₂ H ₇ NO (MEA)	-	-	-	-	-	-	-	2110.05	-	2106.55	-	-	-	-
Pupuk Padat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah	3074.29	3074.29	1.00	19638.63	22713.92	368.23	22345.69	2110.05	232.40	2245.88	187.60	44.80	1631.34	20714.35

KETERANGAN ALAT & INSTRUMEN	
M	Mixer
R	Reaktor
AB	Absorber
SP	Separator
CN	Centrifuge
T	Tangki
SL	Silo
BP	Bak Penampung
TC	Temperature Control
L.C	Level Control
FC	Flow Control
C	Compressor
B	Blower
SB	Screen Bar
FV	Explosion Valve
WI	Weight Indicator
LI	Level Indicator

KETERANGAN SIMBOL	
---	Sambungan Listrik
→	Arus Proses dan steam
.....	Arus Diskret
⊗	Control Valve
⊕	Arus Sinyal Pneumatik
○	Nomor Arus
□	Temperatur (C)
○	Tekanan (atm)

	JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA	
	PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRARANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI LIMBAH MAKANAN DENGAN KAPASITAS 14.000 TON/TAHUN	
Dibuat Oleh:	1. Dimas Dafik Setiawan 2. Zalzabillah Linnusda	18521072 18521194
Dosen Pembimbing:	1. Dr. Ika Pringsari, S.T., M.Eng. 2. Umi Rotikha, S.T., M.T.	












LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Dimas Daffa Setiawan
No. MHS : 18521072
2. Nama Mahasiswa : Zalzabillah Tiananda
No. MHS : 18521194

Judul Prarancangan *)

PRARANCANGAN PABRIK BIOGAS DARI LIMBAH MAKANAN DENGAN KAPASITAS 14.000 TON/TAHUN

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	03/02/2022	Konsultasi mengenai kapasitas	
2	17/03/2022	Menentukan proses dan tinjauan pustaka	
3	12/04/2022	Konsultasi kinetika, dan termodinamika	
4	08/06/2022	Konsultasi Diagram alir	
5	28/06/2022	Konsultasi neraca massa	
6	12/07/2022	Konsultasi neraca massa	
7	28/07/2022	Konsultasi neraca massa dan reaktor	
8	19/08/2022	Konsultasi perancangan alat pemisah dan unit operasi pendukung	
9	27/08/2022	Konsultasi perancangan alat transportasi dan tempat penyimpanan	
10.	09/09/2022	Konsultasi pembuatan PEFD	
11.	20/09/2022	Konsultasi mengenai utilitas dan ekonomi, dan tagihan total	
12.			

Di Draft Penulisan
Yogyakarta,
Pembimbing, 21 September 2022.

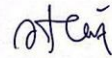


Ifa Puspasari, Dr., S.T., M.Eng

***) Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

Di Draft Penulisan
Yogyakarta, 21 September 2022
Pembimbing



Umi Rofiqah, S.T., M.T.

*) Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy