

**PRA RENCANA PABRIK**  
**BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DAN WHEY KEJU DENGAN**  
**KAPASITAS 13.110 TON/TAHUN**  
**PERANCANGAN ALAT UTAMA**  
**KOLOM ABSORBSI**

**SKRIPSI**

**Disusun Oleh:**

**ROSLINORMANSYAH**

**1214904**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2014**

REPUBLIC OF MALAYSIA

AGRICULTURE AND FISHERIES DEPARTMENT

AGRICULTURE AND FISHERIES DEPARTMENT

AGRICULTURE AND FISHERIES DEPARTMENT

AGRICULTURE AND FISHERIES DEPARTMENT

AGRICULTURE

AGRICULTURE

AGRICULTURE

AGRICULTURE

AGRICULTURE AND FISHERIES DEPARTMENT

AGRICULTURE AND FISHERIES DEPARTMENT

AGRICULTURE AND FISHERIES DEPARTMENT

AGRICULTURE

**PRA RENCANA PABRIK**

**BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DAN WHEY KEJU  
DENGAN KAPASITAS 13.110 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
KOLOM ABSORBER**

**SKRIPSI**

**Disusun Oleh :**

**ROSLI NORMANSYAH 1214904**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2014**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PRA RENCANA PABRIK**

**BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DAN WHEY KEJU  
DENGAN KAPASITAS 13.110 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
KOLOM ABSORBER**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Syarat Menempuh Wisuda  
Sarjana Pada Jenjang Strata Satu (S-1)  
Di Institut Teknologi Nasional Malang**

**Disusun Oleh :**

**ROSLI NORMANSYAH 1214904**

Malang, 29 Agustus 2014

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



**Jimmy, ST, MT**  
NIP Y 1039900330

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing

  
**Rini Kartika Dewi, ST, MT**  
NIP Y 1030100370

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**


Nama : ROSLI NORMANSYAH  
NIM : 1214904  
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA  
Judul Skripsi : BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DAN WHEY KEJU  
DENGAN KAPASITAS 13.110 TON/TAHUN  
PERANCANGAN ALAT UTAMA  
KOLOM ABSORBER

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :


Hari : Sabtu  
Tanggal : 9 Agustus 2014  
Nilai : B+



Ketua,


  
Jimmy, ST, MT  
NIP Y 1039900330

Sekretaris,

  
Elvianto Dwi Daryono, ST, MT  
NIP Y 1030000351

Anggota Penguji,

Penguji Pertama,

  
Jimmy, ST, MT  
NIP Y 1039900330

Penguji Kedua,

  
Ir. Harimbi Setyawati, MT  
NIP. 196303071992032002

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : ROSLI NORMANSYAH  
NIM : 1214904  
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :


**BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DAN WHEY KEJU  
DENGAN KAPASITAS 13.110 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
KOLOM ABSORBER**

Adalah Skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain yang tidak disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, 29 Agustus 2014

Yang membuat pernyataan,



**ROSLINORMANSYAH**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas Berkat dan Rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul :

**“ PEMBENTUKAN BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DAN WHEY-KEJU  
DENGAN KAPASITAS 13.110 TON/TAHUN “**

Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program studi S-1 Teknik Kimia pada Institut Teknologi Nasional - Malang.

Atas bantuan dan dukungan yang secara langsung, maupun tidak langsung yang telah Kami terima, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

- 1 Bapak Ir. Soeparno Djiwo, selaku Rektor ITN Malang.
- 2 Bapak Jimmy, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia ITN Malang
- 3 Ibu Rini Kartika Dewi, ST, MT selaku Pembimbing yang sangat membantu Kami didalam penulisan dan penyelesaian skripsi ini
- 4 Istri tercinta dan anak-anakku (-Roslinormansyah-)
- 5 Keluargabesar tercinta dan kakek - nenekku yang telah berpulang minggu ini (SyaifulE)
- 6 Teman-teman lintas jalur angkatan 2012
- 7 Teman-teman PT. Greenfields Indonesia yang begitu banyak dukungan dan supportnya saat skripsi ini dilakukan
- 8 Seluruh staff dosen dan karyawan akademis dan non – akademis ITN Malang yang secara langsung maupun tidak langsung yang telah menunjang dalam penyelesaian skripsi ini.
- 9 Serta semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Dengan segala kemampuan yang ada serta mengingat terbatasnya pengalaman dan pengetahuan, kami sepenuhnya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, baik dalam pengungkapan, pokok pikiran, tata bahasa maupun kelengkapan pembahasannya. Semoga dengan hasil dari skripsi kami dapat berguna bagi yang membutuhkan khususnya pada project plant biogas yang sedang berjalan di PT Greenfields Indonesia-Gunung Kawi.

Malang , Agustus 2014

Penulis

# **PRA RENCANA PABRIK BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DAN WHEY KEJU DENGAN KAPASITAS 13.110 TON/TAHUN**

Disusun oleh :

1. Roslinormansyah      12.14.904
2. Syaiful Effendy      12.14.918

Dosen pembimbing :

Rini Kartika Dewi, ST, MT

---

## **ABSTRAK**

Biogas merupakan hasil kerja mikroorganisme pada sisa-sisa makanan atau kotoran-kotoran hewan yang mengandung bahan organik. Komponen gas utama yang terdapat dalam biogas adalah gas metana (minimal 55%), gas karbon dioksida (40 %), dan gas hidrogen sulfida (5 %). Nilai kalori 1 m<sup>3</sup> biogas setara dengan Elpiji 0,46 kg/Minyak tanah 0,62 liter/Minyak solar 0,52 liter/Kayu bakar 3,50 kg. Dalam berbagai percobaan dan juga dijelaskan dalam berbagai literatur disebutkan bahwa 1 kg bahan organik dapat menghasilkan biogas rata-rata sebesar 350 liter. Pembentukan biogas yang optimal terjadi pada saat kondisi dimana bakteri methanogenesis jenis mesophilic yang berperan. Bakteri ini akan berkembang dengan baik pada suhu 40°C.

Pabrik biogas ini direncanakan didirikan bersebelahan dengan pabrik pengolahan susu sapi terintegrasi di daerah GunungKawi. Kapasitas yang direncanakan adalah mampu mengolah kotoran sapi perah dan limbah whey keju sebesar 60.000 Ton/tahun. Sistem operasi yang dipilih adalah semi-kontinyu dengan waktu operasi adalah 330 hari/tahun dan 24 jam/hari. Bentuk pabrik ini adalah Perseroan Terbatas. Sistem utilitas yang dipergunakan dalam operasional ini adalah air, steam, listrik, dan bahan bakar. Dari analisis ekonomi didapatkan : Total Capital Investment ( TCI ) : Rp. 48.172.893.611. Return On Investment ( ROI ) : 23,16 %, Kapasitas pada Break Event Point : 7505 ton/tahun ( 57,25 % total capacity ), Internal Rate of Return ( IRR ) : 30,91 %, dan Pay Out Time (POT) : 3 tahun 8 hari

**Kata Kunci : biogas, kotoran sapi, whey-keju**



## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Persetujuan Skripsi.....	ii
Lembar Berita Acara Ujian.....	iii
Lembar Pernyataan.....	iv
Kata pengantar .....	v
Abstraksi.....	vi
Daftar Isi.....	vii
Daftar Tabel.....	viii
Daftar Gambar.....	ix
BAB I PENDAHULUAN .....	I-1
BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES.....	II-1
BAB III NERACA MASSA.....	III-1
BAB IV NERACA PANAS .....	IV-1
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN .....	V-1
BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA .....	VI-1
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA.....	VII-1
BAB VIII UTILITAS .....	VIII-1
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	IX-1
BAB X STRUKTUR DAN ORGANISASI PERUSAHAAN.....	X-1
BAB XI ANALISA EKONOMI .....	XI-1
BAB XII KESIMPULAN DAN SARAN .....	XII-1
DAFTAR PUSTAKA	
APPENDIKS PERHITUNGAN	
A. NERACA MASSA	
B. NERACA PANAS	
C. SPESIFIKASI PERALATAN	
D. UTILITAS	
E. ANALISA EKONOMI	

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Konsumsi susu secara nasional.....	I-2
Tabel 1.2. Komposisi kotoran sapi yang ada dalam bak pengumpul .....	I-7
Tabel 1.3. Komposisi whey Keju .....	I-7
Tabel 1.4. Komposisi biogas dalam volume.....	I-9
Tabel 1.5. Perbandingan nilai kalori bahan bakar .....	I-9
Tabel 2.1. Perbandingan pemilihan alat dan perlengkapan up-stream .....	II-2
Tabel 2.2. Perbandingan pemilihan metode down-stream .....	II-3
Tabel 2.3. Perbandingan pemilihan alat down-stream .....	II-3
Tabel 2.4. Mekanisme reaksi pembentukan biogas .....	II-6
Tabel 7.1 Instrumentasi Peralatan Pabrik .....	VII-6
Tabel 7.2 Jenis dan Jumlah Fire-Extinguisher.....	VII-6
Tabel 10.1 Jadwal Kerja Karyawan.....	X-12
Tabel 10.2 Penggolongan Karyawan .....	X-12

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.a Up-stream process.....	II-1
Gambar 2.1.b. Up-stream process.....	II-2
Gambar 2.2. Diagram alir tahapan terbentuknya biogas .....	II-5
Gambar 9.1. Peta dan lokasi pabrik biogas.....	IX-6
Gambar 9.2. Layout Pabrik .....	IX-10
Gambar 9.3. Tata letak peralatan pabrik .....	IX-11
Gambar 10.1. Struktur Organisasi .....	X-3

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar belakang

Energi merupakan kebutuhan utama setiap industri dalam menghasilkan produk dan jasa. Tanpa adanya energi yang mencukupi maka industri pun tidak akan mampu menghasilkan produk dan jasa yang dapat mengembangkan industri itu sendiri pada akhirnya. Kekurangan energi ini pada akhirnya membuat kelumpuhan operasional pada industri itu sendiri dan pada gilirannya akan membuat arus barang dan jasa pada konsumen akan mengalami gangguan. Bila arus barang dan jasa mengalami gangguan maka ketersediaan barang dan jasa juga mengalami gangguan. Ini pada gilirannya akan membuat permintaan barang dan jasa sangat tinggi dan pada akhirnya dapat membuat harga barang dan jasa tersebut melambung tinggi. Kondisi ini pada gilirannya akan memicu inflasi suatu negara pada suatu titik yang membahayakan bagi perekonomian negara itu sendiri. Negara bisa mengalami kebangkrutan total apabila barang dan jasa yang dibutuhkan oleh rakyat tidak mampu disediakan secara kontinyu oleh dunia industri akibat keterbatasan energi yang ada. Itulah sebabnya banyak para ahli berpendapat bahwa salah satu pilar penting dalam perekonomian negara adalah tersedianya energi yang cukup untuk proses penyediaan barang dan jasa yang dibutuhkan oleh para rakyat negara tersebut.

Sementara itu disisi yang lain, sebagaimana diketahui bersama bahwa cadangan energi fosil di bumi ini makin lama makin menipis. Semakin beragamnya kebutuhan manusia maka eksplorasi dan eksploitasi sumber daya alam fosil ini juga semakin meningkat dari waktu ke waktu. Indonesia sendiri dari tahun 2008 hingga tahun 2011, tingkat konsumsi energi mengalami peningkatan 4 % per tahun dari konsumsi  $5437.10^{24}$  Btu di tahun 2008 ([www.eia.gov](http://www.eia.gov)).

Besarnya angka kenaikan konsumsi energi tersebut dan pula terbatasnya cadangan energi fosil telah membuat harga komoditas energi ini juga mengalami kenaikan 10% per tahunnya (Energy Prices and Taxes-IEA report. 2013) jelas membuat dunia industri mencari berbagai cara untuk mendapatkan energi yang murah

dan sekaligus dapat menopang kegiatan industrinya. Kebutuhan akan energi yang murah memang menjadi keinginan utama dunia industri agar harga jual produk dan jasa yang dihasilkannya tersebut dapat kompetitif. Semakin murah harga energi yang didapatkan oleh dunia industri tersebut maka semakin murah pula harga jual produk dan jasa yang ditawarkan pada konsumen.

Pertumbuhan industri sapi perah untuk menghasilkan susu segar dan turunannya tidak dapat dilepaskan dari meningkatkannya kesadaran masyarakat akan kebutuhan untuk terpenuhinya pola hidup dengan gizi lengkap 4 sehat 5 sempurna. Secara nasional konsumsi susu dapat dijelaskan dalam tabel dibawah ini

Tabel 1.1. Konsumsi susu secara nasional

Uraian	Tahun					Rata-rata Pertumb. (%) 2007-2011
	2007	2008	2009	2010	2011	
<b>Konsumsi Seminggu</b>						
- Susu murni (Liter/Kapita/Minggu)	0,004	0,004	0,002	0,002	0,003	0,00
- Susu cair pabrik (250 ml/Kapita/Minggu)	0,017	0,019	0,016	0,018	0,022	7,67
- Susu kental manis (397 gr/Kapita/Minggu)	0,068	0,061	0,058	0,064	0,006	-23,76
- Susu bubuk (Kg/Kapita/Minggu)	0,017	0,015	0,014	0,015	0,014	-4,49
- Susu bubuk bayi (400 gr/Kapita/Minggu)	0,023	0,025	0,023	0,023	0,026	3,43
- Keju (Ons/Kapita/Minggu)	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	12,50
- Hasil lain dan susu (Ons/Kapita/Minggu)	0,006	0,007	0,006	0,007	0,007	4,76
<b>Konsumsi Setahun *)</b>						
- Susu murni (Liter/Kapita/Tahun)	0,209	0,209	0,104	0,104	0,156	0,00
- Susu cair pabrik (250 ml/Kapita/Tahun)	0,886	0,991	0,834	0,939	1,147	7,67
- Susu kental manis (397 gr/Kapita/Tahun)	3,546	3,181	3,024	3,337	0,329	-23,76
- Susu bubuk (Kg/Kapita/Tahun)	0,886	0,782	0,730	0,782	0,730	-4,49
- Susu bubuk bayi (400 gr/Kapita/Tahun)	1,199	1,304	1,199	1,199	1,356	3,43
- Keju (Kg/Kapita/Tahun)	0,010	0,010	0,005	0,005	0,010	12,50
- Hasil lain dari susu (Kg/Kapita/Tahun)	0,031	0,037	0,031	0,037	0,037	5

(sumber : Statistik Konsumsi Pangan tahun 2012, Kementerian Pertanian)

Secara rata-rata tingkat pertumbuhan konsumsi secara nasional mengalami defisit atau kekurangan pasokan susu segar untuk industri-industri turunan (susu kental manis, susu bubuk, keju, dan lain sebagainya). Data dalam statistik ini juga menyebutkan bahwa diperkirakan pertumbuhan industri sapi perah akan meningkat 11-13 % per tahun sejak tahun 2010. Meningkatnya pertumbuhan industri ini berarti pula meningkatnya jumlah populasi sapi perah yang akan dipelihara.

Peningkatan jumlah populasi sapi perah yang dipelihara tersebut jelas akan memberikan 2 dampak langsung, yaitu : meningkatnya kebutuhan finansial untuk

operasional pemeliharaan sapi perah dan meningkatnya limbah yang dihasilkan, terutama limbah padat organik yang berasal dari kotoran sapi perah.

Limbah padat organik yang dihasilkan dari sapi perah tersebut merupakan persoalan yang kompleks dan rumit bila tidak diolah dengan baik dan benar. Pengolahan atas limbah padat tersebut pada gilirannya juga memberikan “beban tambahan” pada kebutuhan finansial pada industri sapi perah tersebut. Kondisi seperti ini jelas tidak diinginkan oleh industri tersebut bila nilai tambah yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah padat organik tersebut tidak signifikan bagi industri, terutama dalam hal mendongkrak laju alir kas industri ke arah yang menguntungkan.

Melihat komposisi limbah padat organik kotoran sapi perah yang kaya akan kandungan karbon, hidrogen, nitrogen, dan berbagai jenis mikroorganisme – baik anaerob maupun aerob – yang dapat memberikan keuntungan bila diolah secara benar, negara-negara Eropa, Amerika, China, dan India, memanfaatkan limbah padat organik kotoran sapi perah sebagai sumber energi alternatif bagi kebutuhan industri sapi perah itu sendiri.

Dua keuntungan penting yang didapatkan dari hasil pemanfaatan limbah padat organik kotoran sapi ini, yaitu : menekan biaya utilitas serendah mungkin (karena biaya limbah dan kebutuhan energi saling subsidi) dan menekan tingkat emisi gas metana yang dapat mengganggu ozon. Ini berarti aspek finansial dan ekologi dapat diraih sekaligus apabila limbah padat organik kotoran sapi perah dapat dimanfaatkan secara maksimal.

## **1.2. Perkembangan pemanfaatan dan produksi biogas**

Biogas merupakan salah satu sumber energi yang memiliki sejarah yang cukup panjang. Pertamakali gas ini disebut sebagai gas rawa karena banyak ditemukan disekitar rawa-rawa. Alessandro volta merupakan salah seorang ahli kimia yang mulai meneliti dengan serius gas yang terjadi di rawa-rawa ini pada tahun 1770. Ketika memasuki tahun 1800an, terutama setelah Robert Koch dan Louis Pasteur memperkenalkan dunia jasad renik atau mikroorganisme maka pada tahun 1870, beberapa ahli biokimia mulai menemukan adanya pembentukan gas yang mirip dengan gas rawa melalui proses fermentasi anaerob (Deublin, 2008)

Ketika booming minyak telah usai dimana ditandai dengan naiknya harga bahan bakar minyak yang melonjak cukup tinggi hingga mencapai USD 125/barrel membuat negara-negara di dunia mulai melirik sumber daya energi lain yang murah dan terbarukan (*renewable*). Kebijakan energi negara-negara di Eropa dan Amerika mulai banyak dikeluarkan menyangkut dukungan terhadap pemanfaatan sumber daya energi yang terbarukan tersebut.

Pada awal abad ke-20 riset-riset dibidang sumber daya energi alternatif mulai tumbuh secara masif, terutama riset yang berhubungan dengan pemanfaatan biogas dari berbagai sampah dan kotoran-kotoran hewan maupun manusia. India, China, Jerman dan Perancis adalah negara yang aktif melakukan penelitian biogas ini dan sekaligus memanfaatkannya sejak Perang Dunia usai. Beberapa unit pembangkit biogas telah dibangun dengan memanfaatkan berbagai kotoran dan limbah-limbah organik tersebut.

Kegiatan pemanfaatan dan produksi biogas di India sebenarnya telah dilakukan semenjak abad ke 19. Diperoleh informasi juga bahwa alat pencernaan anaerobik atau disebut digester pertama kali dibuat sekitar tahun 1900-an. Negara berkembang seperti China, Filipina, Korea, Taiwan, dan Papua Niugini, telah melakukan berbagai riset dan pengembangan alat pembangkit biogas dengan prinsip yang sama, yaitu menciptakan alat yang kedap udara dengan bagian-bagian pokok terdiri atas pencernaan (digester), lubang pemasukan bahan baku (inlet) dan pengeluaran lumpur(outlet) sisa hasil pencernaan (slurry) dan pipa penyaluran gas bio yang terbentuk.

Sekitar awal tahun 1950-an pemanfaatan biogas di Eropa dan Amerika ditinggalkan, karena harga minyak mentah ataupun BBM semakin murah dan mudah memperolehnya. Demikian juga di negara-negara berkembang, sumber energi minyak bumi selalu tersedia dengan harga yang murah.

Memasuki tahun 2000-an dengan meningkatnya harga minyak di dunia dan kekhawatiran akan habisnya cadangan minyak dunia, maka hampir semua negara kembali melakukan upaya pencarian sumber energi alternatif dan salah satunya adalah biogas.

Di Indonesia, program pengembangan dan pemanfaatan biogas mulai digalakkan pada awal tahun 1970. Pengembangan tersebut bertujuan untuk

memanfaatkan limbah dan biomassa lainnya dalam rangka mencari sumber energi lain di luar kayu bakar dan minyak tanah. Namun program tersebut tidak berkembang meluas di masyarakat. Hal ini disebabkan karena masyarakat pada waktu itu masih mampu membeli minyak tanah dan gas LPG, untuk kepentingan sehari-hari, disamping itu biaya pembuatan satu unit instalasi biogas relatif tinggi.

Pengembangan biogas menjadi penting dan mendapat perhatian baik dari pemerintah maupun masyarakat setelah dikeluarkannya kebijakan pemerintah dalam mengurangi/memangkas subsidi Bahan Bakar Minyak (BBM). Kenaikan harga BBM sampai 100 % , bahkan untuk minyak tanah sampai 125 % per 1 Oktober 2005, menambah beban pengeluaran biaya kehidupan rumah tangga yang kurang mampu.

Dampak selanjutnya yang mungkin terjadi bagi masyarakat di pedesaan adalah memanfaatkan kayu bakar sebagai sumber energi alternatif. Caranya adalah dengan melakukan penebangan kayu yang tidak terkontrol di sekitar hutan atau perkebunan.

Perbuatan yang demikian dapat mengancam kelestarian tanaman, mengakibatkan banjir dan bencana tanah longsor serta menipisnya cadangan air. Oleh karena itu, pengembangan biogas di sekitar kawasan hutan, perkebunan atau di daerah pertanian yang padat ternak atau banyak tersedia limbah organik adalah suatu kebijakan yang sangat bijaksana.

### **1.3. Manfaat dan tujuan pabrik biogas**

Perancangan pabrik biogas dalam skala besar untuk tujuan komersial masih belum banyak dilakukan oleh kalangan industriawan. Umumnya pabrik biogas ini dipergunakan untuk skala kecil atau untuk memenuhi konsumsi energi internal perusahaan ataupun untuk dimanfaatkan masyarakat sekitarnya walaupun masyarakat tersebut mau memanfaatkan limbah organik yang telah dihasilkan oleh suatu industri tersebut.

Studi perencanaan dan perancangan pabrik biogas ini memiliki beberapa tujuan dan manfaat.

#### **a. Tujuan :**

- Mengolah sampah-sampah organik yang dihasilkan oleh industri peternakan sapi, khususnya peternakan sapi perah, agar dapat berkurang berbagai dampak polusi yang dihasilkan.



- Menyediakan sumber daya energi alternatif bagi industri peternakan tersebut agar tidak tergantung secara masif kebutuhan energinya terhadap minyak bumi yang kian hari kian mahal harganya.
- Memberikan keuntungan secara finansial, karena biaya pengelolaan lingkungan hidup dapat memberikan kontribusi pada penurunan biaya akan kebutuhan energi sehingga secara finansial ongkos pengeluaran untuk kebutuhan energi yang berasal dari minyak bumi dapat ditekan secara optimal.
- Meningkatkan kepatuhan terhadap aspek-aspek hukum yang terkait dengan pengelolaan lingkungan hidup ( AMDAL / PROPER ).
- Menjaga siklus daur hidup lingkungan dapat terjaga, karena emisi gas metana yang berasal dari limbah organik dapat berkurang dan hasil dari proses biogas yang berupa padatan dapat dipergunakan sebagai bahan penyubur tanah (pupuk).

b. Manfaat :

- Kualitas kesehatan lingkungan, baik itu dalam industri peternakan maupun masyarakat sekitarnya, dapat dipertahankan dan sekaligus juga ditingkatkan.
- Tingkat pencemaran air menjadi rendah, karena semua bahan organik yang menjadi sumber berkurangnya kebutuhan oksigen (Oxygen Demand) di badan air menjadi berkurang dan ini memberikan dampak bagi keberlangsungan yang positif bagi biota air.
- Pupuk alami dapat dihasilkan dari proses biogas ini sebagai hasil akhirnya. Penggunaan pupuk alami pada tanaman-tanaman, khususnya tanaman pangan yang dikonsumsi manusia dapat menghindarkan manusia berbagai pencemaran zat kimia yang berasal dari pupuk sintetis pada tanaman pangan tersebut.

#### 1.4. Bahan Baku

Pabrik Biogas merupakan salah satu jenis industri yang memerlukan bahan baku yang sederhana dan menghasilkan produk yang memiliki nilai tambah yang signifikan.

a. Kotoran sapi perah

Bahan baku yang diolah untuk menjadi biogas adalah kotoran sapi perah (dairy cow manure) sebuah perusahaan susu terintegrasi (Farm & Dairy Processing )

yang berlokasi di Gunung Kawi Malang. Komposisi kimia dan fisika dari kotoran sapi perah dijelaskan dalam tabel 1.2 di bawah ini diambil dari <http://manuremanagement.ucdavis.edu>

Tabel 1.2 Komposisi kotoran sapi yang ada dalam bak pengumpul

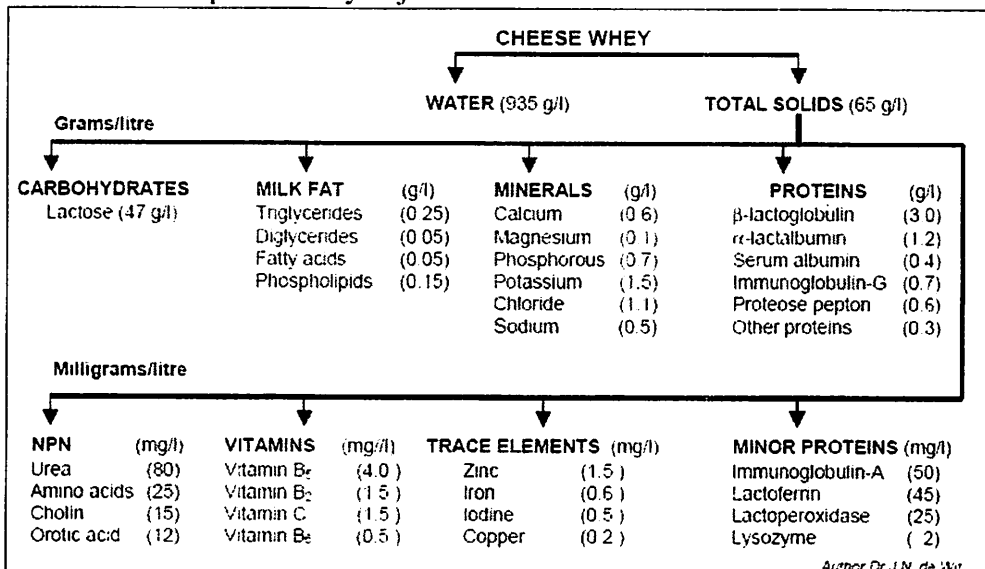
Property	Unit	Median	Min	Max
Total solids	g/L	74.9	10.6	127
Suspended solids (SS)	g/L	73.4	5.5	125
Total dissolved solids	g/L	3.15	0.91	4.83
	% dry			
Volatile solids	wt.	53.3	26.9	63.8
	% dry			
Total C of SS	wt.	29	15.1	35
	% dry			
Total N of SS	wt.	2.72	1.79	3.31
C:N of SS	--	10	6.8	13.1
Total Kjeldahl N	mg/L	2565	556	4420
NH <sub>2</sub> -N	mg/L	434	135	658
NO <sub>3</sub> -N	mg/L	0.5	0.1	1.3
N - organic	mg/L	2246	298	3762
Total P	mg/L	972	141	3263
Total K	mg/L	1001	223	1385
Electrical conductivity	mS/cm	4.31	1.67	7.64

(sumber : dairy manure manual guideline, UC Davis, 2009)

b. Whey keju

Whey keju adalah cairan yang merupakan hasil samping (waste) dari proses pembuatan keju mozarella. Komposisi kimia whey keju adalah sebagai berikut

Tabel 1.3 Komposisi whey keju



(sumber : Lecture's Handbook on whey product, 2001)

### 1.5. Bahan baku pendukung

#### a. Sodium Hidroksida (NaOH)

Sodium Hidroksida dalam proses biogas dipergunakan untuk menjaga pH.

Sifat fisika dan kimia bahan kimia ini adalah sebagai berikut :

Sifat-sifat kimia	Sifat-sifat fisika
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrofil</li> <li>• Mudah larut dalam air dingin</li> <li>• Korosif</li> <li>• Mudah meledak</li> <li>• Memiliki bau yang khas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH (1% soln / air): 13.5</li> <li>• Titik Didih: 1388 ° C (2530,4 ° F)</li> <li>• Melting Point: 323 ° C (613,4 ° F)</li> <li>• Spesifik Gravity: 2.13 (Air = 1)</li> <li>• Molekul Berat: 40 g / mol</li> <li>• Warna : putih</li> </ul>

#### b. Kalsium Oksida

Senyawa ini dipergunakan untuk menetralsir gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S

Sifat fisika dan kimia bahan ini adalah sebagai berikut :

Sifat-sifat kimia	Sifat-sifat fisika
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eksotermis</li> <li>• Korosif</li> <li>• Mudah meledak</li> <li>• Memiliki bau yang khas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Densitas : 1.6 g/cm<sup>3</sup> pada 20°C</li> <li>• Titik Didih: 1484 ° C</li> <li>• Melting Point: 840 ° C</li> <li>• Kelarutan dalam air : 0.131 g/100 ml pada suhu 10°C</li> <li>• Massa atom: 40,08 g/mol</li> <li>• Warna : putih</li> <li>• pH : 11 - 13</li> </ul>

### 1.6. Karakteristik Produk

Pada produk utama pabrik yang dihasilkan dalam perancangan ini adalah : gas yang mengandung berbagai macam komponen dan padatan sebagai hasil sampingnya. Komponen utama dari gas yang dihasilkan atau lebih dikenal biogas ini adalah gas metana (CH<sub>4</sub>), gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan gas hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S).

Secara keseluruhan komposisi biogas sebagai hasil utama fermentasi kotoran sapi adalah sebagai berikut :

Tabel 1.4 Komposisi biogas dalam volume

<b>Komponen</b>	<b>% (by volume)</b>
Metana (CH <sub>4</sub> )	55-75
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	25-45
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	0-0.3
Hidrogen (H <sub>2</sub> )	0-3
Hidrogen sulfida (H <sub>2</sub> S)	1-5
Oksigen (O <sub>2</sub> )	0.1-0.5

(sumber : Abbasi, 2012)

Biogas sendiri secara termodinamika mempunyai nilai kalori yang tidak kalah dengan sumber-sumber energi tak terbarukan lainnya. Perbandingan nilai kalori antara biogas dengan sumber energi lainnya adalah sebagai berikut :

Tabel 1.5 Perbandingan nilai kalori bahan bakar

<b>Fuel</b>	<b>Calorific value (approximate)</b>
Natural gas	8,600 kcal/m <sup>3</sup>
Liquefied Petroleum Gas	10,800 kcal/kg
Kerosene	10,300 kcal/kg
Diesel	10,700 kcal/kg
Biogas	5,000 kcal/m <sup>3</sup>

(sumber : Abbasi, 2012)

Melihat nilai kalorinya yang cukup tinggi, maka pemanfaatan biogas sebagai sumber energi menjadi hal yang harus segera direalisasikan.

### 1.7. Analisis kapasitas pabrik biogas

Kapasitas produksi biogas yang merupakan elemen penting dalam perancangan pabrik biogas di perusahaan peternakan sapi perah ini. Kapasitas ini dihitung berdasarkan beban bahan baku yang akan diumpankan ke pabrik tersebut. Dari data percobaan yang dilakukan dengan bahan baku 250 gram dairy manure dan 1000 gram whey keju dihasilkan biogas sebesar 0.12 ml/mol.

Saat ini perusahaan peternakan ini memiliki 6000 ekor sapi dengan rata-rata kotoran sapi yang dihasilkan per ekor sapi sekitar 30 kg/hari. Total kotoran sapi yang dihasilkan per tahun (1 tahun = 330 hari) :  $30 \times 6000 \times 330 = 59.400.000$  kg/tahun atau 59.400 ton/tahun.

Whey keju yang dihasilkan per hari adalah 6000 kg sehingga total whey yang dihasilkan dalam 1 tahun (setara dengan 330 hari) =  $6000 \times 330 = 1980$  ton/tahun

Total kapasitas bahan baku = total kotoran sapi + total whey keju

$$= 59.400 + 1980 = 61.380 \text{ ton/tahun}$$

$$\approx 60.000 \text{ ton/tahun}$$

Dari perhitungan bahan baku ini maka akan dirancang pabrik biogas dengan kapasitas bahan baku produksi 60.000 ton/tahun.

Pabrik ini direncanakan menghasilkan sumber gas metana untuk keperluan sistem utilitas ( bahan bakar boiler ataupun penghasil listrik) di perusahaan peternakan ini.

## BAB II

### SELEKSI DAN URAIAN PROSES

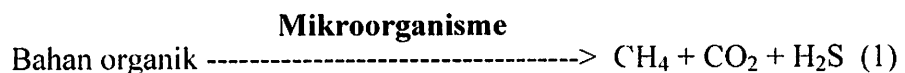
#### 2.1. Macam Proses

Biogas adalah sebuah produk yang dihasilkan dari proses aktifitas mikroorganisme secara anaerob atas bahan-bahan yang mengandung karbon (C), Hidrogen (H), dan Nitrogen (N). Pada perancangan pabrik ini proses yang digunakan adalah 2 tahap, yaitu :

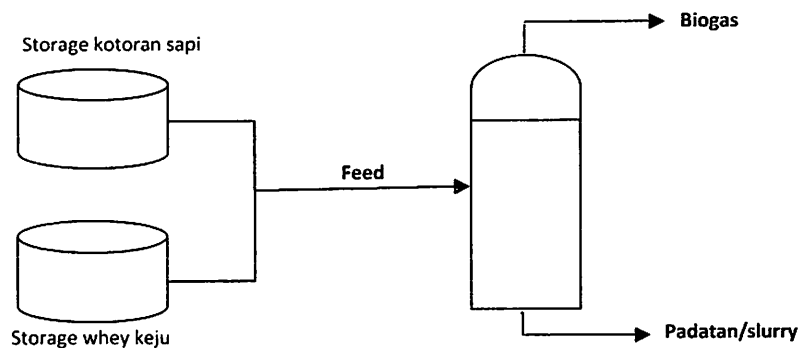
##### a. Up-stream process

Pada Up-stream process terjadi adalah proses yang dianggap berlangsung batch. Aliran up-stream ini dimulai dari tangki umpan kotoran sapi (manure feed tank) (F-110) dengan komposisi 75 % padatan organik – 25 % air dan dari tangki umpan whey keju (cheese whey feed tank) (F-120) hingga ke reaktor fermentasi (fermentor) (R-200), dimana proses pembentukan biogas terjadi.

Reaksi yang terjadi secara umum adalah sebagai berikut



Secara umum proses ini digambarkan sebagai berikut :

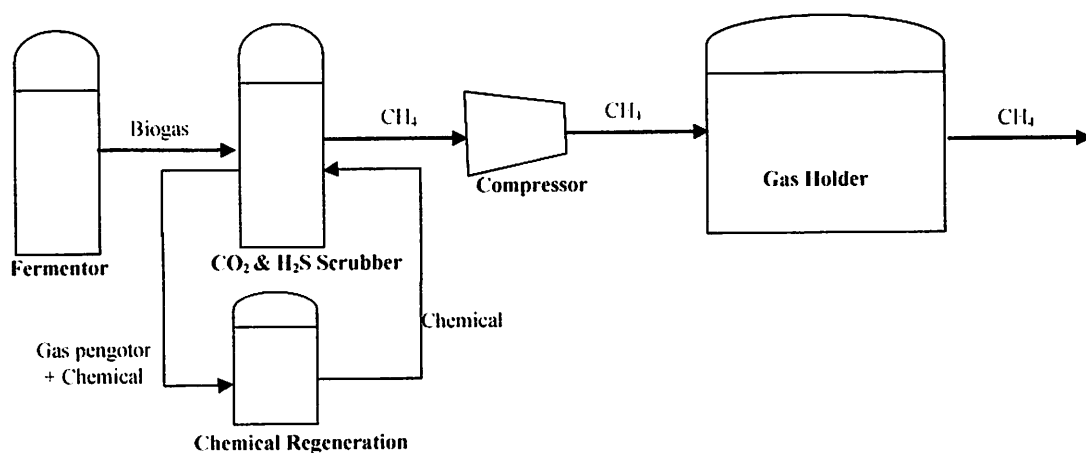


Gambar 2.1.a. up-stream process (Deublin, 2008)

## b. Down-stream process

Proses ini dimulai dari gas holder (F-220), biogas dari gas holder ini diumpankan ke dalam kolom absorpsi dengan absorbernya (pelarutnya) adalah air ( $H_2O$ ) (D-310). Proses utama dalam kolom ini adalah pengikatan/pengambilan gas  $H_2S$  (95 % dari total berat  $H_2S$  yang ada dalam biogas) dan sebagian kecil gas  $CO_2$  (5,4 % dari berat total  $CO_2$  yang ada dalam biogas) gas metana yang ada dalam biogas mengalami pemurnian hingga 59 %. Biogas dengan kandungan  $CH_4$  sebesar 59 % ini selanjutnya dialirkan ke dryer (B-313) dan kemudian diumpankan ke kolom pressure swing adsorption (PSA) (D-320) untuk dimurnikan hingga mencapai 98 % dengan melibatkan tekanan yang cukup besar (hingga mencapai 30-35 barg) dan zat penyerap (campuran zeolit dan karbon). Gas metana yang sudah keluar dari kolom PSA ini selanjutnya disimpan dalam tangki gas (F-410) sebagai umpan ke boiler/CHP (Combinated Heat dan Power) memiliki laju alir yang konstan. Pada proses ini beberapa bahan kimia pendukung, seperti NaOH, diumpankan pula dengan tujuan untuk menjaga apabila pH tidak stabil dan juga untuk mengikat gas-gas pengotor yang merupakan produk lain dari proses fermentasi mikroorganisme biogas (fungsi lain NaOH).

Secara umum proses ini gambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.1.b. Up-stream process (Deublin, 2008)

## 2.2. Seleksi Proses

Proses produksi gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dari limbah kotoran sapi dan whey keju ini tergantung oleh banyak faktor. Kecepatan pengadukan, komposisi umpan masuk, suhu reaksi, penghilangan gas-gas pengotor, dan bentuk reaktor fermentasi merupakan beberapa faktor yang sangat mempengaruhi terbentuknya biogas dengan volume yang signifikan.

Mengacu pada macam proses di atas maka, seleksi proses untuk perancangan pabrik biogas terbagi atas : 1) seleksi alat dan perlengkapan pada bagian up-stream dan 2) seleksi alat dan metode proses pada bagian down-stream.

Pada seleksi alat dan perlengkapan di bagian up-stream perbandingannya dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Perbandingan pemilihan alat dan perlengkapan up-stream

Parameter	Jenis alat dan perlengkapan	
	Reaktor tinggal tanpa pengaduk dan pemanas	Reaktor tinggal dengan pengaduk dan pemanas
1. Konversi karbohidrat menjadi biogas	40 - 55 %	75 - 80 %
2. Jenis mikroorganisme yang berperan	Mesophilic	Mesophilic dan termophilic
3. pH	3 - 4	4 - 5
4. Lama tinggal (waktu operasi)	20 - 30 hari	6 - 8 hari
5. Investasi	Mahal karena jumlah reaktor perlu banyak akibat waktu operasi yang lama	Relatif lebih murah karena jumlah reaktor perlu sedikit akibat waktu operasi yang singkat

Sumber : Biogas – Intech, 2012



Untuk perbandingan peralatan dan metode proses pada bagian down-stream dapat dilihat pada tabel 2.2 dan tabel 2.3

Tabel 2.2. Perbandingan pemilihan metode down-stream

Parameter	Metode proses			
	Absorpsi dengan NaOH	Absorpsi dengan Glycol	Absorpsi dengan Amine	Absorpsi dengan Pressure Swing Adsorption
1. Flow rate (Nm <sup>3</sup> /jam)	300-450	200-350	200-350	150-200
2. Prosentase removal (%)	80-85	75-80	80-85	70-75
3. Suhu operasi (°C)	25-32	20-25	20-25	20-25
4. Kandungan CO <sub>2</sub> dalam feed (mg/Nm <sup>3</sup> )	> 75	> 50	> 75	> 20
5. Kandungan H <sub>2</sub> S dalam feed (mg/Nm <sup>3</sup> )	> 3	1 - 2	0.3 - 0.9	> 0.1
6. Harga	USD 12/kg	USD 50/kg	USD 45/kg	USD 20/mbar

Sumber : Abbasi, 2012

Tabel 2.3. Perbandingan pemilihan jenis alat down-stream

Parameter	Jenis alat dan perlengkapan			
	Packed Column	Sieve Column	Bubble Cap Column	Trickle Bed
1. Pressure Drop (psig)	10	12-15	14-16	18-20
2. Biaya instalasi	Murah	Murah	Mahal	Mahal
3. Luas area kontak	Besar	Sedang	Sedang	Besar
4. Kemudahan perancangan	Mudah	Rumit karena adanya faktor wepping	Rumit karena adanya faktor wepping	Rumit karena adanya faktor channeling
5. Kemudahan operasional	Mudah	Rumit karena adanya faktor wepping	Rumit karena adanya faktor wepping	Rumit karena adanya faktor channeling

Sumber : Abbasi, 2012 & Sunil, 2008

Dengan melihat perbandingan dari tabel 2.1 hingga tabel 2.3, maka untuk up-stream process dipilih reaktor fermentasi (fermentor) berpenganduk dan mempunyai jaket pemanas karena konversi yang tinggi dan waktu tinggal yang singkat. Sementara untuk down-stream dipilih packed column karena murah biaya instalasi dan luas permukaan kontak yang besar. karena kemampuan absorpsinya yang tinggi, biayanya murah, dan flow rate yang tinggi pula.

### 2.3. Uraian Proses

Untuk tujuan perancangan pabrik biogas di perusahaan peternakan sapi perah ini, maka proses biogas secara garis besar di bagi dalam 5 tahapan.

1. Tahap penyiapan umpan (Feeding treatment)
2. Tahap pencampuran dan reaksi (Mixing & Reaction treatment)
3. Tahapan penampungan sementara dan pemisahan (temporary storage & separation treatment)
4. Tahapan pengayaan gas metana (methane gas enriching treatment)
5. Tahapan produk akhir (final product handling)

#### 2.3.1. Tahap penyiapan umpan (Feeding treatment)

Persiapan umpan atau juga dikenal dengan pengolahan bahan baku memegang peranan penting dalam menyiapkan nutrisi dan prakondisi mikroorganisme sebelum diumpankan ke dalam fermentor. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas gas metana yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

##### a. Derajat keasaman

Reaksi mikroorganisme biogas yang optimal umumnya berlangsung pada pH 4-5, namun karena pada saat awal terbentuk senyawa asam (sebagai produk dari selulosa yang dicerna oleh bakteri) maka lambat laun pH reaksi fermentasi tersebut akan terus turun dan ini menyebabkan bakteri metanogenesis akan mati dan dampaknya pembentukan biogas menjadi tidak maksimal. Pencampuran umpan dengan bahan kimia bersifat basa akan membentuk umpan dengan pH 7.8 – 8.5 dan kondisi mendukung kinerja bakteri metanogenesis karena pH asam yang dihasilkan oleh proses acetogenesis dapat diperlambat turunnya.

##### b. Temperatur

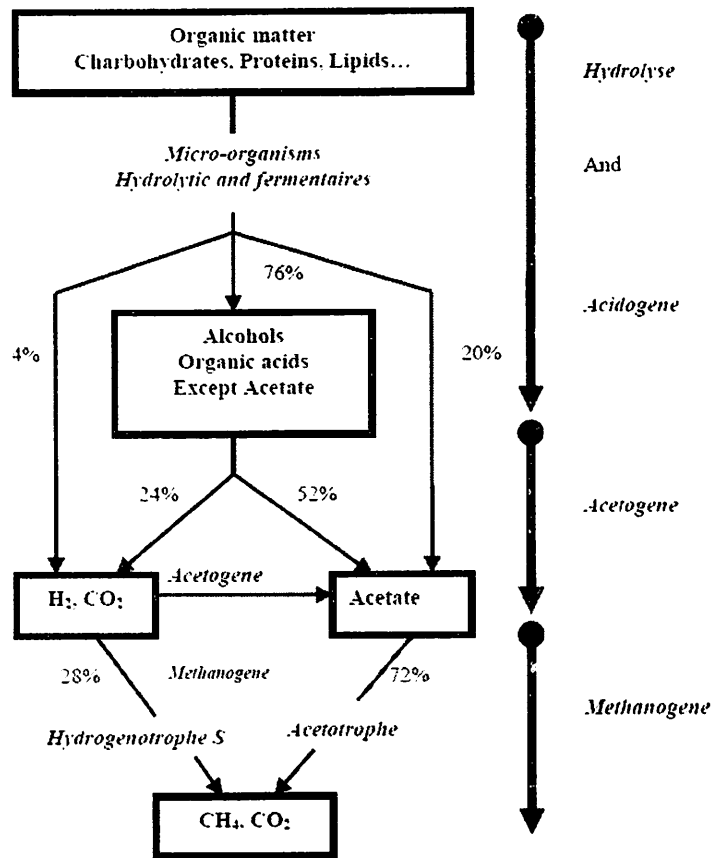
*Pre-treatment* temperatur pada umpan akan membuat kinerja bakteri acetogenesis dan metanogenesis dapat berlangsung secara optimal. Umpan yang masuk ke dalam fermentor sangat diharapkan untuk berada pada temperatur 30°C -35°C. Ini karena kinerja bakteri acetogenesis (mesophilic) dan bakteri metanogenesis (termophilic) akan berlangsung secara maksimal pada suhu 40°C – 45°C.

**2.3.2. Tahap pencampuran dan reaksi (Mixing & Reaction treatment)**

Umpan yang sudah mengalami *pre-treatment* temperatur dan derajat keasaman kemudian selanjutnya diumpankan ke dalam tangki berpengandung sebagai tempat terjadinya reaksi fermentasi. Selama berada dalam tangki reaktor (fermentor), suhu operasi dijaga antara 30°C – 35°C dengan menambahkan steam yang bersuhu 95°C – 100°C. Penambahan senyawa basa juga dilakukan bilamana pH dalam tangki tersebut berada dibawah 5. Pengadukan dilakukan secara kontinyu untuk menjaga homogenitas campuran antara whey keju dan kotoran sapi dan sekaligus juga untuk membantu lepasnya biogas yang terjebak di gumpalan-gumpalan padatan dari kotoran sapi.

Reaksi biogas merupakan reaksi yang sangat kompleks dan berlangsung secara simultan antara tahapan reaksi yang satu dengan tahapan reaksi yang lainnya.

Secara mekanisme dapat dilihat pada gambar dan tabel dibawah ini :



Gambar 2.2. Diagram alir tahapan terbentuknya biogas

Tabel 2.4. Mekanisme reaksi pembentukan biogas

Stage	Bacteria
<i>Stage I</i>	
$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O = n(C_6H_{12}O_6)$	
<i>Stage II</i>	
$C_6H_{12}O_6 + 2H_2O = 2CH_3COOH + 4H_2 + CO_2$	<i>Bacteriodes, clostridium</i>
$C_6H_{12}O_6 + 2H_2 = 2CH_3CH_2COOH + 2H_2O$	<i>Butyrvibrie, eubacterium</i>
$C_6H_{12}O_6 = CH_3CH_2CH_2COOH + 2CO_2 + 2H_2$	<i>Bifidobacterium, lactobacillus</i>
$C_6H_{12}O_6 = 2CH_3CHOHCOOH$	
$C_6H_{12}O_6 = 2CH_3CH_2OH + 2CO_2$	
<i>Stage III</i>	
$CH_3CHOHCOOH + H_2O = CH_3COOH + CO_2 + 2H_2$	<i>Desulfovibrio, syntrophobacter</i>
$CH_3CH_2OH + H_2O = CH_3COOH + 2H_2$	<i>Wolintii, syntrophomonas</i>
$CH_3CH_2CH_2COOH + 2H_2O = 2CH_3COOH + 2H_2$	
$CH_3CH_2COOH + 2H_2O = CH_3COOH + CO_2 + 3H_2$	
<i>Stage IV</i>	
$4H_2 + CO_2 = CH_4 + 2H_2O$	<i>Methanobacterium formicicum</i>
$2CH_3CH_2OH + CO_2 = 2CH_3COOH + CH_4$	<i>Methanobacterium bryantii,</i> <i>Methanobrevibacter</i>
$2CH_3(CH_2)_2COOH + 2H_2O + CO_2 = 4CH_3COOH + CH_4$	<i>Ruminaantium, Methanobrevibacter</i> <i>arboriphilus</i>
$CH_3COOH = CH_4 + CO_2$	<i>Methanospirillum hungatei</i> <i>Methanosarcina barkeri</i>

### 2.3.3. Tahapan penampungan sementara dan pemisahan ( temporary storage & separation treatment )

Pada tahapan ini gas yang terbentuk ditampung dilewatkan dalam filter untuk selanjutnya ditampung dalam gas holder. Biogas dalam gas holder ini dialirkan ke dalam sistem absorpsi dengan menggunakan kompressor. Biogas yang dihasilkan oleh fermentor ini belum dapat dimanfaatkan secara langsung oleh boiler/Combined Heat and Power (CHP). Biogas perlu dimurnikan lagi atau kadar gas metananya perlu dinaikkan dan juga gas-gas pengotor perlu dibuang. Gas metana yang masih mengandung gas H<sub>2</sub>S dengan konsentrasi lebih dari 2 % dapat memicu terjadinya korosi pada boiler/CHP.

Produk lain yang dihasilkan oleh fermentor selain biogas adalah slurry (sisa kotoran sapi dan whey keju yang tidak bereaksi). Padatan yang masih mengandung air (slurry) tersisa dalam fermentor selanjutnya dipompa untuk diumpankan ke decanter centrifuge guna dipisahkan antara air dan padatan yang masih mengandung bahan-bahan organik dan sedikit mineral.

Padatan yang keluar dari decater centrifuge ini masih memiliki moisture (kandungan air) antara 3 % - 4 %. Untuk mengurangi kandungan air hingga dibawah 2 % maka selanjutnya padatan ini dibiarkan dalam udara terbuka.

Padatan yang sudah mempunyai moisture dibawah 2% selanjutnya dipacking dalam plastik sebagai pupuk organik.

#### **2.3.4. Tahapan pengayaan gas metana (methane gas enriching treatment)**

Meningkatkan kemurnian gas metana dengan cara menghilangkan gas-gas pengotor dalam biogas merupakan hal yang terpenting dalam perancangan pabrik biogas ini. Kemurnian gas metana yang diinginkan adalah 95% - 98% dan juga menjaga konsentrasi H<sub>2</sub>S dibawah 2 %.

Pada perancangan pabrik ini, metode yang dipakai adalah absorpsi dengan disertai adanya reaksi antara zat penyerap (absorbent/solvent) dengan zat yang diserap (solut). Sistem yang dipilih adalah sistem *sieve-tray column counter-current flow*, dimana peralatan yang dipergunakan adalah suatu kolom yang berisi keramik dengan bentuk ring/paddle yang berfungsi sebagai tempat untuk menyerap atau mengabsorpsi gas-gas pengotor, utamanya gas CO<sub>2</sub> dan gas H<sub>2</sub>S, yang tercampur dalam gas metana dalam biogas dengan larutan yang dipergunakan adalah larutan H<sub>2</sub>O. Pada saat penyerapan juga terjadi reaksi antara CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S dengan larutan H<sub>2</sub>O.

Reaksi I yang terjadi adalah :  $H_2S + H_2O \rightarrow$  Larutan yang mengandung H<sub>2</sub>S

Reaksi II yang terjadi adalah :  $CO_2 + H_2O \rightarrow$  Larutan yang mengandung CO<sub>2</sub>

#### **2.3.5. Tahapan produk akhir (final product handling)**

Gas metana yang sudah dimurnikan selanjutnya diumpankan ke kompressor untuk dinaikkan tekanan hingga 4 atm konsentrasi antara 95% - 98%. Konsentrasi gas metana setinggi ini dapat dipergunakan untuk bahan bakar boiler ataupun menghasilkan superheated steam dimana energi listrik yang dihasilkan dapat mencapai hingga 4 MW (OECD, 2011).

### 2.3.6. Analisis Ekonomi

Perhitungan ekonomi untuk analisis singkat perancangan pabrik biogas ini adalah sebagai berikut :

a. Bahan baku

Bahan baku yang dipergunakan untuk pabrik biogas ini adalah kotoran sapi dan whey keju dimana bahan baku ini tidak mempunyai nilai/value ekonomis sama sekali jika tidak dimanfaatkan secara maksimal.

b. Produk

Produk dari akhir dari pabrik biogas ini adalah kandungan gas metana yang mampu memberikan listrik 0.75 watt/kg gas metana. Kapasitas pabrik biogas adalah 13.110 Ton/Tahun, maka total potensi listrik yang terbentuk adalah =  $13.110.000 \times 0.75 \text{ watt} = 9.832.500 \text{ Watt} = 9.8 \text{ MW}$ . Harga listrik per MW untuk golongan industri I-2 (dari tabel listrik pln, [www.pln.co.id](http://www.pln.co.id)) adalah Rp. 450.000.000 maka nilai produk yang dihasilkan adalah  $\text{Rp. } 450.000.000/\text{MW} \times 9,8 \text{ MW} = \text{Rp. } 4.424.625.000$

Menurut harga biogas dari supplier gas yang sekarang dipakai sebagai bahan bakar boiler selama project pabrik biogas belum selesai ( PGN ) harga biogas adalah Rp. 5.500/kg, maka potensi nilai produk biogas adalah  $13.110.000 \text{ kg} \times \text{Rp. } 5.500/\text{kg} = \text{Rp } 72.105.000.000$ . dan potensi nilai bisa bertambah dari produk lain dari proses ini yaitu berupa pupuk.

Perhitungan potensi nilai diatas masih bisa bertambah karena basis yang dipakai adalah jumlah sapi perah sebanyak 6000 ekor, Sedangkan apabila project biogas plant ini selesai di tahun 2015 maka potensi bahan baku dan juga hasil nilai dapat meningkat karena di akhir tahun 2014 sapi perah akan bertambah secara paralel sebanyak 4000 ekor sapi perah dari australia ( Frisian Holstain) sehingga total diakhir tahun 2014 mencapai 10.000 ekor lebih sapi perah.

c. Aplikasi pada plant lain.

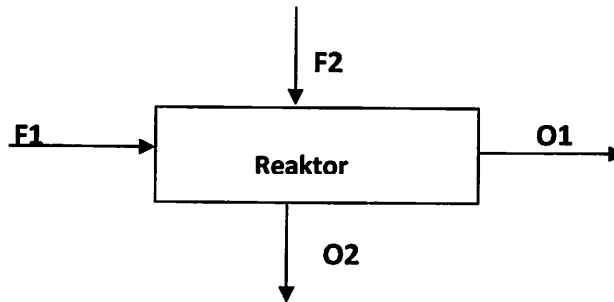
Saat ini perusahaan di daerah gunung kawi memiliki luas  $\pm 50$  hectare dan mampu menampung 10.000 ekor sapi, dan di tahun 2015 diproyeksikan membangun plant farm baru seluas  $\pm 180$  hectare ( Jawa Timur ) dimana berpotensi menampung hingga 2 sampai 3 kali lipat jumlah sapi sekarang dan juga Plant Dairy Processing baru seluas  $\pm 6$  hectare . Ditambah lagi perusahaan juga mempunyai 5 unit plant farm di china dengan kapasitas diatas 10000 ekor sapi. Sehingga project pabrik biogas juga dapat diaplikasikan pada plant baru nantinya maupun plant yang sudah ada di china.

### BAB III NERACA MASSA

#### 1. Reaktor CIGAR Biogas/Fermentor (R-210)

Komposisi biogas :

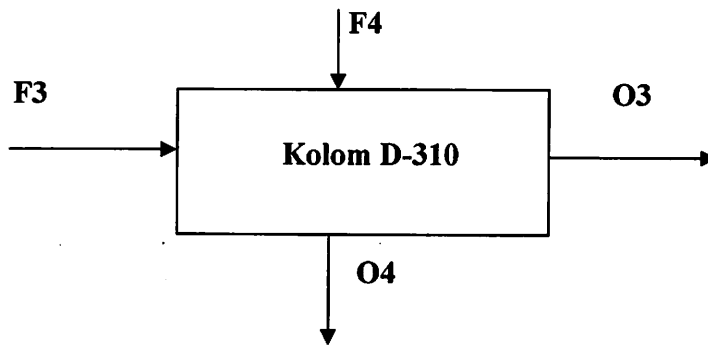
$\text{CH}_4 = 55 \%$  ,  $\text{CO}_2 = 40 \%$  ,  $\text{H}_2\text{S} = 5 \%$



Material	Aliran	Masuk		Keluar	
		Prosentase (%)	Satuan (kg)	Prosentase (%)	Satuan (kg)
Bahan organik (75%) dalam kotoran sapi	F1	75	16.837.632	-	-
Air (25 %) dalam kotoran sapi	F1	25	5.612.544	-	-
Bahan organik (10%) dalam whey	F2	10	249.446	-	-
Air (90%) dalam whey	F2	90	2.245.018	-	-
Biogas	O1	-	-	100	9.690.993
Total padatan sisa	O2	-	-	48,5	7.396.085
Total air	O2	-	-	51,5	7.857.562
Total		200	24.944.640	200	24.944.640

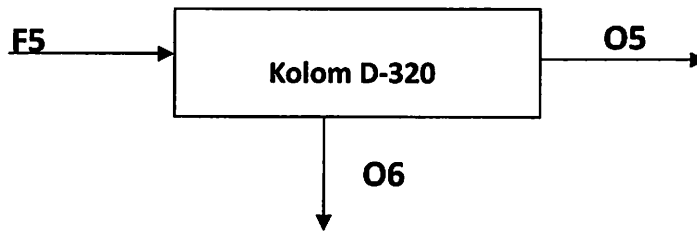


2. Kolom Absorpsi ( Absorber ) pertama (D-310)



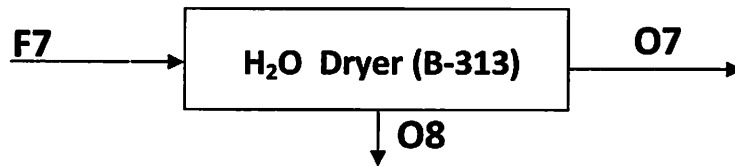
Material	Aliran	Masuk		Keluar	
		Prosentase (%)	Satuan (kg)	Prosentase (%)	Satuan (kg)
CH <sub>4</sub>	F3	55	5.330.046	?	?
CO <sub>2</sub>	F3	40	3.876.397	?	?
H <sub>2</sub> S	F3	5	484.550	?	?
H <sub>2</sub> O	F4	100	83.695.091	?	?
CH <sub>4</sub>	O3	?	?	59,08	5.330.046
CO <sub>2</sub>	O3	?	?	30,35	3.667.159
H <sub>2</sub> S	O3	?	?	0,27	24.177
H <sub>2</sub> O	O3	-	-	10,3	1.673.901
CO <sub>2</sub>	O4	?	?	0,25	209.238
H <sub>2</sub> S	O4	?	?	0,55	460.323
H <sub>2</sub> O	O4	?	?	99,2	82.021.190
Total		200	29.013,875	200	29.013,875

3. Kolom Absorpsi ( Absorber ) kedua (D-320)



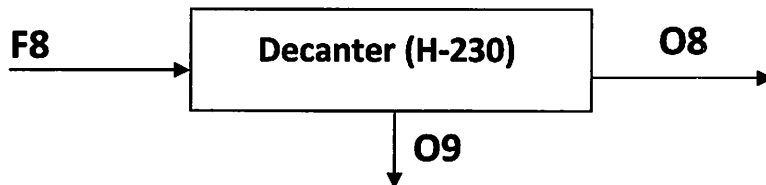
Material	Aliran	Masuk		Keluar	
		Prosentase(%)	Satuan(kg)	Prosentase(%)	Satuan(kg)
CH <sub>4</sub>	F5		5.330.046	-	-
CO <sub>2</sub>	F5		3.667.159	-	-
H <sub>2</sub> S	F5		24.177	-	-
CH <sub>4</sub>	O5	-	-	98	5.330.046
CO <sub>2</sub>	O5	-	-	1,99	108.233
H <sub>2</sub> S	O5	-	-	0,01	543
CO <sub>2</sub>	O6			99,3 %	3.558.926
H <sub>2</sub> S	O6			0.7 %	23.634
Total		100	9.021.382	200	9.021.382

4. Pengering Air (H<sub>2</sub>O Dryer) (B-313)



Material	Aliran	Masuk		Keluar	
		Prosentase(%)	Satuan (kg)	Prosentase(%)	Satuan(kg)
CH <sub>4</sub>	F7	49.84	5.330.046	-	-
CO <sub>2</sub>	F7	34.29	3.667.159	-	-
H <sub>2</sub> S	F7	0,22	24.177	-	-
H <sub>2</sub> O	F7	15,65	1.673.901	-	-
CH <sub>4</sub>	O7	-	-	59,08	5.330.046
CO <sub>2</sub>	O7	-	-	40,65	3.667.159
H <sub>2</sub> S	O7	-	-	0,27	24.177
H <sub>2</sub> O	O8	-	-	100	1.673.901
Total		100	10.695.283	200	10.695.283

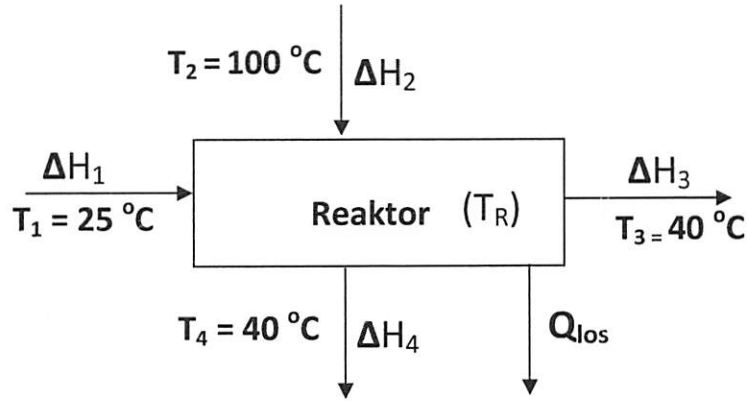
5. Pemisah Padatan (Decanter) (H-230)



Material	Aliran	Masuk		Keluar	
		Prosentase (%)	Satuan (kg)	Prosentase (%)	Satuan (kg)
Total padatan sisa	F8	48,5	7.396.085	-	-
Total air	F8	51,5	7.857.562	-	-
Total padatan sisa	O8			95	7.396.085
Total air	O8	-	-	5	389.268
Total air	O9	-	-	100	7.468.294
Total		100	15.253.647	200	15.253.647

**BAB IV**  
**NERACA PANAS**

**1. Tangki reaktor biogas ( R-210)**



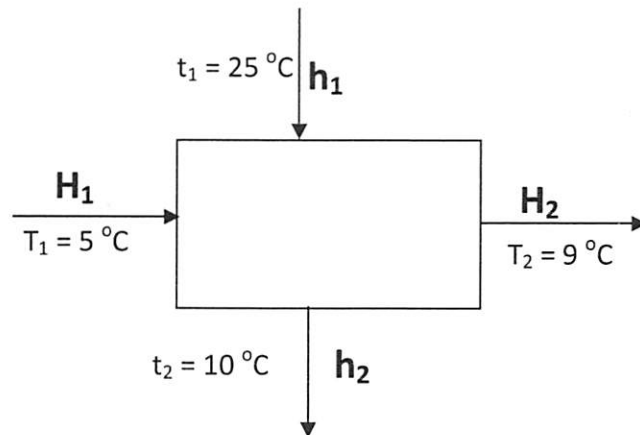
$$\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_r + \Delta H_3 + \Delta H_4 + Q_{\text{loss}}$$

$\Delta H_1$  = Panas umpan masuk ;  $\Delta H_2$  = Panas uap jenuh yang dipergunakan sebagai pemanas ;  $\Delta H_3$  = Panas biogas yang keluar sebagai produk ;  $\Delta H_4$  = Panas padatan yang keluar sebagai produk samping ;  $\Delta H_r$  = Panas reaksi ;  $Q_{\text{loss}}$  = Panas yang hilang dari reaktor

Neraca panas

Komponen	Panas Masuk	Panas Keluar
	Satuan (kJ)	Satuan (kJ)
Panas umpan masuk ( $\Delta H_1$ )	323.428,1085	-
Panas uap jenuh yang dipergunakan sebagai pemanas ( $\Delta H_2$ )	8.513.601,085	-
Panas biogas yang keluar sebagai produk ( $\Delta H_3$ )	-	7.211,4672
Panas padatan yang keluar sebagai produk samping ( $\Delta H_4$ )	-	280.793,8361
Panas reaksi ( $\Delta H_r$ )	-	7.771.839,9
Panas yang hilang dari reaktor ( $Q_{\text{loss}}$ )	-	777.183,99
<b>TOTAL</b>	<b>8.837.029.193</b>	<b>8.837.029.193</b>

## 2. Neraca panas pada heat exchanger (E-321)



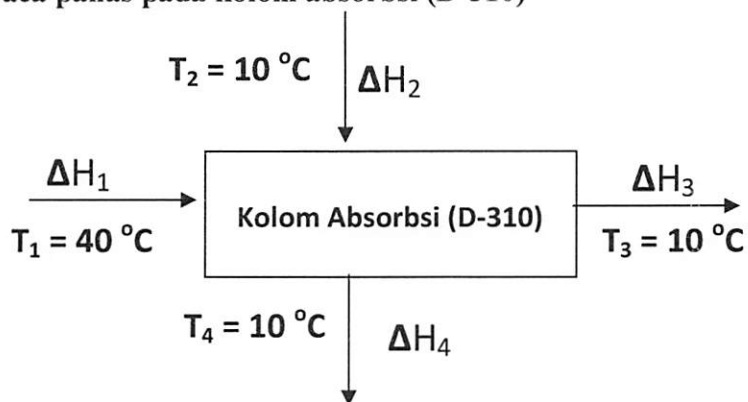
$$H_1 + h_1 = H_2 + h_2$$

- $T_1$  = suhu masuk air pendingin ke heat exchanger ;  $T_2$  = suhu keluar air pendingin dari heat exchanger ;  $t_1$  = suhu masuk air proses ke heat exchanger ;  $t_2$  = suhu keluar air proses dari heat exchanger ;  $t_{ref} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $H_1$  = Panas air proses yang masuk ke heat exchanger  
 $h_1$  = Panas air pendingin yang masuk ke heat exchanger  
 $H_2$  = Panas air proses yang keluar dari heat exchanger  
 $h_2$  = Panas air pendingin yang keluar dari heat exchanger

Neraca panas

Komponen	Panas Masuk	Panas Keluar
	Satuan (kJ/jam)	Satuan (kJ/jam)
Panas air proses ( <b>H</b> )	273.032,0775	109.212,8310
Panas air pendingin ( <b>h</b> )	204.774,0576	368.593,3037
TOTAL	<b>477.806,135</b>	<b>477.806,135</b>

## 3. Neraca panas pada kolom absorpsi (D-310)



$$\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_3 + \Delta H_4$$

$\Delta H_1$  = Panas biogas yang masuk kolom absorpsi

$\Delta H_2$  = Panas air proses yang masuk kolom absorpsi

$\Delta H_3$  = Panas biogas yang keluar dari kolom absorpsi

$\Delta H_4$  = Panas larutan hasil absorpsi yang keluar dari kolom absorpsi

Neraca panas

Komponen	Panas Masuk	Panas Keluar
	Satuan (kJ/jam)	Satuan (kJ/jam)
Panas air pelarut (air proses)	109.212,8310	109.711, 08
Panas biogas	7.211,4672	6.713,2182
TOTAL	<b>116.424,2982</b>	<b>116.424,2982</b>

**BAB V**  
**SPEKIFIKASI ALAT**

Kapasitas produksi = 13110 ton/tahun  
 Waktu operasi = 24 jam / hari ; 330 hari / tahun  
 Satuan massa = kilogram / jam  
 Satuan panas = kilojoule / jam

No	Nama Alat	Kode	Spesifikasi	Jumlah
1	Tangki bahan baku	F-110 & F-120	<p>Fungsi: Menampung kotoran sapi / whey keju</p> <p>Type : silinder tegak dengan tutup atas datar dan bawah conis</p> <p>Dasar pemilihan : umum digunakan untuk menampung padatan</p> <p><b><u>Kondisi Operasi:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tekanan = 1 atm (tekanan atmosfer)</li> <li>- Suhu = 25°C (suhu kamar)</li> <li>- Waktu penyimpanan = 7 hari</li> </ul> <p><b><u>Spesifikasi :</u></b></p> <p>Volume: 4620 cuft = 132 m<sup>3</sup></p> <p>Diameter: 10 ft</p> <p>Tinggi : 30 ft</p> <p>Tebal shell : 3/16 in</p> <p>Tebal tutup atas : 3/16 in</p> <p>Tebal tutup bawah : 3/16 in</p> <p>Bahan konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C</p> <p><b><u>Dimensi Pengaduk</u></b></p> <p>Diameter pengaduk : 30 in</p> <p>Panjang pengaduk : 6,5 in</p> <p>Lebar pengaduk : 6,5 in</p>	@1 buah
2	Fermentor / Reaktor CIGAR	R-210	<p>Spesifikasi :</p> <p>Fungsi : Memfermentasikan whey keju dan kotoran sapi untuk membentuk biogas.</p> <p>Type : Type Lagoon Integrasi dengan tanah</p> <p><b><u>Dimensi :</u></b></p> <p>Panjang = 80 meter</p> <p>Lebar = 40 meter</p> <p>Kedalaman / tinggi = 8.5 meter</p> <p>Volume = Max. 25.600 m<sup>3</sup></p>	1 buah

			Plastic HDPE untuk dasar CIGAR = 5265 m <sup>2</sup> Plastic HDPE untuk cover CIGAR = 2632,5 m <sup>2</sup>	
3	Tangki NaOH	F - 211	Fungsi : Menetralkan keasaman dalam reaktor. Type : Silinder tegak , tutup atas dished, tutup bawah conis dilengkapi pengaduk. <b><u>Spesifikasi :</u></b> Dimensi Shell : Diameter Shell , inside : 2 ft Tinggi Shell : 4 ft Tebal Shell : 3/16 in <b><u>Dimensi tutup :</u></b> Tebal tutup atas (dished) : ¼ in Tinggi Tutup atas : 0,55 ft Tebal tutup bawah (conis) : 3/16 in Tinggi Tutup bawah : 0,40 ft Bahan konstruksi : Stainless steel 316	3 buah
4	Pompa - 1	L-121, L-111,	Fungsi : Memindahkan bahan dari F-110 dan F-120 ke R-210 Type : Centrifugal Pump Dasar Pemilihan : sesuai untuk viskositas >10 cP dan tekanan yang rendah. <b><u>Spesifikasi :</u></b> Bahan konstruksi : Commercial Steel Rate Volumetrik : 30 gpm Total DynamicHead : 59 ft.lbf/lbm Effisiensi motor : 80% Power : 2,2 hp = 2 kW	@2 buah
5	Pompa - 2	L-212	Fungsi : Memindahkan bahan dari R-210 ke decanter sentrifuge Type : Centrifugal Pump Dasar Pemilihan : sesuai untuk viskositas >10 cP dan tekanan yang rendah. <b><u>Spesifikasi :</u></b> Bahan konstruksi : Commercial Steel Rate Volumetrik : 30 gpm Total DynamicHead : 59 ft.lbf/lbm Effisiensi motor : 80% Power : 2,2 hp = 2 kW	2 buah
6	Gas Holder	F - 220	Fungsi : Menampung biogas hasil fermentasi sebelum diproses dalam kolom absorber	2 buah



			<p>Type : Silinder tegak , tutup bawah datar dan tutup atas hemispherical</p> <p><b><u>Spesifikasi :</u></b></p> <p>Volume : 3600 cuft  Diameter : 180 in  Tinggi : 179,625 in  Tebal shell : 3/16 in  Tebal tutup atas : 3/16 in  Tebal tutup bawah : ¼ in  Bahan konstruksi : Carbon steel SA-240 grade C type 347</p>	
6	Pompa – 3	L-222, L-312	<p>Fungsi : Memindahkan cairan (air)</p> <p>Type : Centrifugal Pump</p> <p>Dasar Pemilihan : sesuai untuk viskositas &lt; 10 cP dan tekanan yang rendah.</p> <p><b><u>Spesifikasi :</u></b></p> <p>Bahan konstruksi : Commercial Steel  Rate Volumetrik : 8,20 gpm  Total DynamicHead : 24,06 ft.lbf/lbm  Effisiensi motor : 80%  Power : 1,5 hp = 1,2 kW</p>	1 buah
7	Kolom Absorber	D – 310	<p>Fungsi : Menyerap H<sub>2</sub>S dan CO<sub>2</sub></p> <p>Type : Sieve Tray, Silinder, tutup bawah dan atas berbentuk dished</p> <p><b><u>Spesifikasi :</u></b></p> <p>Volume : 120 cuft  Diameter : 60 in  Tinggi : 84 in  Tebal shell : 3/16 in  Tebal tutup atas : 3/16 in  Tebal tutup bawah : 3/16 in  Bahan konstruksi : Carbon steel SA-135 grade B</p>	2 buah
8	Kolom Absorber	D-320	<p>Fungsi : Menyerap CO<sub>2</sub></p> <p>Type : Bulk packing, Silinder, tutup bawah dan atas berbentuk dished</p> <p><b><u>Spesifikasi :</u></b></p> <p>Volume : 120 cuft  Diameter : 60 in  Tinggi : 84 in  Tebal shell : 3/16 in  Tebal tutup atas : 3/16 in</p>	2 buah

			<p>Tebal tutup bawah : 3/16 in          Bahan konstruksi : Carbon steel SA-135 grade B</p>	
9	Cooler	E - 311	<p>Fungsi : Mendinginkan air proses dari 25°C menjadi 10°C          Type : 1 – 2 Shell and Tube Heat Exchanger (Fixed Tube)  <u>Spesifikasi :</u>          Tube : OD = ¾ in ; 16 BWG          Panjang = 16 ft          Pitch = 1 in square          Jumlah Tube , Nt = 160          Passes = 2          Shell : ID = 22,0 in          Passes = 1          Bahan konstruksi shell = Carbon steel          Heat Exchanger Area , A = 1150 ft<sup>2</sup></p>	2 buah
7	Tangki Gas Metana	F-410, F-420	<p>Fungsi : Penyimpanan gas metana untuk diumpankan ke sistem enjin          Type : Bulk packing, Silinder, tutup bawah dan atas berbentuk dished          Spesifikasi :          Volume : 120 cuft          Diameter : 60 in          Tinggi : 84 in          Tebal shell : 3/16 in          Tebal tutup atas : 3/16 in          Tebal tutup bawah : 3/16 in          Bahan konstruksi : Carbon steel SA-135 grade B</p>	2 buah
8	Decanter Centrifuge	H - 230	<p>Fungsi : memisahkan padatan organik dengan air          Type : Centrifuge dengan blade          Spesifikasi :          Bahan : Carbon Steel          Kapasitas maksimum : 200 gpm          Diameter blade rotating : 20 in          Speed : 7500 rpm          Maximum Centrifugal Force : 10400 lbf/ft<sup>2</sup>          Power Motor : 6 Hp          (automatic continuous discharge cake)</p>	1 buah
9	Screw	J - 240	Fungsi : memindahkan bahan padatan	1 buah

	Conveyor		organik ke penampungan akhir Type : Plain spouts or chutes <b><u>Spesifikasi :</u></b> Kapasitas : 55 cuft/jam Panjang : 30 ft Diameter : 9 in Kecepatan putaran : 12 rpm Power : 1 hp	
10	Kompresor	G-221, G-314, G-321, G-411	Fungsi : Menaikkan tekanan biogas / gas metana Type : Liquid Ring Pump Compressor <b><u>Spesifikasi :</u></b> Bahan : Commercial Steel Rate Volumetrik : 2500 cuft/menit Adiabatic Head : 12000 ft.lbf/lbm gas Effisiensi motor : 80% Power : 80 hp	7 buah

## BAB VI

### PERANCANGAN ALAT UTAMA

**Syaiful Effendy 1214918**

Nama alat : Reaktor

Kode alat : R-210

Fungsi : Sebagai tempat untuk bereaksinya kotoran sapi dan whey keju membentuk biogas. Dengan reaksi sebagai berikut :



Tipe : CIGAR (Covered In Ground Anaerobic Reactor).

#### **Dasar Perencanaan**

Untuk mengendalikan temperatur operasi pada reaktor, yaitu pada suhu 40<sup>0</sup> C dan tekanan 1 atm,. Untuk mengontrol kondisi operasi, maka perlu dipasang instrumentasi yang meliputi level control, pH control, temperatur control.

Kondisi Operasi : temperatur = 40<sup>0</sup> C = 104<sup>0</sup> F

tekanan = 1 atm

waktu fermentasi = 11,5 hari

Direncanakan

- Bahan konstruksi : Type Lagoon Integrasi dengan tanah

**Rancangan dimensi CIGAR (Covered In Ground Anaerobic Reactor).**

Panjang = 80 meter

Lebar = 40 meter

Kedalaman / tinggi = 8.5 meter

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{Panjang (80 meter)} \times \text{Lebar (40 meter)} \times \text{Tinggi (8.5 meter)} \\ &= 27.200 \text{ m}^3 \text{ meter} \\ &= \text{Efektifitas lagoon for safety} = \text{Max. } 25.600 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Kapasitas : 25.600 m<sup>3</sup> (Density Manure Cow : 974.4 kg/m<sup>3</sup>)
- Laju umpan CIGAR = 25.600 x 974,4 = 24.944.640 kg ≈ 24.945 Ton
- 1 kg bahan organik menghasilkan 350 liter Biogas (V)

(Basic Request From Project Manager & Plant existing at Thailand)

Maka dari 24.944.640 kg bahan organik menghasilkan =

$$(24.944.640 / 1) \times 350 = 8.730.624.000 \text{ liter biogas} = 8.730.624 \text{ m}^3$$

Density ( $\rho$ ) biogas pada suhu 40°C = 1,11 kg/m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} \text{Berat biogas} &= V \times \rho = 8.730.624 \times 1,11 = 9.690.992,64 \text{ kg} \\ &\approx 9.690.993 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Perhitungan kebutuhan Plastic HDPE untuk dasar CIGAR (Covered In Ground Anaerobic Reactor).**

Panjang = 90 meter ( 2 sisi x 5 meter + 80 meter ) +, Lebar = 40 meter ( Lebar = 40 meter + Lebar terpendam tanah 2 sisi = 10 meter + Tinggi = 8.5 meter)

$$\text{Total Kebutuhan Plastic HDPE} = \text{panjang} \times \text{lebar} = 90 \text{ m} \times 58,5 \text{ m} = 5265 \text{ m}^2$$

Perhitungan kebutuhan Plastic HDPE untuk Cover atas CIGAR (Covered In Ground Anaerobic Reactor). (Basic Request From Project Manager & Plant existing at Thailand) yaitu memakai 50 % total kebutuhan Cover dasar CIGAR dengan acuan gas secara temporary akan langsung dihisap untuk pemisahan methane tanpa menunggu volume penuh seperti kapasitas volume biogas,

$$\text{Total Kebutuhan Plastic HDPE} = 0,5 \times 5265 \text{ m}^2 = 2632,5 \text{ m}^2$$

## BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA

**RosliNormansyah 1214904**

### 6.1. Spesifikasi Alat Utama

Nama Alat	: Absorber
Kode Alat	: D-310
Fungsi	: Untuk Mengabsorpsi gas H <sub>2</sub> S dan CO <sub>2</sub>
Type	: Sieve Tray
Jumlah	: 1 Buah

### 6.2. Data Perancangan

Suhu gas Masuk	: 30 °C = 303 °K
Suhu Liquid Masuk	: 10 °C = 283 °K
Tekanan Operasi	: 2 atm

### 6.3 Dasar Perancangan

Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA - 135 grade B
Perlengkapan	: Nozzle ; untuk * Pemasukan Gas * Pemasukan Liquid * Pengeluaran Gas * Pengeluaran Liquid

## 6.4 Neraca Massa

Basis 1 jam

Material	Fase	Masuk		
		Prosentase (%)	( kg/jam )	( Lb/jam )
<b>CH<sub>4</sub></b>	Gas	55	1,655.981	3,650.78
<b>CO<sub>2</sub></b>	Gas	40	1,204.35	2,655.11
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Gas	5	150.544	331.89
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Liquid	100	26,003.00	57,326.21
Total		200	29,013.875	63,963.99
Total Gas		100	3,010.88	6,637.775
Total Liquid		100	26,003.00	57,326.21

Material	Fase	Keluar		
		Prosentase (%)	( Kg/jam )	( Lb/jam )
<b>CH<sub>4</sub></b>	Gas	59.08	1,655.98	3,650.776
<b>CO<sub>2</sub></b>	Gas	40.65	1,139.35	2,511.811
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Gas	0.27	7.527	16.594
<b>CO<sub>2</sub></b>	Gas	0.25	65	143.299
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Gas	0.55	143.02	315.295
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Liquid	99.2	26,003.00	57,326.214
Total		200	29,013.875	63,963.989
Total Gas		100.8	3,010.88	6,637.775
Total Liquid		99.2	26,003.00	57,326.214

Material	BM
<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>16</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>44</b>
<b>H<sub>2</sub>S</b>	<b>34</b>
<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>18</b>
<b>Total</b>	<b>112</b>

## 6.5 Perhitungan Bagian Kolom Absorber

### 6.5.1 Perhitungan Diameter Kolom Absorber

$$V = 3,010.88 \text{ kg/jam} = 6635.9685 \text{ lb/jam} \quad \text{BM Gas} = 112$$

$$L = 26,003.00 \text{ kg/jam} = 57310.612 \text{ lb/jam} \quad \text{BM H}_2\text{O} = 18$$

#### Densitas Campuran:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{gas}} &= (\text{BM}/V) \times (T_0/T_1) \times (P_1/P_0) = \frac{112}{6,635.97} \times \frac{273}{303.00} \times \frac{2}{1.00} \\ &= 0.03041331 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 0.00048476 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{gas}}$  (perrys table 3-90, edisi 6)

$$\begin{aligned} \rho_{\text{gas}} &= 1.1042 \text{ g/cm}^3 \\ &= 68.933 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

#### Volumetrik Flow Rate:

$$\begin{aligned} Q_v &= \frac{V \times 1 \text{ jam}}{\rho_v \times 3600 \text{ det}} = \frac{6635.9685}{0.03041331} \times \frac{1}{3600} \\ &= 60.6091361 \text{ ft}^3/\text{det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= \frac{L \times 1}{\rho_L \times 60} = \frac{57310.612}{68.933} \times \frac{1}{60} \\ &= 13.8566 \text{ gpm} \end{aligned}$$

#### Surface Tension Bahan ( $\sigma$ ):

Surface Tension Bahan ( $\sigma$ ) diprediksi dengan cara memakai persamaan 3-151 perrys edisi 6

$$\sigma^{1/4} = (P) (\rho_L - \rho_v)$$

Dari table 3- 343, Perrys edisi 6 didapat

$$\text{H}_2\text{O} = (P) = 29.8$$

$$\text{H}_2\text{S} = (P) = 49.1$$

$$\text{Total} = 78.9$$



maka;

$$\sigma^{1/4} = (P) (\rho L - \rho v)$$

$$\sigma^{1/4} = 78.9 \times \frac{1.1042}{18} - \frac{0.00048}{112}$$

$$\sigma^{1/4} = 78.9 \times 0.061344 - 4.32819E-06$$

$$\sigma^{1/4} = 4.8 \text{ dyne/cm}^3$$

$$\sigma = 1.483 \text{ dyne/cm}^3$$

### Perancangan Sieve Tray :

Diansumsikan Harga;

$$\text{Tray} = 2 \text{ dc} = \$ 2 / \text{ft}^2$$

$$\text{Down Corner} = \$ 1 / \text{ft}^2$$

$$\text{Dinding Kolom} = \$ 8 / \text{ft}^2$$

$$L_{w/d} = 60\%$$

Persamaan yang digunakan:

$$G = C \sqrt{\rho(\rho L - \rho V)}$$

Harga C dan T didapat dari Ludwig hal 56 :

$$\text{Tray Spacing ( T )} = 10 \text{ in}$$

$$\sigma = 1.483 \text{ dyne/cm}^3$$

$$\text{Maka didapat C ( faktor) } = 120$$

$$d = 1.13 \sqrt{\frac{V_m}{G}}$$

Dimana:

$$V_m = 1.3 \times V \text{ maximum}$$

$$= 1.3 \times 6,637.775 \text{ lb/jam}$$

$$= 8,629.108 \text{ lb/jam}$$

Untuk Perhitungan Biaya:

$$G = C \sqrt{\rho(\rho L - \rho V)}$$

$$G = 120 \sqrt{0.030413 (68.933 - 0.030413)}$$

$$G = 120 \sqrt{2.09556}$$

$$G = 173.7124 \text{ lb/ft}^3$$

Maka;

$$d = 1.13 \sqrt{\frac{V_m}{G}}$$

$$d = 1.13 \sqrt{\frac{8,629.108}{173.712}}$$

$$d = 1.13 \sqrt{49.67467}$$

$$d = 1.13 \times 7.04803$$

$$d = 7.96427 \text{ ft}$$

### 6.5.2 Menentukan Type Aliran

Diambil :

$$d \text{ Optimum} = 7.96427 \text{ ft} = 95.57123436 \text{ in}$$

$$\text{Tray Spacing ( T )} = 10 \text{ in}$$

Menentukan Type Aliran:

$$d = 7.96427 \text{ ft}$$

$$L = 13.8566 \text{ gpm}$$

dari tabel 8.2 Ludwig didapat type aliran **Reverse Flow**

### 6.5.2 Evaluasi Terhadap hasil Rancangan

Pengecekan terhadap aliran liquid head ( hd )

persamaan yang digunakan :

$$\begin{aligned} Q_{\text{max}} &= 1.3 \times L \\ &= 1.3 \times 13.8566 \text{ gpm} \\ &= 18.01358 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\min} &= 0.7 \times L \\
 &= 0.7 \times 13.8566 \text{ gpm} \\
 &= 9.69962 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

Persamaan yang digunakan :

$$L_{w/d} = \% d$$

$$h_{ow \max} = \frac{Q_{\max}^{2/3}}{2.98 \times L_{w/d}^{2/3}}$$

$$h_{ow \min} = \frac{Q_{\min}^{2/3}}{2.98 \times L_{w/d}^{2/3}}$$

$$hw = 1.5 < hw < 3.5 \text{ in}$$

$$hl = how + hw$$

Dari persamaan diatas dapat ditentukan optimalisasi  $L_{w/d}$

$$L_{w/d} = 60\% = 0.6$$

Perhitungan dapat dilihat pada table berikut :

$L_{w/d}$	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85
$L_{w/d} \text{ (in)}$	23.43	25.38	27.34	29.29	31.24	33.20
$how_{\max} \text{ (in)}$	0.4053	0.3842	0.3656	0.3492	0.3345	0.3212
$how_{\min} \text{ (in)}$	0.2682	0.2543	0.2420	0.2311	0.2214	0.2126
$hw \text{ (in)}$	3.5000	3.5000	3.5000	3.5000	3.5000	3.5000
$hl_{\max} \text{ (in)}$	3.9053	3.8842	3.8656	3.8492	3.8345	3.8212
$hl_{\min} \text{ (in)}$	3.7682	3.7543	3.7420	3.7311	3.7214	3.7126

Optimalisasi diameter kolom absorber dengan :

$$L_{w/d} = 60\% = 0.6$$

$$Ad = 5,254 \% \times At \quad (\text{Ludwig Fig. 8.48})$$

Perhitungan :

$$\text{- diambil } hw - hc = 1/4 = 0,25$$

$$\text{, sehingga } hc = 2.50 - 0,25 = 2,25 \text{ in}$$

$$\text{- } Ac = Lw \times hc = (5,254 \times 2,25) / 144 = 0,2397 \text{ ft}^2$$

- $Ad = 5,254 \% \times At$   
 $= 0,0525 \times \pi / 4 \times (39,0546 / 12)^2 = 0,4365 \text{ ft}^2$
- $Ap = \text{harga terkecil antara } Ac \text{ dan } Ad, \text{ dipakai } Ac = 0,4365 \text{ ft}^2$
- $hd = 0,03 \times \left[ \frac{Q}{(100 \times Ap)} \right]^2$
- Dimana  $hd \leq 1$

$$= 0,03 \times \left[ \frac{Q}{(100 \times 0,4365)} \right]^2$$

$$= 0,0012 < 1 \text{ in (memenuhi)}$$

Jadi tray spacing yang bagus didapat jika  $hd \leq 1$

Mengecek harga tray spacing :

Data perencanaan :

$$L_{w/d} = 60 \%$$

$$hw = 3,5 \text{ ft}$$

$$h_{ow} = 0,4365 \text{ in}$$

$$d = 2,1308 \text{ ft} = 25,5699 \text{ in}$$

$$hd = 0,0012 \text{ in}$$

$$hl = 3,5856 \text{ in}$$

Bentuk = segitiga

Dimana :

jika diameter ( d ) < 5 ft, maka :

$$Ws = 3 \text{ in}$$

$$Ww = 3 \text{ in}$$

$$Wd = 10 \% \times d \quad (\text{fig. 8.48 hal 77, Ludwig vol 2})$$

$$= 10 \% \times 39,0546 \text{ in}$$

$$= 3,9055 \text{ in}$$

$$x = \frac{d}{2} - \left[ \frac{(Wd + Ws)}{2} \right]$$

$$= \frac{3,2546}{2} \text{ ft} - \left[ \frac{3,9055 + 3}{12} \text{ in} \right]$$

$$= 1,0518 \text{ ft}$$

$$r = \frac{d}{2} - Ww/12$$

$$= \frac{3,2546}{2} - \frac{3}{12}$$

$$= 1,3773 \text{ ft}$$

$$Ac = At - Ad$$

$$= \left( \frac{\pi}{4} \times (3,2546 \text{ ft})^2 \right) - \left( \frac{5,254 \% \times \pi}{4} \times (39,0546 / 12 \text{ ft})^2 \right)$$

$$= 0,4369 \text{ ft}^2$$

$$Aa = 2 \{ (x(r^2 - x^2)^{0,5}) + r^2 \cdot \sin^{-1}(x/r) \}$$

$$= 2 \{ (1,0518 (1,3773^2 - 1,0518^2)^{0,5}) + 1,3773^2 \cdot \sin^{-1}(1,0518 / 0,8154) \}$$

$$= 2 (0,9353 + 1,6476)$$

$$= 5,1657 \text{ ft}^2$$

Trial untuk jarak antar lubang ( n ) = 4

$$\begin{aligned} A_0 &= (0,9056/n^2) \times A_a \\ &= (0,9056/4^2) \times 5,1657 \text{ ft}^2 \\ &= 0,2923 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_0 &= V_{\max} / A_0 \\ &= 1,7486 / 0,2923 \\ &= 5,9822 \text{ ft}^3/\text{det} \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned} \text{hpm} &= 12 \times \left( \frac{\rho_v}{\rho_L} \right) \times 1,14 \times \left( \frac{V_0^2}{2gc} \right) \times \left( 0,4 \times 1,25 - \frac{A_0}{A_c} \right) + \left( 1 - \frac{A_0}{A_c} \right)^2 \\ &= 12 \times \left( \frac{0,6211}{68,933} \right) \times 1,14 \times \left( \frac{5,9888^2}{2 \times 32,2} \right) \times \left( 0,4 \times 1,25 - \frac{0,2923}{0,4369} \right) + \left( 1 - \frac{0,2923}{0,4369} \right)^2 \\ &= 0,0234 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{hr} &= 31,2 / \rho_L \\ &= 31,2 / 68,933 \\ &= 0,453 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_t &= h_p + h_r + h_l \\ &= 0,0234 + 0,453 + 3,5856 \\ &= 4,0620 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{hb} &= h_l + h_t + h_d \\ &= 3,5856 + 4,0620 + 0,0012 \\ &= 7,6488 \text{ in} \end{aligned}$$

**D. Stabilitas Tray dan Weeping**

Syarat stabil :

$$h_b / (T + h_w) < 0,5$$

$$7,6488 / (10 + 3,5) = 0,4809 < 0,5 \text{ (memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} h_{pw} &= 0,05 h_l + 0,2 \\ &= (0,05 \times 3,5856) + 0,2 \\ &= 0,3793 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_0 &= V_{min} / A_0 \\ &= (0,9416) / 0,2923 \\ &= 3,2213 \text{ ft}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{pm} &= 12 \times \left( \frac{\rho_v}{\rho_L} \right) \times 1,14 \times \left( \frac{V_0^2}{2gc} \right) \times \left( 0,4 \times 1,25 - \frac{A_0}{A_c} \right) + \left( 1 - \frac{A_0}{A_c} \right)^2 \\ &= 12 \times \left( \frac{0,6211}{68,933} \right) \times 1,14 \times \left( \frac{3,2213^2}{2 \times 32,2} \right) \times \left( 0,4 \times 1,25 - \frac{0,2923}{0,4369} \right) + \left( 1 - \frac{0,2923}{0,4369} \right)^2 \\ &= 0,0068 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat stabil} &= h_{pm} > h_{pw} \\ &= 0,0234 > 0,0068 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

**E. Entrainment**

Syarat tidak terjadinya entrainment adalah :

$$\frac{E_0}{E} \geq 1$$

Dimana :

$$E = 0,22 \times \left( \frac{73}{\alpha} \right) \times \left( \frac{U_c}{T_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\begin{aligned} U_c &= V_{\max} / A_c \\ &= 1,7486 / 0,4369 \\ &= 4,0020 \text{ ft/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= T - 2,5 h_l \\ &= 10 - (2,5 \times 3,5856) \\ &= 1,0360 \text{ in} \end{aligned}$$

$$E_0 = 0,1$$

$$\begin{aligned} E &= 0,22 \times \left( \frac{73}{\alpha} \right) \times \left( \frac{4,0020}{1,0360} \right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 3,8895 \end{aligned}$$

Maka :

$$\frac{E}{E_0} = \frac{3,8895}{0,1} = 38,8950 > 1 \quad (\text{memenuhi})$$

#### **F. Pelepasan uap dalam down Corner**

Syarat pelepasan uap yang memenuhi dalam down corner :

$$\frac{W_l}{W_d} \leq 0,6$$

Dimana :

$$W_l = 0,8 \times (h_{ow} (T + h_w - h_b))^{0,5}$$



$$= 0,8 \times (0,0856 (10 + 3,5 - 7,6488))^{0,5}$$

$$= 0,5662 \text{ in}$$

$$W_d = 2,5570 \text{ in}$$

$$\frac{W_1}{W_d} = \frac{0,5662}{2,5570} = 0,2214 < 0,6 \quad (\text{memenuhi})$$

### G. Menentukan jumlah tray teoritis

Tekanan uap H <sub>2</sub> S dan CO <sub>2</sub> pada 303 K	= 760 mmHg
Gas masuk ( V <sub>N</sub> + 1 )	= 30,8490 lbmol/jam
Fraksi H <sub>2</sub> S + CO <sub>2</sub> masuk ( Y <sub>N</sub> + 1 )	= 0,0459
Fraksi CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> S dalam NaOH penyerap masuk kolom	= 0
( NaOH ) penyerap masuk kolom ( L <sub>0</sub> )	= 39,1340 lbmol/jam
Liquid keluar bottom absorber ( L <sub>N</sub> )	= 39,1740 lbmol/jam
Fraksi mol CO <sub>2</sub> yang tidak terserap ( Y <sub>1</sub> )	= 0,0094
Gas – gas yang terserap	= 1,4310 lbmol/jam
Gas – gas yang tidak terserap	= 37,4210 lbmol/jam
Total gas yang keluar kolom ( Y <sub>N</sub> )	= 3,7421 lbmol/jam

$$\text{Pada T} = 30^{\circ}\text{C} = 86^{\circ}\text{F}, \quad \text{Poperasi} = 2 \text{ atm} = 1520 \text{ mmHg}$$

$$K_{\text{TOT}} = \frac{P(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S})}{P_{\text{op}}} = \frac{760\text{mmHg}}{1520\text{mmHg}} = 0,5 \text{ mmHg}$$

$$Y_A = k \cdot X_A = (0,05) \cdot X_A$$

$$A_1 = \frac{L}{(k \times V)} = \frac{L_0}{(k \times V_1)}$$

$$A_1 = \frac{39,134}{(0,5 \times 37,4210)} = 2,0916$$

$$A_2 = \frac{L_N}{(k \times V_{N+1})}$$

$$A_2 = \frac{39,174}{(0,5 \times 38,8490)} = 2,0167$$

$$A = \sqrt{A_1 \times A_2}$$

$$A = \sqrt{2,0916 \times 2,0167} = 2,0538$$

Dari persamaan analitis Kremser ( persamaan 10.3 – 25, Geankoplis hal, 593 )

$$N = \frac{\log \left[ \frac{Y_{N+1} - mX_0 \left( 1 - \frac{1}{A} \right)}{Y_1 - mX_0 \left( 1 - \frac{1}{A} \right)} \right] + \frac{1}{A}}{\log A}$$

$$N = \frac{\log \left[ \frac{0,0459 - 0 \left( 1 - \frac{1}{2,0538} \right)}{0,00941 - 0 \left( 1 - \frac{1}{2,0538} \right)} \right] + \frac{1}{2,0538}}{\log 2,0538}$$

$$= 2.2034$$

Effisiensi tray = 50 %

Maka jumlah plate actual

$$N_{aktual} = (2,2034 / 50) \times 100 = 4,4068 \approx 4 \text{ tray}$$

#### **H. Menentukan Tinggi Kolom**

Tinggi kolom ( H ) = ( n - 1 ) T + tinggi puncak + tinggi ruang bawah

- **Menghitung tinggi ruang bawah yang akan ditempati liquid dalam menara absorber**

Rate dalam liquid = 71 5170 lb/jam

$$\text{Volume liquid} = \left( \frac{m}{\rho} \right) \times \text{waktu tinggal}$$

$$= \left( \frac{71,5170}{68,933} \right) \times 1 \text{ jam}$$

$$= 1,0375 \text{ ft}^3$$

Jika ditentukan tinggi ruang bawah 8 ft, maka :

$$\begin{aligned} \text{Volume ruang bawah} &= \pi / 4 \times d^2 \times L \\ &= \pi / 4 \times 3,2546^2 \times 8 \\ &= 66,5204 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Karena ruang bawah > volume liquid, maka tinggi ruang bawah memenuhi syarat.

- **Menghitung ruang atas yang akan ditempati oleh gas dalam menara absorber.**

$$\text{Rate gas} = 498,778 \text{ lb/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume gas} &= \left( \frac{m}{\rho} \right) \times \text{waktu tinggal} \\ &= \left( \frac{498,778}{68,933} \right) \times 1 \text{ jam} \\ &= 7,2357 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Jika ditentukan tinggi ruang bawah 10 ft, maka:

$$\begin{aligned} \text{Volume ruang bawah} &= \pi / 4 \times d^2 \times L \\ &= \pi / 4 \times 3,2546^2 \times 10 \\ &= 83,1505 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Karena volume ruang atas > volume gas maka, tinggi ruang atas memenuhi syarat.

Jadi tinggi kolom :

$$\begin{aligned} H &= [(3,2546 - 1) \times (10/12)] + 8 + 10 \\ &= 19,8788 \text{ ft} = 6,0591 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Menentukan tebal shell**

Dengan persamaan 3.6, Brownel and Young :

$$T_s = \left[ \frac{P_i \times d_i}{2(f \cdot E - 0,6 \cdot P_i)} \right] + C$$

**Direcanakan :**

Bahan konstruksi adalah Carbon Steel SA – 135 Grade B

$$f = 12.750 \text{ ln/in}^2$$

$$C = 2/16 \text{ in}$$

$$E = 0,85$$

$$\text{Tekanan operasi} = 2 \text{ atm} = 29,392 \text{ Psia}$$

$$\text{Tekanan design} = 3 \text{ atm} = 44,088 \text{ Psia}$$

$$\begin{aligned} T_s &= \left[ \frac{44,088 \times 25,5696}{2(12.750 \times 0,85) - (0,6 \times 44,088)} \right] + \frac{2}{16} \\ &= \frac{2,8342}{16} = \frac{3}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

$$d_0 = d_i + 2t_s$$

$$= 39,0546 + 2(3/16)$$

$$= 39,4296, \text{ in}$$

Standarisasi  $d_0$ , table 5 – 7, Brownel and Young, hal 89

Didapatkan harga  $d_0 = 40 \text{ in}$ ,  $icr = 2,5 \text{ in}$ ,  $r = 40 \text{ in}$

$$\begin{aligned}
 d_i &= d_o - 2 t_s \\
 &= 40 - 2 (3/16) \\
 &= 39,625 \text{ in} = 3,3021 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

- **Menentukan tebal tutup**

Direncanakan tutup atas dan bawah standart dishhead

Untuk  $t_s = 3/16$ , maka  $r = 40 \text{ in}$  ( App. D Brownell & Young, hal 89 )

$$\begin{aligned}
 t_h &= \frac{0,885 \times P_i \times r}{2[(f \times E) \times (0,1 \times P_i)]} + C \\
 t_h &= \frac{0,885 \times 44,088_i \times 40}{2[(12,750 \times 0,85) \times (0,1 \times 44,088)]} + \frac{2}{16} \\
 &= 2,7118 / 16 \text{ in} \approx 3/16 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- **Menentukan tinggi tutup**

Tutup atas dan tutup bawah adalah standart dishhead :

$$\begin{aligned}
 H_b &= 0,169 \times d \\
 &= 0,169 \times 3,3021 \text{ ft} \\
 &= 0,5581 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Jadi tinggi tower adalah :

$$\begin{aligned}
 H &= 19,8788 \text{ ft} + 2 ( 0,5581 ) \text{ ft} \\
 &= 20,9950 \text{ ft} = 251,9400 \text{ in}
 \end{aligned}$$

**f. Pencentuan lubang ( Nozzle )**

**a. Nozel liquid masuk**

$$\begin{aligned}
 \text{Rate massa} &= 743,7440 \text{ lb/jam} = 0,2066 \text{ lb/det} \\
 \text{Densitas liquid campuran ( } \rho_L \text{ )} &= 68,933 \text{ lb/ft}^3 \\
 \text{Viskositas liquid campuran ( } \mu_L \text{ )} &= 3,146 \text{ lb/j.ft}
 \end{aligned}$$

$$\text{Rate volumetric ( } q_L \text{ )} = 0,2066 / 68,933 = 0,0030 \text{ ft}^3/\text{det}$$

Asumsi : Aliran Turbulent

$$\begin{aligned} d_i \text{ opt} &= 3,9 \times (q_L)^{0,45} \times (\rho_L)^{0,13} \quad (\text{Peter Timmerhouse ed 4 hal, 486}) \\ &= 3,9 \times (0,0030)^{0,45} \times (68,933)^{0,13} \\ &= 0,4950 \text{ in} \end{aligned}$$

Digunakan pipa standart ( App K. Brownell & Young hal, 387 )

$$d_{nm} = \frac{1}{2} \text{ in} ; d_o = 0,840 ; d_i = 0,622 \text{ in} ; \text{sch 40 ST 40 S}$$

Cek asumsi :

$$NRe = \frac{d_i \cdot V \cdot \rho}{\mu}$$

$$\text{Laju alir liquid ( } V \text{ )} = \frac{q_L}{A}$$

$$= \frac{0,0030}{\pi/4 \times (0,622/12)^2}$$

$$= 1,4286 \text{ ft/det}$$

$$NRe = \frac{(0,622/12) \times 1,4286 \times 68,933 \times 3600}{3,146 \text{ lb/ft}}$$

$$= 5.841,0476 > 2100 \quad (\text{memenuhi})$$

#### b. Nozzle uap masuk

$$\text{Rate massa} = 498,7780 \text{ lb/jam} = 0,1385 \text{ lb/dt}$$

$$\rho_v = 0,196 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_v = 0,036 \text{ lb/j.ft}$$

$$q_v = (0,1385 \text{ lb/dt}) / (0,196 \text{ lb/ft}^3) = 0,7069 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

Asumsi : Aliran Turbulent

$$\begin{aligned}
 d_{i \text{ opt}} &= 3,9 \times (q_L)^{0,45} \times (\rho_L)^{0,13} \quad (\text{Peter Timmerhouse ed 4 hal, 486}) \\
 &= 3,9 \times (0,7069)^{0,45} \times (0,196)^{0,13} \\
 &= 2,6994 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Digunakan pipa standart ( App. K, Brownll & Young hal, 387 )

$$d_{nm} = 3 \text{ in} ; d_o = 3,500 ; d_i = 3,068 \text{ in} ; \text{sch 40 ST 40 S}$$

Cek asumsi :

$$NRe = \frac{d_i \cdot V \cdot \rho}{\mu}$$

$$\text{Laju alir liquid ( V )} = \frac{q_L}{A}$$

$$= \frac{0,7069}{\pi/4 \times (3,068/12)^2}$$

$$= 13,7622 \text{ ft/det}$$

$$NRe = \frac{(3,068/12) \times 13,7622 \times 0,196 \times 3600}{0,036 \text{ lb/ft}}$$

$$= 68.963,3017 > 2100 \quad (\text{memenuhi})$$

### c. Nozzle uap keluar kolom

$$\text{Rate massa} = 197,9040 \text{ Kg/jam} = 436,2992 \text{ lb/j} = 0,1212 \text{ lb/det}$$

$$\rho_v = 0,078 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_v = 0,129 \text{ lb/j.ft}$$

$$q_v = (0,1212 \text{ lb/dt}) / (0,078 \text{ lb/ft}^3) = 1,5538 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

Asumsi : Aliran Turbulent

$$\begin{aligned}
 d_{i \text{ opt}} &= 3,9 \times (q_L)^{0,45} \times (\rho_L)^{0,13} \quad (\text{Peter Timmerhouse ed 4 hal, 486}) \\
 &= 3,9 \times (1,5538)^{0,45} \times (0,078)^{0,13} \\
 &= 3,4132 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Digunakan pipa standart ( App. K, Brownll & Young hal, 387 )

$$d_{nm} = 3 \frac{1}{2} \text{ in} ; d_o = 4.000 ; d_i = 3.548 \text{ in} ; \text{sch 40 ST 40 S}$$

Cek asumsi :

$$NRe = \frac{d_i \cdot V \cdot \rho}{\mu}$$

$$\text{Laju alir liquid ( V )} = \frac{q_L}{A}$$

$$= \frac{1,5538}{\pi/4 \times (3,548/12)^2}$$

$$= 22,6501 \text{ ft/det}$$

$$NRe = \frac{(3,548/12) \times 22,6501 \times 0,078 \times 3600}{0,129 \text{ lb/ft}}$$

$$= 14.577,3937 > 2100 \quad (\text{memenuhi})$$

**d. Nozzle liquid keluar bottom kolom**

$$\text{Rate massa} = 365,7360 \text{ Kg/jam} = 806,3016 \text{ lb/jam} = 0,2240 \text{ lb/det}$$

$$\rho_L = 67,266 \text{ lb/ft}^3$$

$$W_L = 3,146 \text{ lb/j.ft}$$

$$q_v = (0,2240 \text{ lb/dt}) / (67,266 \text{ lb/ft}^3) = 0,0033 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

Asumsi : Aliran Turbulent

$$d_i \text{ opt} = 3,9 \times (q_L)^{0,45} \times (\rho_L)^{0,13} \quad (\text{Peter Timmerhouse ed 4 hal, 486})$$

$$= 3,9 \times (0,0033)^{0,45} \times (67,266)^{0,13}$$

$$= 0,5152 \text{ in}$$

Digunakan pipa standart ( App. K, Brownll & Young hal, 387 )

$$d_{nm} = 3/4 \text{ in} ; d_o = 1,050 ; d_i = 0,824 \text{ in} ; \text{sch 40 ST 40 S}$$



Cek asumsi :

$$NRe = \frac{d_i \cdot V \cdot \rho}{\mu}$$

$$\text{Laju alir liquid ( V )} = \frac{q_L}{A}$$

$$= \frac{0,0033}{\pi/4 \times (0,824/12)^2}$$

$$= 0,8919 \text{ ft/det}$$

$$NRe = \frac{(0,824/12) \times 0,8919 \times 67,266 \times 3600}{3,146 \text{ lb/ft}}$$

$$= 4714,1296 > 2100 \quad (\text{memenuhi})$$

**j. Sambungan tutup dengan shell dan antar shell**

Untuk mempermudah pemeliharaan dan perbaikan dari kolom absorber maka tutup menara dihubungkan dengan shell dan hubungan antar shell adalah dengan menggunakan system flange dan bolting.

**a. Flange**

Bahan : Carbon steel SA – 201 grade A

Allowabel stress : 13.750 psia

Type bolting : Ring flange roof ( fig. 12.24, Brownell & Young )

**b. Bolting**

Bahan : Carbon steel SA – 201 grade B

Allowabel stress : 16.250 psia

**c. Gasket**

Bahan : Asbestos ( fig. 12 – 11, B & Y )

Tebal : 1/16 in

gasket faktor ( m ): Ring flange roof ( fig. 12.24, B & Y )

minimum design seating stress ( Y ) : 3.700 Psi

- **Menentukan lebar gasket**

Lebar gasket ditentukan dengan persamaan 12.2 Brownell & Young :

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{Y - p \cdot m}{Y - p(m+1)}}$$

Dimana :

$$Y = 3700$$

$$m = 3$$

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{3700 - (44,088 \times 3)}{3700 - 44,088(3+1)}}$$

$$= 1,006$$

$$d_i = d_o \text{ shell} = 39,625 \text{ in}$$

$$d_o (A) = 1,006 \times 37,5 = 37,725 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar gasket minimum} &= (d_o - d_i) / 2 \\ &= (40 - 39,625) / 2 \\ &= 0,1875 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Diambil lebar gasket} = \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$\text{Diambil rata - tara gasket ( G )} = 39,625 + 1 / 4 = 39,875 \text{ in}$$

- **Menentukan jumlah dan beban baut**

Beban supaya gasket tidak bocor ( H<sub>γ</sub> ) :

$$W_{m2} = H_{\gamma} = \pi \times b \times G \times Y \quad (\text{persamaan 12 - 88, B \& Y})$$

Diketahui lebar seating gasket, ( Fig. 12 - 12 B & Y hal, 229 )

$$b_0 = N / 2 = (0,25 / 2) = 0,125 \text{ in}$$

Untuk  $b_0 \leq \frac{1}{4}$ , maka  $b = b_0$  ( B & Y hal 229 ), sehingga :

$$\begin{aligned} H_y &= 3,14 \times 0,125 \times 39,875 \times 3.700 \\ &= 57.908,4688 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_p &= 2 \times 0,125 \times 3,14 \times 39,875 \times 3 \times 44,088 \\ &= 1.380,0371 \text{ lb} \end{aligned}$$

Beban baut karena eksternal pressure ( H ) :

$$\begin{aligned} H &= ( \pi \times G^2 \times P ) / 4 \quad ( \text{Pers. 12 - 89, B \& Y} ) \\ &= ( 3,14 \times 39,875^2 \times 44,088 ) / 4 \\ &= 55.028,9780 \text{ lb} \end{aligned}$$

Total beban operasi (  $W_{ml}$  ) :

$$\begin{aligned} W_{ml} &= H + H_p \\ &= 55.028,9780 + 1.380,0371 \\ &= 56.409,0151 \text{ lb} \end{aligned}$$

Karena  $W_{ml} < (W_{m2} = H_y)$  yang mengontrol adalah  $W_{m2}$

- **Perhitungan luas bolting minimum**

Dengan persamaan 12.92, B & Y hal, 240

$$\begin{aligned} A_{ml} &= W_{m2} / f_b \\ &= 57.908,4688 / 13.750 \\ &= 4,2115 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

- **Perhitungan ukuran bolt optimum**

Dari table 10.4 B & Y, hal 188 :

$$\text{Ukuran baut} = 1 \text{ in}$$

$$\text{Roof area} = 0,551 \text{ in}^2$$

Maka jumlah bolt optimum :

$$\begin{aligned} A_{ml} / \text{roof area} &= 4,2115 / 0,551 \\ &= 7,6434 \approx 8 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Bolting spacing distance ( Bf )} = 3 \text{ in}$$

$$\text{Minimal radial distance ( R )} = 1,375 \text{ in}$$

$$\text{Edge distance ( E )} = 1,0625 \text{ in}$$

Bolting circle diameter ( C ) :

$$C = d_i \text{ shell} + 2 ( 1,4159 \times q_0 + R )$$

Dimana :

$$q_0 = \text{tebal shell} = 4/16 \text{ in}$$

$$R = 1,375 \text{ in ( table 10.4, B \& Y )}$$

$$E = 1,0625$$

$$\begin{aligned} C &= 39,625 + 2 ( 1,4159 \times 3/16 \text{ in} + 1,375 ) \\ &= 42,9059 \text{ in} \end{aligned}$$

Diameter luar flange :

$$\begin{aligned} d_o &= C + 2E \\ &= 39,625 + 2 ( 1,0625 ) \\ &= 42,0309 \text{ in} \end{aligned}$$

Cek lebar gasket :

$$\begin{aligned} \text{Ab actual} &= \text{jumlah bolt} \times \text{roof area} \\ &= 8 \times 0,551 \\ &= 4,4080 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar gasket min} = \text{Ab actual} / ( f ( 2 \cdot 3,14 \cdot 37,5 ) )$$

$$= 4,4080 / ( 13.750 ( 2 \cdot 3,14 \cdot 37,5 ) )$$

$$= 0,0012 < 1 / 4 \text{ in } \quad (\text{memenuhi})$$

- **Perhitungan moment**

Untuk bahan bolting up ( sampai tekanan dalam ) digunakan pers.

12.94, B & Y

$$\begin{aligned} W &= [ ( A_b + A_m ) f_0 / 2 ] \\ &= [ ( 4,4080 + 4,2115 ) 16.250 / 2 ] \\ &= 70.033,4375 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} hg &= ( C - G ) / 2 \\ &= ( 42,9059 - 39,875 ) / 2 \\ &= 1,5155 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

Beban dalam kondisi operasi :

$$W = W_{m2} = 57.908,4688 \text{ lb}$$

Moment flane ( Mo ) :

$$\begin{aligned} Ma &= W \times hg \\ &= 57.908,4688 \times 1,5155 \\ &= 87.760,2845 \text{ in.lb} \end{aligned}$$

Hidrostatic and force pada daerah dalam flange ( H<sub>D</sub> ) :

$$\begin{aligned} H_D &= 0,785 \times B^2 \times P \\ &= 0,785 \times 39,625^2 \times 44,088 \\ &= 54.341,1225 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_d &= ( C - B ) / 2 \\ &= ( 42,9059 - 39,625 ) / 2 \end{aligned}$$

$$= 1,6405 \text{ in}$$

Moment  $M_D$  :

$$\begin{aligned} M_D &= h_d \times H_D \\ &= 1,6405 \times 54.341,1225 \\ &= 89.146,6115 \text{ in lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_g = H_p &= W - H \\ &= 70.033,4375 \text{ lb} - 55.028,9780 \text{ lb} \\ &= 15.004,4595 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_g &= H_g \times h_g \\ &= 15.004,4595 \times 1,5155 \\ &= 22.739,2584 \text{ in lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_T &= H - H_D \\ &= 55.028,9780 - 54.341,1225 \\ &= 687,8555 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_l &= (h_d + h_g) / 2 \\ &= (1,6405 + 1,5155) / 2 \\ &= 1,578 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_T &= H_T \times h_T \\ &= 687,8555 \times 1,578 \\ &= 1.085,4359 \text{ in.lb} \end{aligned}$$

Moment total pada keadaan operasi (  $M_o$  ) :

$$M_o = M_D + M_g + M_T \text{ ( Pers. 12.99, B \& Y )}$$

$$= 89.146,6115 + 15.004,4595 + 1.085,4359$$

$$= 105.236,5069 \text{ in lb}$$

Jadi beban maximum yang dipaki adalah :

$$M_o = 105.236,5069 \text{ in lb, karena } M_o > M_a$$

• **Perhitungan tebal flange :**

$$t = \sqrt{\frac{Y \times M_{Max}}{f_b \times B}} \quad (\text{Pers. 12.85, B \& Y})$$

$$k = A / B = 45,0309 / 39,625 = 1,1364 \text{ in}$$

Dari fig 12.22 B & Y, hal, 239 didapat :

$$Y = 11 ; B = 39,625 \text{ in} ; f = 13.750 \text{ ln} / \text{in}^2$$

$$M_{max} = 105.236,5069 \text{ in.lb}$$

Maka :

$$t = \sqrt{\frac{11 \times 105.236,5069}{13.750 \times 39,625}}$$

$$= 2,7911 \text{ in}$$

Digunakan tebal flange = 3 in

## K. Perencanaan Mekanis Support

Direncanakan :

- Kaki penyangga terbuat dari baja
- Kolom secara keseluruhan dari Carbon Steel
- Tinggi penyangga = 5 ft
- Diameter penyangga = 3 ft

- **Menentukan berat shell :**

$$\begin{aligned} \text{Keliling} &= \pi / 4 \times (d_o^2 - d_i^2) \\ &= \pi / 4 \times \left[ \left( \frac{40}{12} \right)^2 - \left( \frac{39,625}{12} \right)^2 \right] \\ &= 0,1628 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{Keliling} \times \text{tinggi} \\ &= 0,1628 \times 19,8788 \text{ ft} \\ &= 3,2363 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{luas} \times \text{tebal shell} \\ &= 3,2363 \times \frac{3/16}{12} \\ &= 0,0506 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= \text{volume} \times \rho_{\text{carbon steel}} \\ &= 0,0506 \times 493,75 \\ &= 24,9383 \text{ lb} \end{aligned}$$

- **Menentukan berat tutup**

$$d = d_o + \left( \frac{d_o}{24} \right) + (2 \cdot sf) - \frac{2}{3} \cdot icr \quad (\text{Pers. 5.12, B \& Y})$$

Dari table 5.7, B & Y didapat :

$$d_o = 40 ; icr = 2,5 ; sf = 4$$

Maka :

$$\begin{aligned} d &= 40 + \left( \frac{40}{24} \right) + (2 \cdot 4) - \frac{2}{3} \cdot 2,5 \\ &= 47,3333 \text{ in} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \pi / 4 \times d_i^2 \times \text{tebal tutup} \\
 &= 0,785 \times (47,3333 / 12)^2 \times 3 / 16 \\
 &= 2,2900 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat tutup} &= \text{volume tutup} \times \rho_{\text{carbon steel}} \times 2 \\
 &= 2.2900 \times 493,75 \times 2 \\
 &= 2.261,4090 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

- **Menentukan berat kelengkapan bagian dalam**

1. **Berat Down Corner**

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \pi / 4 \times d_i^2 \\
 &= 0,785 \times \left( \frac{39,625}{12} \right)^2 \\
 &= 8,5594 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \text{luas} \times \text{tebal} \\
 &= 8,5594 \times \left( \frac{3/16}{12} \right) \\
 &= 0,1337 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat} &= \text{volume} \times \rho_{\text{carbon steel}} \\
 &= 0,1337 \times 493,75 \\
 &= 66,0344 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi berat Down Corner} &= 4 \times 66,0344 \\
 &= 264,1377 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi berat total} &= 24,9838 \text{ lb} + 261,4090 \text{ lb} + 66,0344 \text{ lb} \\
 &= 2.352,4272 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

## 2. Berat tray

$$\text{Ditetapkan berat tiap tray} = 5 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tray} &= A_c - A_o \\ &= 0,4939 - 0,2923 \\ &= 0,1446 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= n \times \text{luas tray} \times \text{berat tray} \\ &= 4 \times 0,1446 \times 5 \\ &= 2,8920 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\text{Berat liquid} = 7.437,7440 \text{ lb}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi berat total} &= 2,892 + 743,7440 \\ &= 746,6360 \text{ lb} \end{aligned}$$

## 3. Menentukan berat penyangga tray

Perhitungan didasarkan pada Brownell hal 174

Dilih ukuran = 2,5 in x 2,5 in ( equal angles, App G, B & Y, hal 357 )

$$\text{Tebal} = 0,375 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= 5,9 \text{ lb/ft} \times 4 \text{ tray} \\ &= 23,6 \text{ lb.ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{W total sepanjang kolom} &= 23,6 \times 19,8788 \\ &= 469,1397 \text{ lb} \end{aligned}$$

## 4. Menentukan berat kelengkapan lain

Pipa untuk feed liquid, feed uap, top kolom, bottom produk, ditetapkan 4 kali tinggi kolom absorber.

- **Pipa**

Diambil ukuran nominal pipa 3 in Sch 80

$$\text{Berat pipa} = 10,25 \text{ lb/ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pipa total} &= 4 \times 19,8788 \times 10,25 \\ &= 815,0308 \text{ lb} \end{aligned}$$

- **Isolasi**

Ditetapkan densitas bahan = 50 lb/ft

$$\text{Tebal isolasi} = 3 \text{ s/d } 6 \text{ in}$$

diambil 4 in

$$\begin{aligned} \text{Berat isolasi} &= \pi \times d \times t_{\text{isolasi}} \times L_{\text{shell}} \times \rho \\ &= 3,14 \times 3,2546 \times 4 / 12 \times 19,8788 \times 50 \\ &= 3.385,8381 \text{ lb} \end{aligned}$$

**Tangga**

Ditetapkan berat tangga = 15 lb/ft

$$\begin{aligned} \text{Berat tangga total} &= 19,8788 \times 15 \\ &= 291,2025 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$W_{\text{total}} \text{ kelengkapan lain} = 4.499,0239 \text{ lb}$$

5. Kelengkapan ( nozzle, valve, alat control )

Jadi berat total yang harus dipotong kaki penyangga adalah :

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= W_{\text{shell}} + W_{\text{tutup}} + W_{\text{kelengkapan bagian dalam}} + W_{\text{kelengkapan bagian luar}} \\ &= 24,9838 + 2.261,4090 + 2.416,5807 + 4.499,0239 \\ &= 9.201,9974 \text{ lb} \end{aligned}$$

Untuk keamanan dipakai 20 % lebih besar maka :

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= 1,2 \times 9.201,9974 \text{ lb} \\ &= 11.042,3969 \text{ lb} \end{aligned}$$

#### L. Penyangga ( Lug ) Bentuk Pipa

Direncanakan : pipa sebanyak 4 buah

Ukuran pipa 3,5 in Sch 80 ( App K, B & Y )

Didapat :

$$A = 3,951 \text{ in} ; r = 1,298$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{\Sigma W}{n} \\ &= \frac{11.042,5992}{4} \\ &= 2.760,5992 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l &= 1/2 H + L \\ &= (0,5 \times 19,8788) + 3 \\ &= 12,9394 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l/r &= (12,9394 \times 12) / 1,298 \\ &= 119,6247 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{c \text{ aman}} &= f_c \\ &= 17.000 - 0,485 (l/r)^2 \\ &= 17.000 - 0,485 (119,6247)^2 \\ &= 10.059,6220 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= P / f_c = 2.760,5992 / 10.059,6220 \\ &= 0,2744 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

## M. Menentukan Base Plate

Base plate merupakan alat penyangga kolom absorber

Direncanakan :

Base plate dibuat dengan toleransi panjang 5 % dan toleransi lebar 20 % ( Hess, 168 )

Bahan : besi cor, untuk konstruksi base plate

### 1. Menentukan Luas Base Plate

$$A_{bp} = P / f_{bp}$$

Dimana :

$$A_{bp} = \text{Luas base plate ( in}^2 \text{)}$$

$$P = \text{Beban kolom} = 2.760,5992 \text{ lb}$$

$$\begin{aligned} f_{bp} &= \text{Stress pada pondasi} \\ &= 600 \text{ ( table 77, hal. 162 )} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{bp} &= 2.760,5992 / 600 \\ &= 4,6010 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

### 2. Menentukan panjang dan lebar base plate

$$A_{bp} = L \times W$$

Dimana :

$$L = \text{panjang base plate} = 2m + d$$

$$W = \text{Lebar base plate} = 2n + d$$

dari Hess hal, 163, diasumsikan  $m = n$ ,  $d = 3 \text{ in}$

Maka :

$$Abp = (2m + d) \times (2n + d)$$

$$4,6010 = (2m + 3) \times (2n + d)$$

$$l = 2m + d = (2 \times 0,65) + 3 = 4,3 \text{ in} \approx 5 \text{ in}$$

$$W = 2n + d = (2 \times 0,65) + 3 = 4,3 \text{ in} \approx 5 \text{ in}$$

Dengan dasar harga 5 in, maka ditetapkan ukuran base plate 5 x 5 in.

$$\text{Luasan base plate} = 25 \text{ in}^2$$

Bahan yang harus ditahan :

$$\begin{aligned} F &= P / A = 2670,5992 / 25 \\ &= 110,4240 < 600 \text{ psi (memenuhi)} \end{aligned}$$

Cek harga m dan n

$$\text{Lebar base plate} : 5 = 2n + 3 ; n = 1 \text{ in}$$

$$\text{Panjang base plate} : 5 = 2m + 3 ; m = 1 \text{ in}$$

### 3. Menentukan Tebal Base Plate

$$\begin{aligned} Tbp &= [1,5 \times 10^{-4} \times F \times n^2]^{0,5} \\ &= [1,5 \times 10^{-4} \times 110,4240 \times 1^2]^{0,5} \\ &= 3 / 16 \text{ in} \end{aligned}$$

### 4. Dimensi baut

$$\text{Beban baut} = 2.760,5992 \text{ lb}$$

$$\text{Banyak baut} = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Beban tiap baut} = 56.409,0151 \text{ lb}$$

$$\text{Luas baut} = Ab = pb / fs$$

$$= 56.409,0151 / 12.000$$

$$= 0,154 \text{ in}^2$$

Dari table 10.4 B & Y, hal 188 didapatkan ukuran baut = 0,75 in

### 5. Dimensi Lug dan Gusset

Digunakan 2 plate horizontal ( lug ) dan 2 plate vertical ( gusset )

$$\text{Lebar lug} = A = (2 \times \text{diameter baut}) + d_o \text{ pipa}$$

$$= (2 \times 0,75) + 3$$

$$= 4,5 \text{ in}$$

Jarak dari sumbu shell ke sumbu penyangga :

$$= \left( \frac{1}{2} \times 1 \frac{3}{16} \right) + \frac{1}{2} \times 39 \cdot 625$$

$$= 23,5273 \text{ in}$$

### 6. Menentukan Maksimum Bending Moment Sepanjang Sumbu

#### Radial

Menghitung tebal horizontal plate :

$$M = \frac{\beta \times t^2 \times P \times B \times R^2}{[12 (1 - \lambda^2) A \times h]}$$

Dimana :

M = bending moment, lb/in

t = tebal silinder ( ts ), in

P =  $\sum W / n$

$\lambda$  = passion ratio = 0,3 ; untuk shell

B = jarak dari sumbu tebal shell ke sumbu penyangga

A = lebar lug ( horizontal plate )

$h$  = tinggi gusset ( vertical plate )

$$= 5 / 3 ( 2 d_{\text{baut}} + d_{\text{pipa}} )$$

$R$  = jari - jari vessel ; in

$$\beta = \left[ \frac{3(1 - \lambda^2)}{R^2 \times t^2} \right]^{0,25}$$

$$= \left[ \frac{3(1 - 0,3^2)}{18 \times (3/16)^2} \right]^{0,25}$$

$$= 0,2397$$

$$M = \frac{0,2397 \times (3/16)^2 \times 2.760,5992 \times 23,5273 \times 18^2}{[12(1 - 0,3^2) \times 4,5 \times 19.8788]}$$

$$= 415,9721 \text{ lb/in}$$

$$t_{\text{hp}} = \sqrt{\frac{6 M_0}{f_{\text{all}}}}$$

$$= \sqrt{\frac{6 \times 415,9721}{12.000}}$$

$$= 0,4561 \text{ in}$$

Diambil tebal standart = 1 in

Tebal gusset minimum =  $3 / 8 t_{\text{hp}}$

$$= 3 / 8 \times 1$$

$$= 0,375 \text{ in}$$

Lebar gasket = 5 in

Tinggi lug =  $2 d_{\text{baut}} + 2 d_{\text{pipa}}$

$$= (2 \times 0,75) + (2 \times 3,2546)$$

$$= 8,0092 \text{ in}$$



**7. Sparger**

$$\begin{aligned}
 \text{Susunan sparger} &= \text{Segitiga} \\
 \text{Rate gas masuk} &= 498,7780 \text{ lb/jam} \\
 \text{Rate volumetric} &= \frac{m}{\rho_{\text{gas}}} = \frac{498,7780}{0,104} \\
 &= 4.795,9423 \text{ ft}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Direncanakan :

$$\begin{aligned}
 \text{di sparger} &= 40 \text{ in} \\
 \text{di kolom} &= 3 \cdot 9 \cdot 625 \\
 \text{Lubang sparger} &= 0,5 \text{ in} \\
 \text{Jarak antar lubang} &= 1 \text{ in} \\
 \text{Luas segitiga sparger} &= 0,5 \times (1 \text{ in} \times \sin 60) \times 1 \text{ in} \\
 &= 0,433 \text{ in} \\
 \text{Jumlah lubang} &= 592
 \end{aligned}$$

**8. Spray**

$$\begin{aligned}
 \text{Susunan spray} &= \text{Segitiga} \\
 \text{Rate gas masuk} &= 743,7440 \text{ lb/jam} \\
 \text{Rate volumetric} &= \frac{m}{\rho_{\text{gas}}} = \frac{743,7440}{68,933} \\
 &= 10,7894 \text{ ft}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Direncanakan :

$$\begin{aligned}
 \text{di spray} &= 40 \text{ in} \\
 \text{di kolom} &= 39,625 \\
 \text{Lubang spray} &= 0,5 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Jarak antar lubang = 1 in

$$\begin{aligned} \text{Luas segitiga sray} &= 0,5 \times (1 \text{ in} \times \sin 60) \times 1 \text{ in} \\ &= 0,433 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah lubang} = 592$$

### 9. Menentukan Dimensi Pondasi

- a. Beban total yang ditahan pondasi :
- b. Berat beban total kolom destilasi
- c. Berat kolom penyangga
- d. Besar base plate

Ditentukan :

- Masing – masing kolom penyangga diberi pondasi
- Spesifikasi pondasi didasarkan atas berat beban setiap kolom penyangga pada system pondok
- Spesifikasi semua penyangga sama

#### a. Menentukan beban base plate

$$\begin{aligned} W_{br} &= (\text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal}) \text{ base plate} \times \rho_{\text{carbon steel}} \\ &= (5/12) \text{ ft} \times (5/12) \text{ ft} \times \left(\frac{3/16}{12}\right) \text{ ft} \times 493,75 \text{ lb/ft} \\ &= 1,3393 \text{ lb} \end{aligned}$$

#### b. Menentukan berat total

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= \text{berat yang diterima base plate} + W_{bp} \\ &= 2.760,5592 + 1,3393 \\ &= 2.761,19385 \text{ lb} \end{aligned}$$

Gaya yang bekerja pada pondasi dianggap sebagai gaya vertical berat kolom, sedangkan bidang kerja dianggap bujur sangkar dengan perencanaan ukuran :

- Luas atas =  $24 \times 24 = 576 \text{ in}^2$
- Luas bawah =  $48 \times 48 = 2.304 \text{ in}^2$
- Tinggi pondasi = 24 in

- Luas permukaan rata – rata ( A ) :

$$\begin{aligned} A &= ( 576 + 2304 ) / 2 \\ &= 1.440 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan volume pondasi ( V )

Rumus :

$$\begin{aligned} V &= A \times t \\ &= 1.440 \text{ in}^2 \times 24 \text{ in} = 34.560 \text{ in}^3 \\ &= 19,659 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

- Menentukan berat pondasi ( W ) :

$$W = V \times \rho$$

Dimana :

$$V = \text{volume total, ft}^3$$

$$\rho = \text{densitas pondasi} = 169 \text{ lb/ft}^3$$

( table 3.48, Peryy's, ed 6, hal 35 )

maka :

$$\begin{aligned} W &= 19,659 \text{ ft}^3 \times 169 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 3.322,371 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Menentukan tekanan tanah

Bila pondasi didirikan diatas semen dan gravel dengan bearing power 6 ton/ft<sup>2</sup>, sedang safe bearing yang diijinkan 10 ton/ft<sup>2</sup> ( table 12 – 2, Hess ) maka tanah harus mampu menahan tekanan sebesar beban total yang ditahan pondasi :

$$\begin{aligned} W_{\text{total pondasi}} &= 2.761,9385 + 3.322,371 \\ &= 6.084,3095 \text{ lb} \end{aligned}$$

dan tanah yang mendasari pondasi :  $48 \times 48 = 2.304 \text{ in}^2$

Tekanan pada tanah :

$$\begin{aligned} P &= W_{\text{total}} / A \\ &= 10.498,4048 / 2.304 \text{ in}^2 \\ &= 4,5566 \text{ lb/in}^2 \end{aligned}$$

Acuan harga safety didasarkan pada minimum bearing power 6.000

Kg/ft<sup>2</sup> = 91,862 lb/in<sup>2</sup> karena tekanan tanah = 33,272 lb/in<sup>2</sup>,

berarti pondasi dapat digunakan/

## **KESIMPULAN**

Fungsi : Untuk mengabsorbsi gas H<sub>2</sub>S dan CO<sub>2</sub> dengan memakai larutan NaOH

Type : Sieve and tray

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA – 135 Grade B

Spesifikasi absorber :

**Dimensi Bagian Silinder :**

- Diameter luar = 40 in
- Diameter dalam = 39,625 in
- Tebal = 3 / 16 in
- Pengelasan = Single welded butt joint ( E = 0,85 )
- Faktor korosi = 2 / 16

**Dimensi Tray :**

- Type aliran = reverse flow
- Jumlah tray = 4 buah
- Tray spacing = 10 in
- Diameter tray = 39,4296 in
- Lebar down corner ( $W_d$ ) = 3,9055 in
- Tinggi weir ( $h_w$ ) = 3,5 in
- Susunan tray = Segitiga

**Dimensi tutup atas dan bawah :**

- Type : Standart Dishead Head
- Tebal : 3 / 16 in
- r : 40 in
- icr : 2,5 in
- Sr : 2 in

**Dimensi Nozzle****Nozzle feed liquid :**

- Diameter dalam : 0,500 in
- Diameter luar : 0,840 in

**Nozzle feed uap :**

- Diameter dalam : 3,000 in
- Diameter luar : 3,500 in

**Nozzle liquid produk bawah :**

- Diameter dalam : 3,500 in
- Diameter luar : 4,000 in

**Nozzle uap top bottom :**

- Diameter dalam : 0,840 in
- Diameter luar : 1,050 in

**Dimensi Sparger :**

- Susunan : Segitiga
- di : 40 in
- Lubang : 0,5 in
- Jarak antar lubang : 1 in
- Luas seitiga sparger : 0,433 in
- Jumlah lubang : 592 buah

**Dimensi Spray :**

- Susunan : Segitiga
- di : 40 in

- Lubang : 0,5 in
- Jarak anatar lubang : 1 in
- Luas segitiga spray : 0,433 in
- Jumlah lubang : 592 buah

**Dimensi Flange :**

- Type : Ring Flange roof
- Diameter luar : 45,0309 in
- Tebal flange : 3 in

**Dimensi Gasket :**

- Tebal : 1 / 16 in
- Lebar : 0,25 in

**Dimensi Base plate :**

- Panjang : 5 in
- Lebar : 5 in
- Tebal : 3 / 16 in
- Ukuran baut : 0,75 in
- Jumlah : 4 buah

**Dimensi Lug :**

- Tebal : 1 in
- Lebar : 4,5 in
- Tinggi : 5,7616 in

**Dimensi Pondasi :**

- Luas tanah : 24 in x 24 in

- Luas bawah : 48 in x 48 i
- Tinggi pondasi : 24 in
- Bentuk pondasi : Limas segi empat terpancung



## **BAB VII**

### **INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA**

Dalam pengaturan dan pengendalian kondisi operasi dan peralatan proses sangatlah diperlukan adanya peralatan (instrumentasi) kontrol. Dimana instrumentasi ini merupakan suatu alat penunjuk atau indikator, suatu perekam, atau suatu pengontrol (controller). Dalam suatu industri kimia banyak variabel yang perlu diukur dan dikontrol, seperti : tekanan, temperatur, ketinggian cairan, kecepatan aliran, dan sebagainya.

#### **7.1. Instrumentasi**

Instrumentasi merupakan bagian yang penting dari peralatan proses suatu industri. Untuk mengawasi proses industri harus dilengkapi instrumentasi. Instrumentasi ditujukan untuk memonitor, mengatur, dan mencatat setiap operasi yang berlangsung selama peralatan bekerja dan juga memantau variabel-variabel proses yang penting dan kritis selama proses kimia berlangsung.

Umumnya instrumentasi dibagi berdasarkan proses kerjanya, yaitu :

##### **Proses Manual**

Proses manual adalah proses yang berlangsung adanya intervensi manusia secara langsung untuk mengatur, mengubah, memantau, dan mengkoreksi pada suatu peralatan karena adanya informasi dari instrumentasi. Umumnya instrumentasi yang dipergunakan adalah sebagai alat ukur atau alat penunjuk saja.

##### **Proses Otomatis**

Pada proses ini, kegiatan proses kimia sepenuhnya dikendalikan oleh sejumlah peralatan, dimana serangkaian alat instrumentasi bekerja dengan sejumlah peralatan lain untuk mempertahankan agar kondisi operasi suatu proses kimia yang sedang berlangsung dapat berjalan secara aman dan terkendali. Peran atau fungsi manusia hanya mengawasi dari kinerja peralatan yang bekerja.

Peralatan instrumentasi secara otomatis, terdiri atas :

a. Alat pendeteksi (sensing element)

Merupakan elemen yang bertugas untuk mendeteksi adanya perubahan-perubahan dari variabel-variabel yang ada dalam proses kima.

b. Alat pengukur

Alat pengukur ini merupakan satu kesatuan dengan alat pendeteksi. Pada alat ini hasil deteksi pada variabel-variabel dalam proses ditunjukkan dalam bentuk satuan ukuran, sehingga dapat diketahui dan dicatat besaran-besaran nilai perubahan variabel yang terjadi pada proses tersebut

c. Alat pengendali (controller)

Adalah alat yang berfungsi sebagai pusat instruksi kepada semua peralatan instrumentasi yang ada. Kinerja alat ini adalah memberikan tanggapan atas penyimpangan-penyimpangan dari variabel yang terdeteksi dan terukur dan selanjutnya memberikan perintah kepada alat instrumentasi yang lain guna melaksanakan tugas atau kinerja tertentu.

d. Alat pengendali akhir (final control element)

Alat ini adalah pelaksana tugas atas perintah yang diberikan oleh controller. Fungsi utama yang diemban oleh alat ini ada 2, yaitu :

1. Sebagai pengatur dari variabel proses, misalnya mengatur laju aliran umpan, mengatur laju aliran pemanas, mengatur laju aliran produk, mengatur laju aliran pendingin, dan lain sebagainya.
2. Sebagai penghenti & penghidup dari suatu peralatan agar variabel proses dapat dikendalikan, misalnya : mematikan atau menghidupkan kompressor bila tekanan dalam bejana sudah mencapai nilai tertentu, pemutus atau penyambung arus listrik pada suatu alat pemanas bila suhu yang diinginkan telah tercapai atau belum tercapai, dan lain sebagainya

Pemilihan atas jenis pengendalian ini didasarkan pada kompleksitas proses, jenis bahan baku yang dipergunakan, tingkat kualitas produk yang diinginkan, jenis keberlangsungan proses (kontinyu atau semi-kontinyu), dan anggaran yang dimiliki oleh perusahaan. Umumnya pengendalian otomatis lebih memiliki nilai ekonomis dibandingkan pengendalian manual apabila kapasitas bahan baku dan produk yang dihasilkan cukup besar atau apabila variabel-variabel proses yang terlibat membutuhkan respon atau tanggapan yang cepat bila terjadi perubahan. Beberapa keuntungan dan kekurangan apabila menggunakan pengendali otomatis adalah sebagai berikut :

- Keuntungan
  - Aspek keamanan dan keselamatan pabrik lebih terjamin
  - Jumlah karyawan yang dibutuhkan lebih sedikit sehingga biaya produksi dapat ditekan
  - Tingkat respon terhadap perubahan variabel cepat
  - Kualitas produk yang dihasilkan atau tingkat kemurnian produk dapat terjaga
  - Tingkat kegagalan respon lebih rendah dibanding pengendali manual
  - Memberikan tingkat efisiensi yang diinginkan pada proses kimia yang sedang berjalan
- Kerugian
  - Biaya investasi dan perawatan cukup tinggi
  - Pemasangan dan operasional dari pengendali otomatis ini memerlukan ketrampilan tenaga kerja yang cukup tinggi
  - Tingkat kegagalan respon (error responding system) cukup tinggi
  - Dapat menghentikan operasional proses secara tiba-tiba
  - Sistem perawatan dan pemeriksaan fungsi kinerjanya memerlukan perhatian yang lebih besar dan lebih lama dibandingkan dengan pengendali manual

Pada perancangan pabrik ini, instrumentasi yang digunakan adalah pengendali manual dan juga pengendali otomatis. Penggunaan kedua pengendali tersebut tergantung pada pertimbangan faktor teknis operasional dan anggaran yang disediakan untuk biaya operasional dari pabrik ini.

Untuk pengendali otomatis, ada beberapa faktor yang menjadi perhatian dalam instrumentasi yaitu :

- Rentang variabel ukur yang dijadikan acuan sebagai level indikator
- Tingkat indikator yang dipergunakan
- Tingkat ketelitian yang dibutuhkan
- Bahan material alat yang dipergunakan dan pengaruhnya pada instalasi instrumentasi
- Perhitungan nilai ekonomis

Pada bagian ini juga akan dijelaskan mengenai berbagai jenis alat pengendali otomatis yang dipergunakan dalam proses operasional pabrik biogas ini.

#### a. Indikator

Indikator merupakan suatu alat yang dipergunakan untuk menunjukkan nilai atau angka hasil pengukuran atas suatu kondisi proses.

Indikator yang dipergunakan dalam pabrik ini adalah :

- *Indikator Ketinggian (Level Indicator)*

Berfungsi untuk menunjukkan ketinggian atau kedalaman isi suatu tangki atau bejana yang berisi cairan

- *Indikator tekanan (Pressure Indicator)*

Berfungsi untuk menunjukkan besar-kecilnya tekanan operasi suatu alat

- *Indikator pH (pH Indicator)*

Berfungsi untuk menunjukkan derajat keasaman suatu larutan dalam suatu alat

- *Indikator suhu (Temperature Indicator)*

Berfungsi untuk menunjukkan tinggi-rendahnya suhu suatu al

- *Indikator Aliran (Flow Indicator)*

Berfungsi untuk menunjukkan besarnya zat yang mengalir ke atau dari suatu alat

#### b. **Kontroler (Controller)**

- *Kontroller tekanan (Pressure Controller)*

Dipasang pada alat yang memerlukan penjagaan tekanan agar proses operasi dapat berlangsung pada tekanan yang stabil dan konstan

- *Kontroller ketinggian (Level Controller)*

Dipasang pada alat yang memerlukan memantauan ketinggian atau kedalaman suatu cairan (liquida)

- *Kontroller pH (pH Controller)*

Peralatan ini umumnya diletakkan pada proses operasional yang kondisi keasaman suatu proses dijaga secara konstan

- *Kontroller suhu (Temperature Controller)*

- Dipasang pada alat yang memerlukan penjagaan suhu agar dapat beroperasi pada suhu yang konstan

- *Kontroler aliran (Flow Controller)*

Dipasang pada alat yang memerlukan pengendalian besar-kecilnya aliran yang hendak masuk atau keluar dari suatu peralatan

- *Kontroller perbandingan (Ratio Controller)*

Alat ini dipergunakan untuk perbandingan indikator

- *Kontroller perbandingan tekanan (Ratio Pressure Controller)*

Alat ini dipergunakan untuk mengetahui tekanan

- *Kontroller perbandingan laju aliran (Ratio Flow Controller)*

Alat ini dipergunakan untuk mengetahui perbandingan laju alir

Dalam pra rencana pabrik biogas ini, alat kontrol dan alat ukur yang dipergunakan adalah :

Alat untuk mengukur dan mengatur tekanan dan suhu :

- Temperature Control (TC)
- Pressure Indicator (PI)
- Level Indicator (LI)

Alat ukur mengukur dan mengatur volume :

- Weight Control (WC)
- Flow Controller (FC)
- Flow Ratio Controller (FRC)
- pH Controller (pHC)

**Tabel 7.1. Instrumentasi Peralatan Pabrik**

No	Nama Alat	Kode Alat	Instrumentasi
1	Tangki bahan baku (kotoran sapi dan whey)	F-110, F-120	LC, FC
2	Reaktor Biogas/Fermentor	R-210	pHC, TC, LC,PC
3	Gas Holder	F-220	PC, LC
4	Penukar panas	E-311	TC
5	Kolom Absorbsi I	D-310	LC,PC
6	Kolom Absorbsi II	D-320	PC
7	Dryer	B-313	PC
8	Tangki produk	F-410,F-420	PC
9	Gas Scrubber	D-430	PC

## 7.2. Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja atau *safety factor* adalah hal yang paling utama yang harus diperhatikan dalam merencanakan suatu pabrik, hal ini disebabkan karena :

- Dapat mencegah terjadinya kerusakan-kerusakan yang besar yang disebabkan oleh kebakaran atau hal lainnya baik terhadap karyawan maupun oleh peralatan itu sendiri.
- Terpeliharanya peralatan dengan baik sehingga dapat digunakan dalam waktu yang cukup lama. Bahaya yang dapat timbul pada suatu pabrik banyak sekali jenisnya, hal ini tergantung pada bahan yang akan diolah maupun tipe proses yang dikerjakan.

Secara umum bahaya-bahaya tersebut dapat dibagi dalam tiga kategori , yaitu :

1. Bahaya kebakaran.
2. Bahaya kecelakaan secara kimia.
3. Bahaya terhadap zat-zat kimia.

Untuk menghindari kecelakaan yang mungkin terjadi, berikut ini terdapat beberapa hal yang perlu mendapat perhatian pada setiap pabrik pada umumnya dan pada pabrik ini pada khususnya.

### 7.2.1. Bahaya Kebakaran

#### A. Penyebab kebakaran.

- Adanya nyala terbuka (*open flame*) yang datang dari unit utilitas, *workshop* dan lain-lain.
- Adanya loncatan bunga api yang disebabkan karena korsleting aliran listrik seperti pada stop kontak, saklar serta instrument lainnya.

#### B. Pencegahan.

- Menempatkan unit utilitas dan unit pembangkitan cukup jauh dari lokasi proses yang dikerjakan
- Menempatkan bahan yang mudah terbakar pada tempat yang terisolasi dan tertutup
- Memasang kabel atau kawat listrik di tempat-tempat yang terlindung, jauh dari daerah yang panas yang memungkinkan terjadinya kebakaran

- Sistem alarm hendaknya ditempatkan pada lokasi dimana tenaga kerja dengan cepat dapat mengetahui apabila terjadi kebakaran

### C. Alat pencegahan kebakaran.

- Instalasi permanen seperti *fire hydrant system* dan *sprinkle* otomatis
- Pemakaian *portable fire-extinguisher* bagi daerah yang mudah dijangkau bila terjadi kebakaran. Jenis dan jumlahnya pada perencanaan pabrik ini dapat dilihat pada tabel 7.1.
- Untuk pabrik ini lebih disukai alat pemadam kebakaran tipe karbon dioksida
- Untuk bahan baku yang mengandung racun, maka perlu digunakan kantong-kantong udara atau alat pernafasan yang ditempatkan pada daerah-daerah strategis pada pabrik ini.

**Tabel 7.2. Jenis dan Jumlah Fire-Extinguisher.**

NO.	TEMPAT	BERAT SERBUK	JARAK SEMPROT	JUMLAH
1.	Pos Keamanan	3.5 Kg	8 m	3
2.	Kantor	6.0 Kg	8 m	2
3.	Daerah Proses	8.0 Kg	7 m	4
4.	Gudang	4.0 Kg	8 m	2
5.	Bengkel	8.0 Kg	7 m	2
6.	Unit Pembangkitan	8.0 Kg	7 m	2
7.	Laboratorium	8.0 Kg	7 m	2



### 7.2.2. Bahaya Kecelakaan

Karena kesalahan mekanik sering terjadi dikarenakan kelalaian pengerjaan maupun kesalahan konstruksi dan tidak mengikuti aturan yang berlaku. Bentuk kerusakan yang umum adalah karena korosi dan ledakan. Kejadian ini selain mengakibatkan kerugian yang besar karena dapat mengakibatkan cacat tubuh maupun hilangnya nyawa pekerja. Berbagai kemungkinan kecelakaan karena mekanik pada pabrik ini dan cara pencegahan dapat digunakan sebagai berikut :

#### A. Vessel.

Kesalahan dalam perencanaan vessel dan tangki dapat mengakibatkan kerusakan fatal, cara pencegahannya :

- Menyeleksi dengan hati-hati bahan konstruksi yang sesuai, tahan korosi serta memakai *corrosion allowance* yang wajar. Untuk pabrik ini, semua bahan konstruksi yang umum dapat dipergunakan dengan pengecualian adanya seng dan tembaga. Bahan konstruksi yang biasanya dipakai untuk tangki penyimpan, perpipaan dan peralatan lainnya dalam pabrik ini adalah steel. Semua konstruksi harus sesuai dengan standar ASME (*America Society Mechanical Engineering*).
- Memperhatikan teknik pengelasan
- Memakai level gauge yang otomatis
- Penyediaan *man-hole* dan *hand-hole* ( bila memungkinkan ) yang memadai untuk inspeksi dan pemeliharaan. Disamping itu peralatan tersebut harus dapat diatur sehingga mudah untuk digunakan.

#### B. Heat Exchanger.

Kerusakan yang terjadi pada umumnya disebabkan karena kebocoran-kebocoran. Hal ini dapat dicegah dengan cara :

- Pada *inlet* dan *outlet* dipasang *block valve* untuk mencegah terjadinya *thermal expansion*

- *Drainhole* yang cukup harus disediakan untuk pemeliharaan
- Pengecekan dan pengujian terhadap setiap ruangan fluida secara sendiri-sendiri
- Memakai *heat exchanger* yang cocok untuk ukuran tersebut. Disamping itu juga rate aliran harus benar-benar dijaga agar tidak terjadi perpindahan panas yang berlebihan sehingga terjadi perubahan fase didalam pipa.

### C. Peralatan yang bergerak.

Peralatan yang bergerak apabila ditempatkan tidak hati-hati, maka akan menimbulkan bahaya bagi pekerja. Pencegahan bahaya ini dapat dilakukan dengan :

- Pemasangan penghalang untuk semua sambungan pipa
- Adanya jarak yang cukup bagi peralatan untuk memperoleh kebebasan ruang gerak.

### D. Perpipaan.

Selain ditinjau dari segi ekonomisnya , perpipaan juga harus ditinjau dari segi keamanannya hal ini dikarenakan perpipaan yang kurang teratur dapat membahayakan pekerja terutama pada malam hari, seperti terbentur, tersandung dan sebagainya. Sambungan yang kurang baik dapat menimbulkan juga hal-hal yang tidak diinginkan seperti kebocoran-kebocoran bahan kimia yang berbahaya. Untuk menghindari hal-hal tersebut, maka dapat dilakukan cara :

- Pemasangan pipa (untuk ukuran yang tidak besarhendaknya pada elevasi yang tinggi tidak didalam tanah, karena dapat menimbulkan kesulitan apabila terjadi kebocoran
- Bahan konstruksi yang dipakai untuk perpipaan harus memakai bahan konstruksi dari *steel*

- Sebelum dipakai, hendaknya diadakan pengecekan dan pengetesan terhadap kekuatan tekan dan kerusakan yang diakibatkan karena perubahan suhu, begitu juga harus dicegah terjadinya *over stressing* atau pondasi yang bergerak
- Pemberian warna pada masing-masing pipa yang bersangkutan akan dapat memudahkan apabila terjadi kebocoran.

#### **E. Listrik.**

Kebakaran sering terjadi akibat kurang baiknya perencanaan instalasi listrik dan kecerobohan operator yang menanganinya. Sebagai usaha pencegahannya dapat dilakukan :

- Alat-alat listrik dibawah tanah sebaiknya diberi tanda seperti dengan cat warna pada penutupnya atau diberi isolasi berwarna
- Pemasangan alat remote shut down dari alat-alat disamping starter
- Penerangan yang cukup pada semua bagian pabrik supaya operator tidak mengalami kesulitan dalam bekerja
- Sebaiknya untuk penerangan juga disediakan oleh PLN meskipun kapasitas *generator set* mencukupi untuk penerangan dan proses
- Penyediaan *emergency power supplies* tegangan tinggi
- Meletakkan jalur-jalur kabel listrik pada posisi aman
- Merawat peralatan listrik, kabel, starter, trafo dan lain sebagainya

**F. Isolasi.**

Isolasi penting sekali terutama berpengaruh terhadap pada karyawan dari kepanasan yang dapat mengganggu kinerja para karyawan, oleh karena itu dilakukan :

- Pemakaian isolasi pada alat-alat yang menimbulkan panas seperti reaktor, exchanger, kolom distilasi dan lain-lain. Sehingga tidak mengganggu konsentrasi pekerjaan
- Pemasangan isolasi pada kabel instrumen, kawat listrik dan perpipaan yang berada pada daerah yang panas , hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya kebakaran.

**G. Bangunan Pabrik.**

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan bangunan pabrik adalah :

- Bangunan-bangunan yang tinggi harus diberi penangkal petir dan jika tingginya melebihi 20 meter, maka harus diberi lampu suar (mercu suar)
- Sedikitnya harus ada dua jalan keluar dari dalam bangunan.

**7.2.3. Bahaya Karena Bahan Kimia**

Banyak bahan kimia yang berbahaya bagi kesehatan. Biasanya para pekerja tidak mengetahui seberapa jauh bahaya yang dapat ditimbulkan oleh bahan kimia seperti bahan-bahan berupa gas yang tidak berbau atau tidak berwarna yang sangat sulit diketahui jika terjadi kebocoran. Untuk itu sering diberikan penjelasan pendahuluan bagi para pekerja agar mereka dapat mengetahui bahwa bahan kimia tersebut berbahaya.

Cara lainnya adalah memberikan tanda-tanda atau gambar-gambar pada daerah yang berbahaya atau pada alat-alat yang berbahaya, sehingga semua orang yang berada didekatnya dapat lebih waspada. Selain hal-hal tersebut diatas, usaha-usaha lain dalam menjaga keselamatan kerja dalam pabrik ini adalah memperhatikan hal-hal seperti:

1. Di dalam ruang produksi para pekerja dan para operator dilarang merokok karena product bersifat gas dan disarankan memakai masker
2. Harus memakai sepatu karet dan tidak diperkenankan memakai sepatu yang alasnya mengandung logam
3. Untuk pekerja lapangan maupun pekerja proses dan semua orang yang memasuki daerah proses diharuskan mengenakan topi pengaman agar terlindung dari kemungkinan kejatuhan barang-barang dari atas
4. Karena sifat alami dari steam yang sangat berbahaya, maka harus disediakan kacamata tahan uap, masker penutup wajah dan sarung tangan yang harus dikenakan.

## **BAB VIII**

### **UTILITAS**

Unit utilitas merupakan sarana yang sangat penting bagi kelangsungan proses produksi. Unit utilitas yang diperlukan pada Pra Rencana Pabrik Biogas ini meliputi :

- Air yang berfungsi sebagai air proses, air pendingin, air umpan boiler, air sanitasi, dan air untuk keperluan pemadam kebakaran
- Steam sebagai media pemanas dalam proses produksi
- Listrik yang berfungsi untuk menjalankan alat-alat produksi, sistem utilitas, dan untuk penerangan
- Bahan bakar untuk mengoperasikan boiler

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas tersebut dibagi menjadi 4 unit :

1. Unit penyediaan air
2. Unit penyediaan steam
3. Unit penyediaan tenaga listrik
4. Unit penyediaan bahan bakar
5. Unit penyediaan Udara Tekan

#### **1. Unit penyediaan air**

Unit penyediaan air bertugas untuk memenuhi kebutuhan air yang ditinjau dari segi kuantitas dan kualitas. Segi kuantitas air merupakan jumlah kebutuhan air yang harus dipenuhi sedangkan dari segi kualitas air menyangkut syarat air yang harus dipenuhi. Dalam Pra Rencana Pabrik Biogas ini, keperluan air dipergunakan untuk :

##### **a. Air Sanitasi**

Air sanitasi ini digunakan untuk keperluan karyawan, laboratorium, taman, kantor, konsumsi mandi, mencuci, dan lain sebagainya. Syarat yang harus dipenuhi sebagai air sanitasi adalah sebagai berikut :

➤ **Syarat Fisika**

- Tidak berwarna dan tidak berbau
- Tidak berbusa
- Mempunyai suhu dibawah suhu udara
- Kekeruhan kurang dari 1 ppm SiO<sub>2</sub>

➤ **Syarat Kimia**

- Tidak beracun
- Tidak mengandung zat-zat organik maupun zat organik yang tidak larut dalam air, seperti : PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Hg, Cu, dan lain sebagainya

➤ **Syarat bakteriologis**

- Tidak mengandung bakteri, terutama bakteri yang pathogen yang dapat merubah sifat-sifat fisik air.

Kebutuhan air sanitasi dapat diperinci sebagai berikut :

- ❖ Kebutuhan karyawan = 120 liter/hari/orang (standard WHO)

Dari perincian tenaga kerja (BAB X) didapatkan tenaga kerja secara keseluruhan berjumlah 123 orang

Jumlah air yang diperlukan untuk kebutuhan sanitasi ini adalah

$$= 120 \text{ lt}/(1 \text{ hari} = 24 \text{ jam}).\text{orang} \times 123 \text{ orang} = 615 \text{ liter/hari}$$

- ❖ Kebutuhan laboratorium dan taman diperkirakan 50% dari kebutuhan total tenaga kerja

Jumlah air yang diperlukan untuk kebutuhan sanitasi ini adalah

$$= \text{total kebutuhan air } 615 \text{ liter/jam} \times 50 \% = 307.5 \text{ liter/hari}$$

Maka total kebutuhan air sanitasi = 307.5 + 615 = 922,5 liter/hari

- ❖ Untuk pemadam kebakaran dan cadangan air

Air sanitasi untuk pemadam kebakaran dan air cadangan direncanakan sebesar 40% dari kebutuhan air sanitasi karyawan dan pemakaian laboratorium dan taman. Maka total kebutuhan air sanitasi untuk pemadam kebakaran dan cadangan air = 922,5 x 40 % = 369 liter/hari.

Maka total Air sanitasi = 615 + 922,5 + 369 = 1906.5 liter/hari

$= 1906.5 : 24 \text{ jam} = 79,4375 \text{ liter /jam (BJ air =1 ) maka} = 79,4375 \text{ kg /jam}$

#### b. Air Boiler

Air boiler merupakan bahan baku yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhannya hanya digunakan pada peralatan reaktor (fermentor). Air umpan yang menjadi bahan baku boiler ini harus memenuhi syarat-syarat agar tidak merusak boiler. Perry edisi 8, hal 976 memberikan kriteria tentang kualitas air umpan boiler, yaitu :

- Total padatan (TSS) = max. 3.500 ppm
- Alkalinitas = max. 700 ppm
- Padatan terlarut = max 300 ppm
- Silika = max 60 – 100 ppm
- Besi = max 0.1 ppm
- Tembaga = max 0.5 ppm
- Oksigen = max 0.007 ppm
- Kesadahan = 0
- Kekeruhan = max 175 ppm
- Minyak = max 7 ppm
- Residu fosfat = max 140 ppm

Selain memenuhi syarat atau kriteria di atas, air umpan boiler harus bebas dari :

- ❖ Zat-zat yang menyebabkan korosi, yaitu : gas-gas terlarut seperti :  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ , dan  $NH_3$
- ❖ Zat-zat yang menyebabkan busa, yaitu : zat organik, anorganik, dan zat yang tidak terlarut dalam jumlah yang besar.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut dan untuk mencegah kerusakan pada boiler, maka air umpan boiler harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan melalui :

- Demineralisasi, untuk menghilangkan ion-ion pengganggu
- Dearator, untuk menghilangkan gas-gas terlarut

Jumlah air yang diperlukan untuk keperluan boiler ini adalah 3200 kg/jam



**c. Air Pendingin ( ice water )**

Air pendingin ini dipakai untuk pendinginan produk susu maupun proses pendinginan peralatan. Dimana pada dairy processing unit menggunakan mesin chiller dengan kapasitas cooling energy sebesar 737000 kcal/jam. Air pendingin berfungsi sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas. Hal ini disebabkan karena :

- Air merupakan materi yang mudah didapat
- Mudah dikendalikan dan dikerjakan
- Dapat menyerap panas dalam jumlah yang besar
- Tidak mudah menyusut atau berkurang volumenya karena pendinginan
- Tidak mudah terkondensasi

Jumlah air pendingin yang dibutuhkan pada alat heat exchanger (E-311) adalah sebesar 97.511,5 kg/jam

**d. Air Proses**

Air proses digunakan pada peralatan kolom absorpsi dan gas scrubber. Total air proses adalah  $26.003 \text{ kg/jam} + 1250 \text{ kg/jam} = 27.253 \text{ kg/jam}$

**e. Total kebutuhan air**

Untuk menghemat kebutuhan air, maka dilakukan sirkulasi air. Diperkirakan yang dapat disirkulasi adalah 90 % dari air pendingin, maka  $90\% \times 129871 = 87760.35 \text{ kg/jam}$

Total jumlah air yang diperlukan adalah

<b>Kebutuhan air</b>	<b>Jumlah (kg/jam)</b>
Air sanitasi	79,4375
Air boiler	3.200
Air pendingin	97.511,5
Air proses	27.253
<b>Total Awal Kebutuhan (+)</b>	<b>128.044</b>
<b>Sirkulasi dari Air pendingin 90% (-)</b>	<b>87760,35</b>
<b>Total Setelah Sirkulasi</b>	<b>40.284</b>

Pada perusahaan sekarang ( Dairy Processing Unit ) yang sudah ada beberapa sumur bor atau deep wheel dimana berjumlah kurang lebih 3 sumur dengan kapasitas pumping bila dibutuhkan yaitu rata rata ;

Sumur bor / deep wheel	Kapasitas (m <sup>3</sup> /bulan ) (1 m <sup>3</sup> = 1000 kg )		Jumlah (kg/hari)
Sumur 1	9840 m <sup>3</sup> /30 hari	328 m <sup>3</sup> /hari	328 x 1000 = 328000
Sumur 2	6840 m <sup>3</sup> /30 hari	228 m <sup>3</sup> /hari	228 x 1000 = 228000
Sumur 3	6840 m <sup>3</sup> /30 hari	228 m <sup>3</sup> /hari	228 x 1000 = 228000
Maka kapasitas total maksimum Raw Water Power Dairy Processing adalah ±			784000
Apabila musim kemarau panjang akan susut ± Max. 40 %			0,4x784000=313600 784000-313600 = 470400
Kebutuhan Unit Dairy Processing ( DP ) total perbulan ditahun 2014 rerata			11235
Kebutuhan Farm untuk Minum sapi 60 kg/hari bila ada 6000 sapi maka 6000 x 60 =			360000
Maka bila air sanitasi project biogas + keb. harian Unit Dairy Processing +Keb.Farm untuk Minum sapi			40284+11235+360000 = 411519
Jadi apabila kapasitas normal masih cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan air sanitasi plnat biogas			784000-411519 =372481
Bahkan dalam kondisi kemarau pun masih mampu memenuhi kebutuhan air sanitasi project biogas			470400-411519 =58881

Dengan jumlah air yang memadai maka project plant biogas tidak akan mengganggu kebutuhan reguler dari pada dua unit yang sudah ada yaitu Farm dan Dairy Processing.

Pra rencana pabrik biogas ini juga menggunakan sumber air dari sumur bor atau deep wheel yang sama dengan unit yang sudah berdiri terlebih dahulu Farm dan (Dairy Processing.) tentunya memperhitungkan kapasitas ketersediaan air dan juga perhitungan apabila terjadi penyusutan debit air sumur seperti saat musim kemarau panjang.

Setiap air yang dipakai didalam perusahaan pasti akan mengalami treatment dimana menyesuaikan dengan kebutuhan, baik itu kebutuhan proses yang akan dipakai maupun kebutuhan yang dipakai untuk memenuhi spesifikasi peralatan.

Berikut adalah peralatan proses yang digunakan untuk melakukan treatment pada sumber air yang nantinya juga dipakai untuk keperluan plant biogas:

1. Pompa sumur bor
2. Sand Filter
3. Tank Klorin
4. Tank Aluminium Sulfat
5. Holding Tank
6. Hydrophore Tank
7. Cartridge filter ( Resin )
8. Kation Anion Exchanger ( Twin Softener System )
9. Deaerator
10. Cooling Tower
11. Clarifier Tank
12. Ultra Violet unit
13. Tangki – Tangki Panampung.
14. Pompa – pompa pendukung

## 2. Unit Penyediaan Steam (Boiler) dan Air Pendingin (Cooling Tower)

Bahan baku pembuatan steam adalah air umpan boiler, steam yang dibutuhkan dalam proses ini mempunyai kondisi :

Tekanan : 220,2 Psia = 1518,226 kPa

Suhu : 198,889°C = 390oF

Beberapa zat yang terkandung dalam air umpan boiler yang dapat menyebabkan kerusakan pada boiler adalah

- Kadar zat terlarut (dissolved solid) yang tinggi
- Garam magnesium dan kalsium
- Zat organik
- Silika, sulfat, asam bebas dan oksida

Persyaratan yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler :

- a. Tidak boleh menghasilkan buih (berbusa)

Busa disebabkan oleh adanya kebasaan yang tinggi.

Timbulnya busa ini menyebabkan beberapa kesulitan :

- Pembacaan tinggi/level cairan yang ada dalam boiler
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat yang mengakibatkan adanya solid-solid yang menempel dan menyebabkan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut

Untuk mengatasi hal ini, perlu adanya pengontrolan terhadap adanya kandungan lumpur, kerak, dan alkalinitas air umpan boiler.

**b. Tidak boleh membentuk kerak dalam boiler**

Kerak dalam boiler akan menyebabkan :

- Isolasi terhadap panas sehingga proses pemindahan panas terlambat
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu, sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat

**c. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa**

Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak dan lemak, bikarbonat, dan bahan-bahan organik, serta gas-gas  $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $NH_3$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ , atau terbukanya lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja.

Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dengan hidrogen yang lain membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi.

Adanya bikarbonat dalam air akan menyebabkan terbentuknya  $CO_2$  karena adanya pemanasan dan tekanan.  $CO_2$  yang terjadi bereaksi dengan air menjadi asam karbonat. Asam karbonat akan bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Proses inilah yang menyebabkan metal atau besi tergerus atau terkorosi. Bila terdapat adanya panas yang cukup maka garam bikarbonat tadi akan terurai kembali menjadi  $CO_2$ .

### **3. Unit Penyediaan Listrik**

Kebutuhan tenaga listrik yang digunakan untuk menggerakkan motor, penerangan, instrumentasi, dan lain-lain, dipenuhi terutama oleh PLN (sebagai pensuplai awal) dan selanjutnya disuplai oleh internal power plant yang sudah beroperasi. Pada existing plant ( Dairy Processing ) juga di dukung oleh mesin genset, yaitu 3 genset dengan kapasitas 537 kW

. Dimana pada kondisi normal genset hanya akan mensuplay kebutuhan water treatment, chiller support equipment , proses produksi dairy processing dan juga nantinya akan support atau mendukung plant biogas sehingga proses dapat berjalan secara kontinue. Sedangkan kebutuhan listrik selain diatas dipenuhi oleh listrik PLN. Namun jika terjadi padam listrik PLN maka semua kebutuhan listrik akan digantikan oleh genset dengan cara sinkronisasi secara paralel sehingga genset dalam posisi standby.

#### 4. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pabrik, yaitu pada boiler dan generator. Bahan bakar yang digunakan adalah diesel oil, solar atau residu. Pemilihan jenis bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Harganya relatif murah
- Mudah didapat
- Viscositasnya relatif lebih rendah sehingga mudah mengalami pengabutan
- Heating valuenya relatif tinggi
- Tidak menyebabkan kerusakan pada alat-alat

Dari tabel 9.9 dan fig. 9-9, Perry 6<sup>th</sup> ed, spesifikasi bahan bakar didapat :

- Flash point = 38°C (100°F)
- Pour point = -6°C (21,2°F)
- Densitas = 55 lb/ft<sup>3</sup>
- Heating value = 132000 Btu/gallon

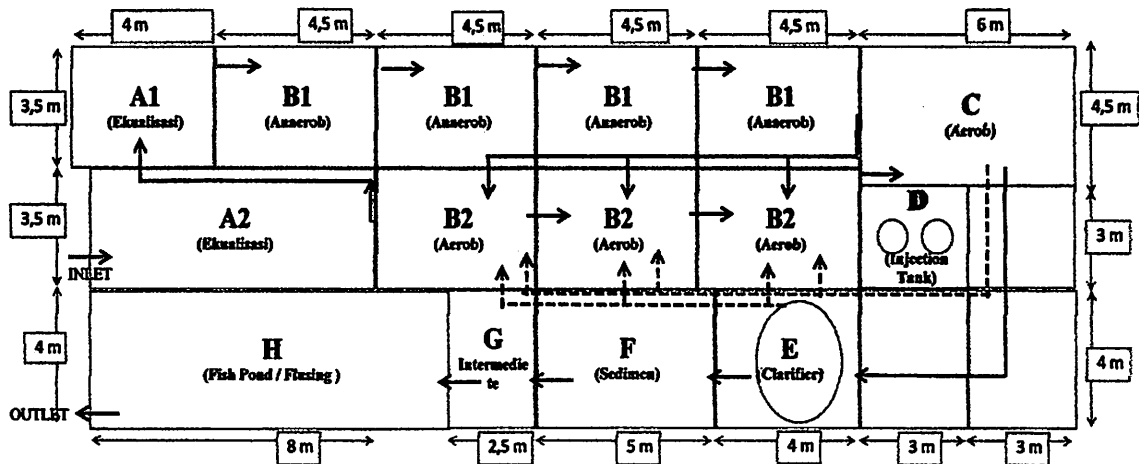
#### 5. Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan digunakan untuk kompressor dimana di plant dairy processing sudah tersedia, dimana ada dua type steril dan non steril, untuk plant biogas cukup menggunakan udara tekan non steril dengan alasan tidak akan kontak langsung dengan bahan makanan melainkan hanya digunakan untuk menaikkan tekanan pada proses biogas.

## 6. Unit Pengolahan limbah

Pada project plant biogas harus memiliki kepedulian terhadap lingkungan disekitarnya. Pemantauan analisa mengenai dampak lingkungan adalah bentuk kepedulian tersebut antara lain diwujudkan melalui, menyusun rencana pengelolaan lingkungan dan rencana pemantauan lingkungan. Dimana proses pembuangan limbah akan mengikuti alur WWTP yang sudah ada, sehingga tidak perlu untuk membuat unit WWTP sendiri lagi.

Berikut adalah proses WWTP



Simbol	Keterangan	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Unit
A1	Ekualisasi	4	3,5	1,5	21	1
B1	Anaerob	4,5	3,5	3	47,25	4
A2	Ekualisasi	8	3,5	1,5	42	1
B2	Aerob	4,5	3,5	3,25	51,1875	3
C	Aerob	6	4,5	3,25	87,75	1
D	Injection Tank	0,98	0,98	3,25	9,8098	2
E	Clarifier	4	4	4	64	1
F	Sedimen	5	4	4	80	1
G	Intermediete	2,5	4	4	40	1
H	Fish Pond /Flushing	8	4	4	128	1

Proses Pengolahan Air Limbah.

1. Air Limbah masuk IPAL, mula-mula ditampung di bak ekualisasi.
2. Lakukan pengadukan dengan diffuser untuk menyeragamkan pH dan kandungan di

dalamnya.

3. Pada bak ekualisasi kondisikan pH netral sebelum air dialirkan ke bak berikutnya untuk diproses secara biologis.
4. Pada bak biologi, air limbah diproses secara anaerobik.
5. Untuk selanjutnya air dipompa menuju bak aerasi untuk proses aerobik. Pada proses ini dilakukan aerasi dengan menggunakan disk diffuser untuk menjaga sirkulasi udara di dalam bak aerasi.
6. Dari proses aerobik tadi, akan mengalir ke bak clarifier
7. Masukkan lumpur dari bak clarifier dan bak aerasi terakhir menggunakan pompa secara berkala ke dalam bak aerasi.
8. Lalu akan mengalir ke bak sedimen setelah proses di clarifier.
9. Polutan/lumpur akan mengendap dan air yang relatif bening di bagian atas mengalir overflow menuju bak fish pond sebelum akhirnya dialirkan menuju Lagoon untuk proses flushing kandang.

Pada utilitas khususnya water treatment harus dilakukan adanya Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP), sesuai dengan prinsip food safety management. Meskipun project biogas bersifat sebagai energi alternatif akan tetapi karena memakai air dan treatment air yang sama maka harus dilakukan study mengenai HACCP.

### **1. Matriks Analisa Bahaya**

#### **Definisi**

- Bahaya (hazard) merupakan unsur biologi, kimia, fisika yang berpotensi menyebabkan dampak buruk pada kesehatan.
- Analisa Bahaya merupakan proses pengumpulan dan evaluasi informasi mengenai bahaya dan keadaan sampai terjadinya bahaya, untuk menentukan yang mana berdampak nyata terhadap keamanan produk, sehingga harus ditangani dan dikendalikan.

## **Identifikasi bahaya**

Identifikasi bahaya harus mencakup hal-hal berikut:

- Bahaya bahan baku yang digunakan.
- Karakteristik produk, baik produk setengah jadi dan produk akhir.
- Karakteristik proses yang digunakan, termasuk pelayanan yang disubkontrakkan.
- Pemenuhan program Pra-syarat (PRP), seperti lay out, fasilitas, line produksi, hygiene personil (termasuk pengaturan untuk tamu dan penyedia jasa eksternal) dll.

Dalam melakukan analisis HACCP, mencakup hal-hal berikut:

- Kemungkinan terjadinya bahaya (likelihood) dan dampaknya (severity) terhadap efek kesehatan.
- Evaluasi kualitatif dan atau kuantitatif bahaya yang timbul.
- Kelangsungan hidup dan berkembang biaknya mikroorganisme tertentu.
- Produksi atau menetapnya toksin, bahan kimia atau fisik dalam produk.
- Kondisi-kondisi yang mendukung/mengarah ke hal-hal tersebut di atas.

Aktivitas dan tindakan perbaikan yang termasuk dalam katagori PRP ( Prerequisite Program / Program Prasyarat Dasar , meliputi :

- Penetapan konstruksi dan lay out building
- Lay out tempat dan ruang kerja
- Utilitas udara, air dan energy
- Penanganan limbah
- Kesesuaian Peralatan, cleaning, dan maintenance
- Pengelolaan & Pembelian Raw Material
- Pencegahan Kontaminasi Silang
- Cleaning dan Sanitasi
- Pest Control
- Personal Hygiene & fasilitas karyawan



- Rework
- Prosedur penarikan produk
- Pergudangan
- Informasi Produk dan edukasi konsumen

### **Penjelasan Probability dan Severity:**

#### **Probability/Likelihood (Kemungkinan Terjadi)**

**Low Occurance:** Bahaya yang teridentifikasi sangat jarang/hampir tidak terjadi dalam 5 tahun terakhir.

**Medium Occurance** :Bahaya yang teridentifikasi sering terjadi atau pernah terjadi dalam 2 tahun berakhir

**High Occurance:** Bahaya yang teridentifikasi sangat sering terjadi atau pernah terjadi dalam 12 bulan terakhir

#### **Severity (Keparahan)**

- |                        |   |   |
|------------------------|---|---|
| <b>Low Severity</b>    | : | Bahaya potensial yang teridentifikasi dapat menyebabkan luka atau sakit namun tidak berat (resiko tidak serius), dengan penyebaran terbatas, seperti contoh : debu, batu, rambut, kayu, dll                                     |
| <b>Medium Severity</b> | : | Bahaya potensial yang teridentifikasi dapat menyebabkan luka atau sakit yang cukup berat (resiko cukup serius), dengan penyebaran sedang, seperti contoh : mikrobia non patogen / general, residu pestisida, residu nitrat, dll |
| <b>High Severity</b>   | : | Bahaya potensial yang teridentifikasi berakibat fatal (resiko serius / sangat serius) sampai mengakibatkan meninggal dunia, dengan penyebaran yang luas, seperti : mikrobia pathogen, logam berat, dll                          |

### Significance Risk (Resiko)

Kombinasi dari efek kemungkinan terjadi resiko dan tingkat keparahan yang ditetapkan ke dalam suatu tingkatan sebagai dasar untuk tindakan pengendalian.

Likely Severity	Low (L)	Medium (M)	High (H)
Low (L)	US	US	S
Medium (M)	US	S	S
High (H)	S	S	S

Keterangan:

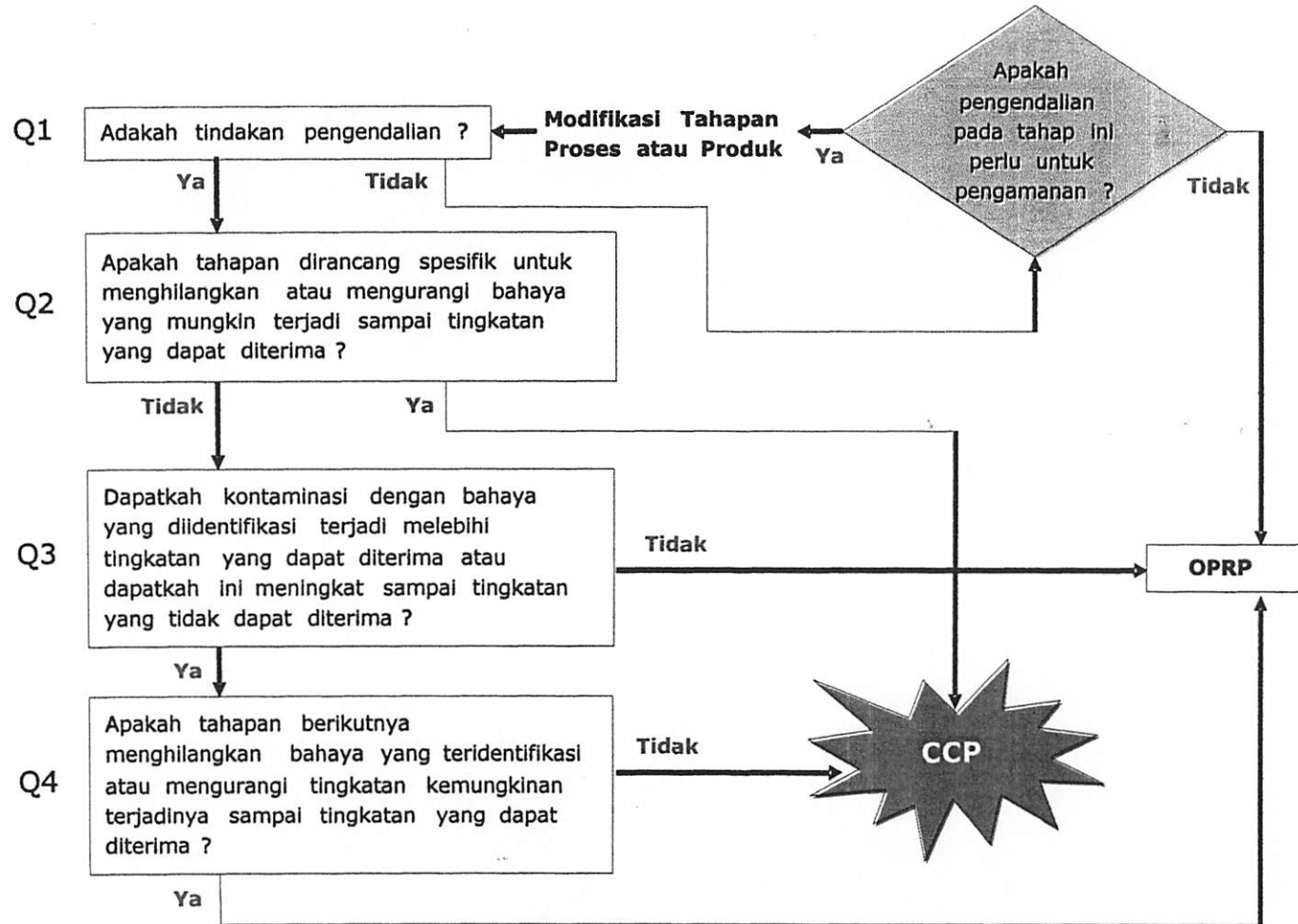
US : Unsignificant    S : Significant

Penentuan Program Prasyarat / Pre Requisite Program (PRP), Operasional PRP (OPRP), atau Critical Control Point (CCP), dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut:

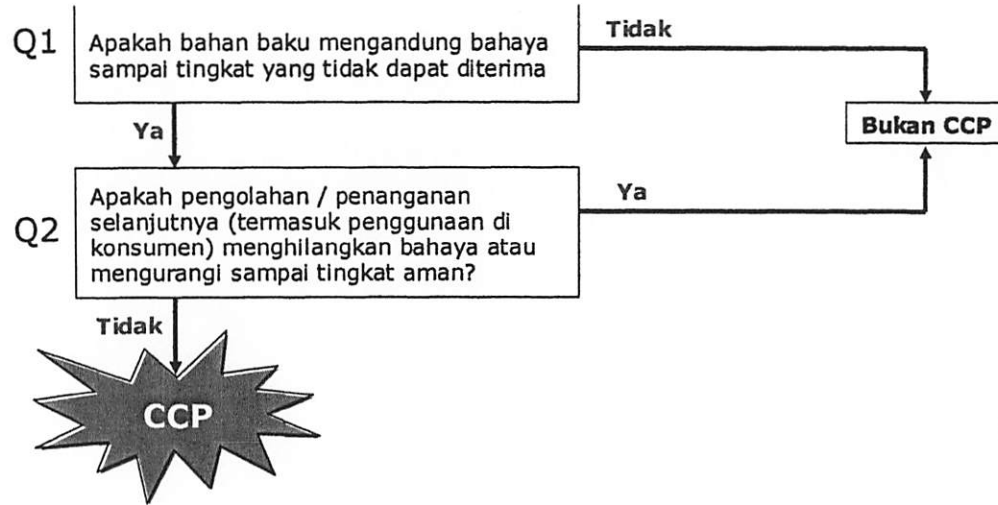
- Apabila bahaya tidak signifikan (US), maka Control Measure sebagai Pre Requisite Program (PRP),
- Apabila bahaya signifikan (S), maka control measure sebagai OPRP atau CCP. Penentuan OPRP atau CCP dilakukan dengan menggunakan "decision tree" seperti dibawah

Tindakan pengendalian (control measure) adalah tindakan dan aktivitas yang dapat digunakan untuk mencegah atau menghilangkan suatu bahaya keamanan pangan atau menurunkan sampai batas yang dapat diterima.

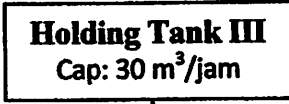
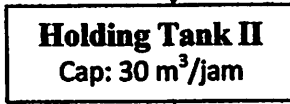
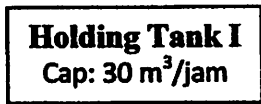
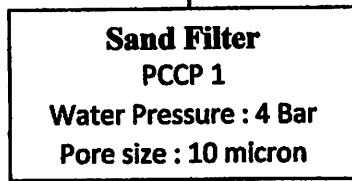
### Decision Tree untuk Process



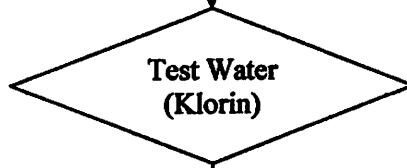
2. b Decision Tree untuk Material



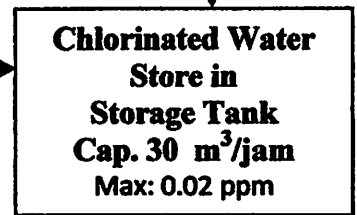
**Raw Water**



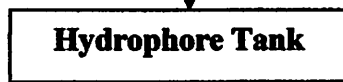
**Chlorine Solution**  
(Injection Pump)



Not Ok

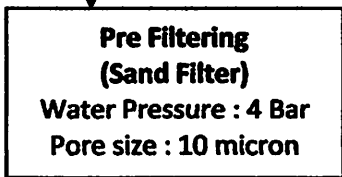


OK

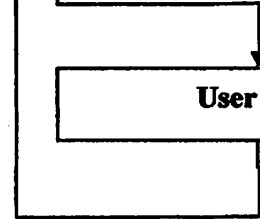
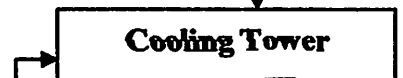


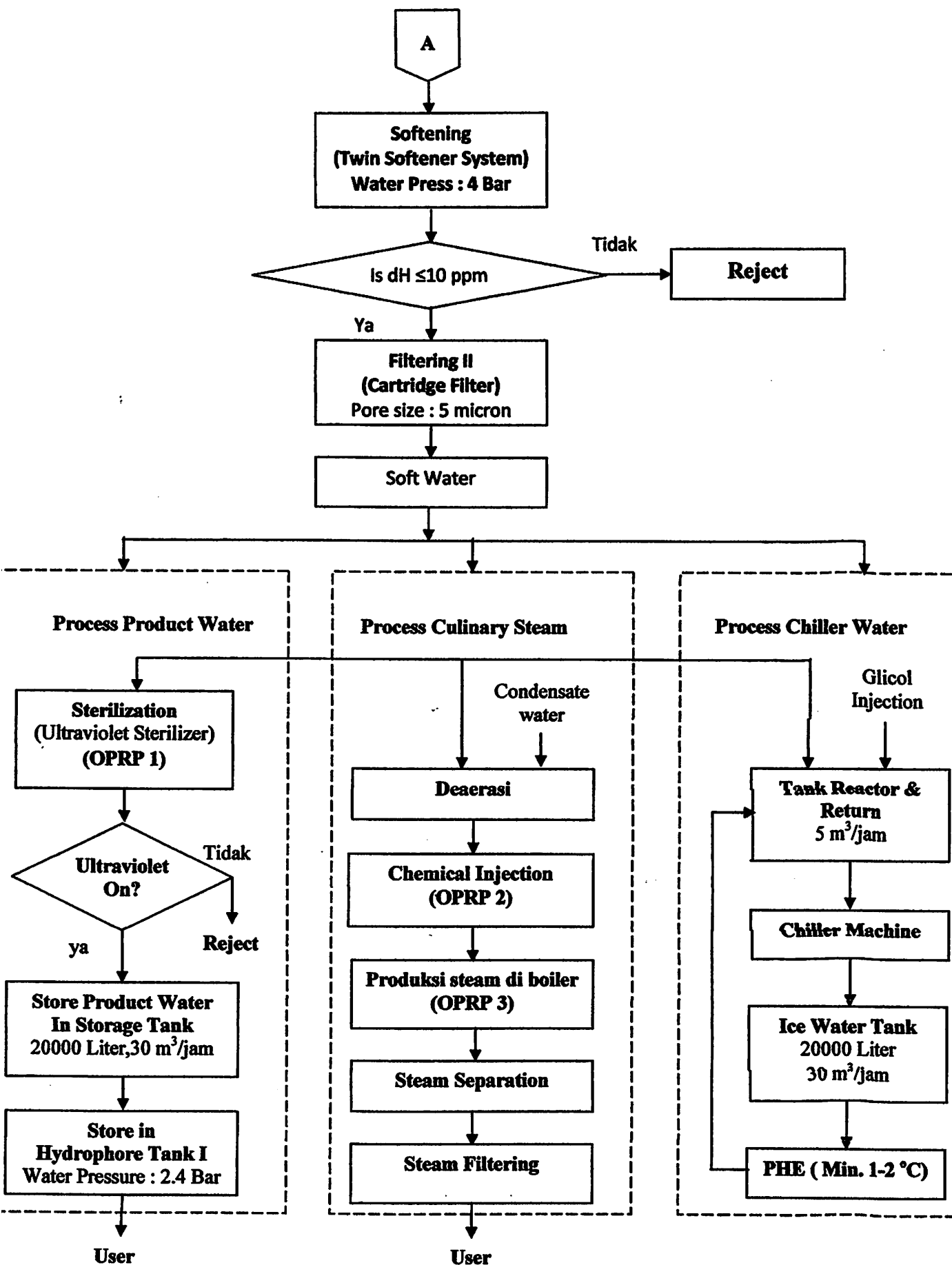
Air untuk, Blending Product (product water), boiler (culinary Steam), ice water (chilled water)

Air untuk pendingin mesin (condenser cooling & proses)



Air untuk CIP,  
General :  
Pemadam kebakaran, Toilet,  
masjid, kantor, project Biogas











### Batas Kritis, Monitor dan Tindakan Koreksi

No.CCP	Proses / Material	Limit kritis	Prosedur monitoring (What, how, when, where, who)	Koreksi Langsung	Tindakan koreksi	Verifikasi dan Penanggung jawab	Dokumentasi	Keterangan
PCCP 1	Filtering	Pasir dari tahapan sebelumnya	Operator UTL memonitor Filter sebelum dan sesudah transfer	Pembersihan dan atau penggantian Filter	Schedule Maintenance, Pembersihan dan atau penggantian Filter	Retraining Operator UTL UTL Supervisor	FRM-UTL-003 FRM-HRD-16	Sand Filter

### Operational PreRequisite Program (OPRP)

No. OPRP	Proses / Material	Bahaya	Tindakan Pengendalian	Prosedur monitoring (What, how, when, where, who)	Koreksi Langsung	Tindakan koreksi	Verifikasi dan Penanggung jawab	Dokumentasi	Keterangan
OPRP 1	UV Sterilization Product Water	M : E. coli	Pengontrolan lampu UV	Utility operator memonitor lampu UV setiap jam di Water Treatment Plant	Penggantian lampu UV dan air direject	Penggantian lampu UV setiap 6000 jam	Verifikasi record penggantian lampu UTL Supervisor	FRM-UTL-01	
OPRP 2	Chemical Injection	C: Corrosion inhibitor, pH Adjuster (Sodium Hydroxide, Potassium Hydroxide), Oxygen Scavenger (Sodium Sulfit, Sodium Metabisulfit, Cobalt Sulfate)	Penggunaan jumlah bahan kimia sesuai specification	Operator UTL melakukan penambahan bahan kimia dan mencatat setiap bahan kimia di tangki habis	Cek sample air boiler dan blow down	Training penambahan bahan kimia	Verifikasi record penggunaan bahan kimia Monitoring hasil analisa kondensat UTL Supervisor	FRM-UTL-013 Hasil Analisa Lab. FRM-HRD-16	
OPRP 3	Produksi Steam di Boiler	C: Corrosion inhibitor (N3273 atau N22341), pH Adjuster (Sodium Hydroxide, Potassium Hydroxide), Oxygen Scavenger (Sodium Sulfit, Sodium Metabisulfit, Cobalt Sulfate)	Pengontrolan level air boiler	Utility operator memonitor level air boiler setiap jam di sight glass.	Boiler off otomatis dan blow down	Perbaikan dan Maintenance. Retraining operator	Pengecekan water level electrode UTL Supervisor	FRM-UTL-29 FRM-UTL-02 FRM-HRD-16	

### Verifikasi Batas Kritis ( CCP )

No.CCP	Limit kritis	Verifikasi				
		Prosedur	Frekuensi	Dilakukan oleh	Dokumentasi	Kapan diverifikasi
PCCP 1	Tidak Ada Pasir dari tahapan sebelumnya	memonitor kondisi Filter	sebelum dan sesudah transfer saat	Operator UTL	FRM-UHT-003	Setiap Jam sebelum dan sesudah transfer

### Verifikasi Operational PreRequisite Program (OPRP)

No. OPRP	Tindakan Pengendalian	Verifikasi				
		Prosedur	Frekuensi	Dilakukan oleh	Dokumentasi	Kapan diverifikasi
OPRP 1	UV Sterilization product water	Tes Fungsi System	Setiap Jam	UTL Operator	FRM-UTL-01	Setiap 6000 jam pemakaian lampu UV
OPRP 2	Chemical Injection	Verifikasi record penggunaan bahan kimia	Setiap 6 Bulan	UTL Operator	FRM-UTL-13	Evaluasi Training Setiap 6 Bulan
OPRP 3	Produksi Steam di Boiler	Pengecekan water level electrode	Setiap Maintenance	UTL Operator	FRM-UTL-29	Pada waktu maintenance

## Validasi Tindakan Pengendalian

<b>Validasi Tindakan Pengendalian untuk CCP ( MCCP )</b>						
<b>No.</b>	<b>Item</b>	<b>Bahaya yang Dikendalikan</b>	<b>Tindakan Pengendalian</b>	<b>Metode Validasi</b>	<b>Dokumentasi</b>	<b>Penanggung Jawab</b>
1	PCCP 1 : Filtering	Serpihan Pasir	Pengontrolan Filter	Pengecekan produk hasil filtering dan penggantian Filter	FRM-UTL-003 SAP Program	UHT Sect. Head

<b>Validasi Tindakan Pengendalian untuk PRP ( OPRP )</b>						
<b>No.</b>	<b>Item</b>	<b>Bahaya yang Dikendalikan</b>	<b>Tindakan Pengendalian</b>	<b>Metode Validasi</b>	<b>Dokumentasi</b>	<b>Penanggung Jawab</b>
1	OPRP 1 : UV Sterilisation Product water	E. coli	Pengontrolan lampu UV	Instruction Manual Steriflo CS UV Disinfektan System CS 150	Instruction Manual Steriflo CS UV Disinfektan System CS 150	UTL Sect. Head
2	OPRP 2 : Chemical Injection	Corrosion inhibitor, pH adjuster dan Oxygen Scavenger	Penggunaan Jumlah bahan kimia sesuai spesification	Operation Manual Directive Water Condition (DE 1) For Steam Boiler	- Operation Manual  Directive Water Condition (DE 1) For Steam Boiler  - Personal Service Report Boiler with System	UTL Sect. Head
3	OPRP 3 : Produksi steam di boiler	Corrosion inhibitor, pH adjuster dan Oxygen Scavenger	Pengontrolan level air boiler	Operation Manual Directive Water Condition (DE 1) For Steam Boiler	- Operation Manual Directive Water Condition (DE 1) For Steam Boiler  - FRM - UTL - 002	UTL Sect. Head

## **BAB IX**

### **LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK**

Dalam suatu perencanaan pabrik, salah satu faktor yang sangat penting yaitu penentuan lokasi pabrik dan letak peralatan pabrik. Karena hal tersebut akan berpengaruh terhadap kelangsungan hidup pabrik yang akan didirikan di masa mendatang. Selain itu tata letak komponen-komponen pabrik itu sendiri juga menentukan koefisien produksi. Untuk itu diperlukan pengaturan yang sedemikian rupa hingga mampu memenuhi kualitas dan kuantitas produk yang ingin dicapai.

#### **9.1. Lokasi Pabrik**

Pemilihan lokasi pabrik sangat menentukan keberhasilan suatu perancangan pabrik. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam memilih lokasi pabrik yang terbagi menjadi dua bagian, yaitu faktor utama dan faktor khusus.

Yang termasuk ke dalam faktor utama yaitu :

##### **A. Bahan baku**

Tersedianya bahan baku dan harga bahan baku sering menentukan lokasi suatu pabrik. Ditinjau dari faktor ini, maka hendaknya pabrik didirikan dekat dengan lokasi bahan baku. Hal-hal yang lain yang perlu dipertimbangkan mengenai harga bahan baku adalah :

- Lokasi sumber bahan baku.
- Kapasitas sumber bahan baku tersebut dan beberapa lama sumber bahan baku tersebut dapat mencukupi kebutuhan pabrik.
- Cara mendapatkan bahan baku dan pengangkutannya.
- Kuantitas bahan baku yang ada, dan kualitas bahan baku harus sesuai dengan proses.

##### **B. Pemasaran**

Pemasaran hasil proses produksi suatu pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam mempercepat perkembangan pabrik tersebut, karena

berhasil tidaknya pemasaran akan menentukan keuntungan yang didapat oleh pabrik. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Dimana produk akan dipasarkan.
- Kebutuhan akan produk pada saat sekarang dan pada saat yang akan datang.
- Pengaruh persaingan yang ada.
- Jarak pemasaran atau lokasi dan bagaimana sarana pengangkutan daerah pemasaran.

Semua kriteria diatas terpenuhi karena dibangun bersebelahan dengan perusahaan susu terintegrasi di daerah gunungkawi

### C. Utilitas

Utilitas merupakan kebutuhan yang tidak kalah penting, khususnya bagi kelengkapan proses produksi. Bagian dari pada utilitas adalah air, listrik dan lain-lainnya. Adapun uraian dari utilitas adalah sebagai berikut :

#### ♦ Air

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam suatu industri kimia. Air digunakan untuk kebutuhan proses, media pendingin, air sanitasi dan kebutuhan yang lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan air, air dapat diambil dari beberapa sumber yaitu air tanah atau air sumur bor, air sungai, air kawasan, air PDAM. Bila air dibutuhkan dalam jumlah besar, maka pengambilan air dari sumber akan lebih ekonomis.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk memilih lokasi pabrik adalah :

- Berapa jauh sumber atau sungai ini dapat dijangkau dari pabrik.
- Kualitas sumber air yang tersedia.
- Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan air yang diperlukan oleh pabrik.

Sumber Air yang digunakan adalah air sumur bor, dimana akan menjadi satu dengan yang sudah ada di perusahaan susu terintegrasi di gunung kawi yaitu mempunyai sumur bor 6 buah, 3 di area Farm dan 3 di Area Dairy Processing.

◆ Listrik

Listrik dalam industri merupakan bagian utilitas yang sangat penting, terutama sebagai penggerak peralatan proses, selain sebagai penerangan dan keperluan lainnya. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

- Ada atau tidaknya serta jumlah listrik di daerah yang akan ditempati pabrik.
- Harga tenaga listrik.
- Persediaan tenaga listrik di masa mendatang.

Listrik sudah ada gardu induk dari PLN yang sudah terpasang di perusahaan susu terintegrasi di gunung kawi sehingga hanya perlu membuat panel dan koneksi ke plant pabrik biogas

D. Iklim dan Alam Sekitarnya

Iklim dan alam sekitar merupakan bagian yang tidak dapat diabaikan, selain pabrik diharapkan ramah lingkungan, iklim juga berpengaruh bagi konstruksi bangunan, spesifikasi peralatan serta konstruksi peralatan. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

- Keadaan alamnya, alam yang menyulitkan konstruksi bangunan dan mempengaruhi spesifikasi peralatan, serta konstruksi peralatan.
- Keadaan angin (kecepatan dan arah angin) pada situasi terburuk yang pernah terjadi di tempat itu (lokasi pabrik).
- Bahaya alam (gempa bumi, banjir) yang pernah terjadi di lokasi pabrik.
- Kemungkinan untuk perluasan di masa mendatang.

Sedangkan yang termasuk faktor khusus adalah :

□ Transportasi

Masalah transportasi perlu diperhatikan agar kelancaran supply bahan baku maupun pemasaran produk dapat terjamin dengan biaya serendah mungkin dan dalam waktu singkat.

□ Buangan Pabrik (Waste Disposal)

Apabila buangan pabrik (Waste Disposal) berbahaya bagi kehidupan sekitarnya, maka harus diperhatikan yaitu cara mengeluarkan buangan atau limbah pabrik, terutama dihubungkan dengan peraturan pemerintah maupun peraturan yang dibuat secara internasional, khususnya menyangkut lingkungan proper maupun ISO 14000 untuk masalah Lingkungan. Untuk itu di tahun 2013 sudah dilakukan kajian oleh perusahaan susu terintegrasi pada masalah kajian daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup.

□ Tenaga Kerja

Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai tenaga kerja adalah :

- Mudah tidaknya mendapatkan tenaga kerja yang dibutuhkan.
- Keahlian dan pendidikan tenaga kerja.
- Tingkat penghasilan tenaga kerja di daerah tersebut.

□ Site Karakteristik dari lokasi

Dalam memilih lokasi pabrik harus diperhatikan apakah daerah tersebut merupakan lokasi pertanian, rawa, bukit dan lain-lain. Lokasi pendirian pabrik yang baik adalah di dekat lokasi pembuangan atau lagoon kotoran sapi dan juga dekat dengan area yang akan di supplay oleh gas methane seperti untuk dipakai pada boiler sebagai bahan bakar gas.

□ Masalah Lingkungan

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Lokasi termasuk pedesaan atau perkotaan.
- Fasilitas rumah, kantin dan tempat ibadah.
- Daerah atau lokasi pertanian

Berdasarkan faktor-faktor diatas maka lokasi yang dipilih untuk mendirikan pabrik biogas dari kotoran sapi dan whey keju adalah bersebelahan dengan perusahaan susu terintegrasi di daerah gunung kawi, sebagai dasar adalah;

- a. Dekat dengan bahan baku yaitu penampungan atau lagoon buangan kotoran sapi dan juga sisa proses pembuatan keju yaitu whey
- b. Tersedianya kebutuhan Utility seperti Sumber Air dan juga sumber

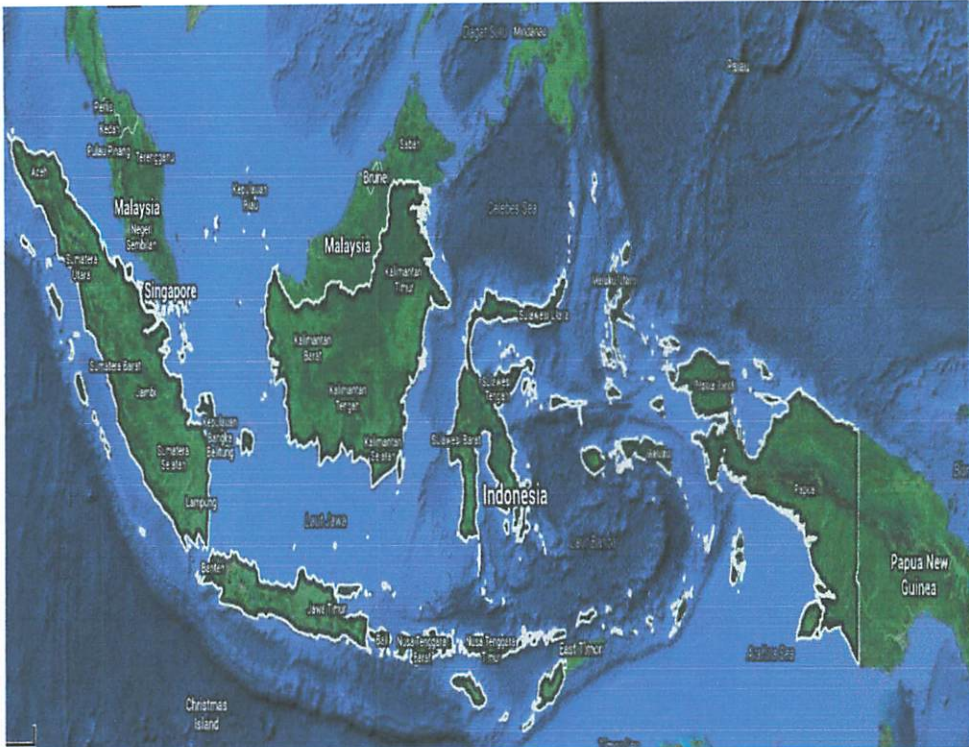
listrik terkoneksi

- c. Tersedianya lahan di sebelah lokasi area unit Dairy Processing (Whey) yang juga dekat dengan Lagoon ( Kotoran sapi )
- d. Lokasi yang tersedia juga dekat dengan Area Utilitiy dimana didalamnya terdapat peralatan seperti Boiler
- e. Merupakan wujud dan komitmen manajemen perusahaan yang termaktub didalam kebijakan perusahaan yang konsern terhadap masalah lingkungan khususnya sesuai peraturan pemerintah dan juga berpotensi untuk meningkatkan langkah efisiensi perusahaan dalam penggunaan bahan bakar. Peta dan Photo seperti pada gambar 9.1.



PETA PROYEKSI DAN TATA LETAK PABRIK –  
BERSEBELAHAN DENGAN PABRIK SUSU TERINTEGRASI DI  
GUNUNG KAWI MALANG

Gambar 9.1 Peta dan Lokasi Pabrik Biogas





Dapatkan petunjuk arah Tempatkan

🚗 🚲 🚶

**A** Ipteki Nasional Malang, Sumbersari, Jawa Timur  
Apakah yang Anda maksud: Institut Teknologi Nasional Malang, Sumbersari, Jawa Timur

**B** Jalan tak dikenal  
Tambahkan Tujuan - Tampilkan pilihan

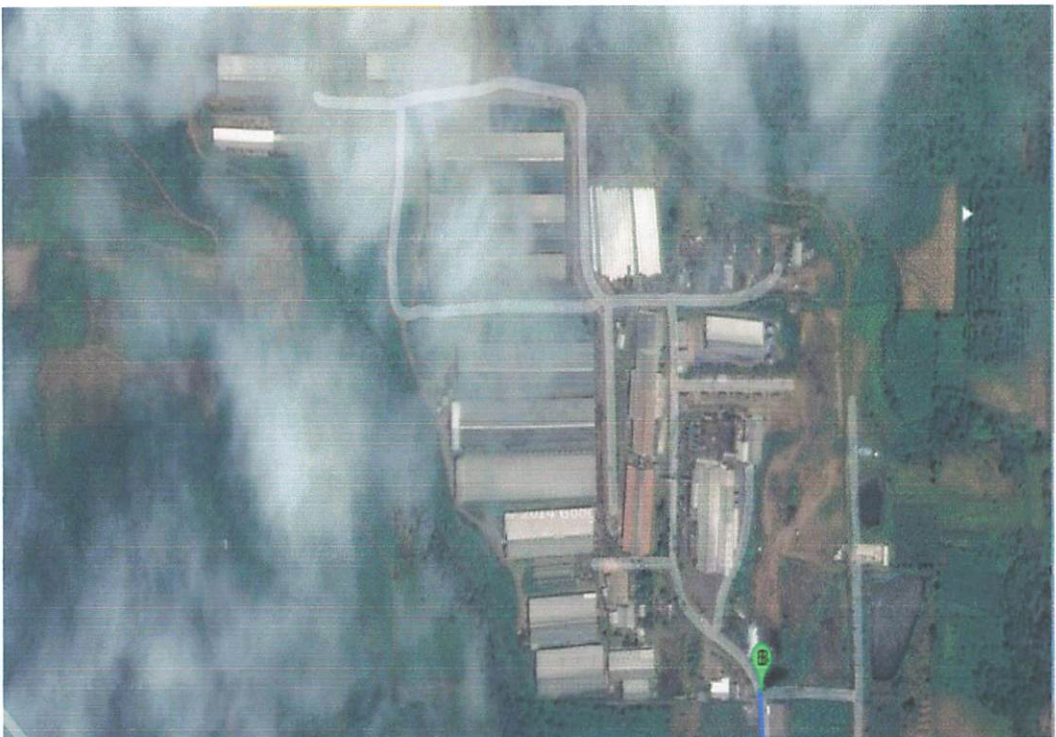
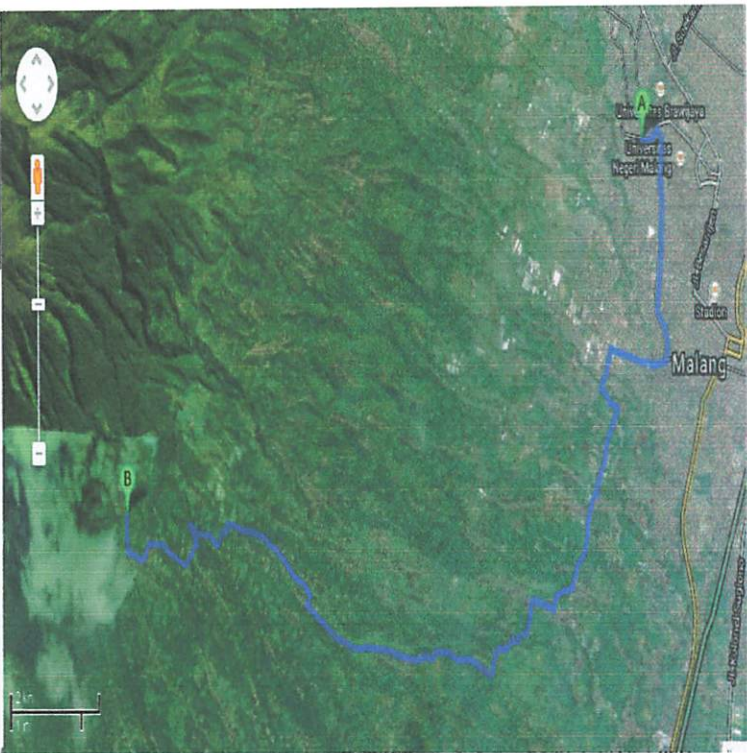
**DAPATKAN PETUNJUK ARAH**

▼ Rute yang disarankan

Jl. Raya Langsep	21,7 km, 35 mnt
Jl. Nasional 23	24,7 km, 38 mnt

**Petunjuk arah mengemudi ke Jalan tak dikenal**

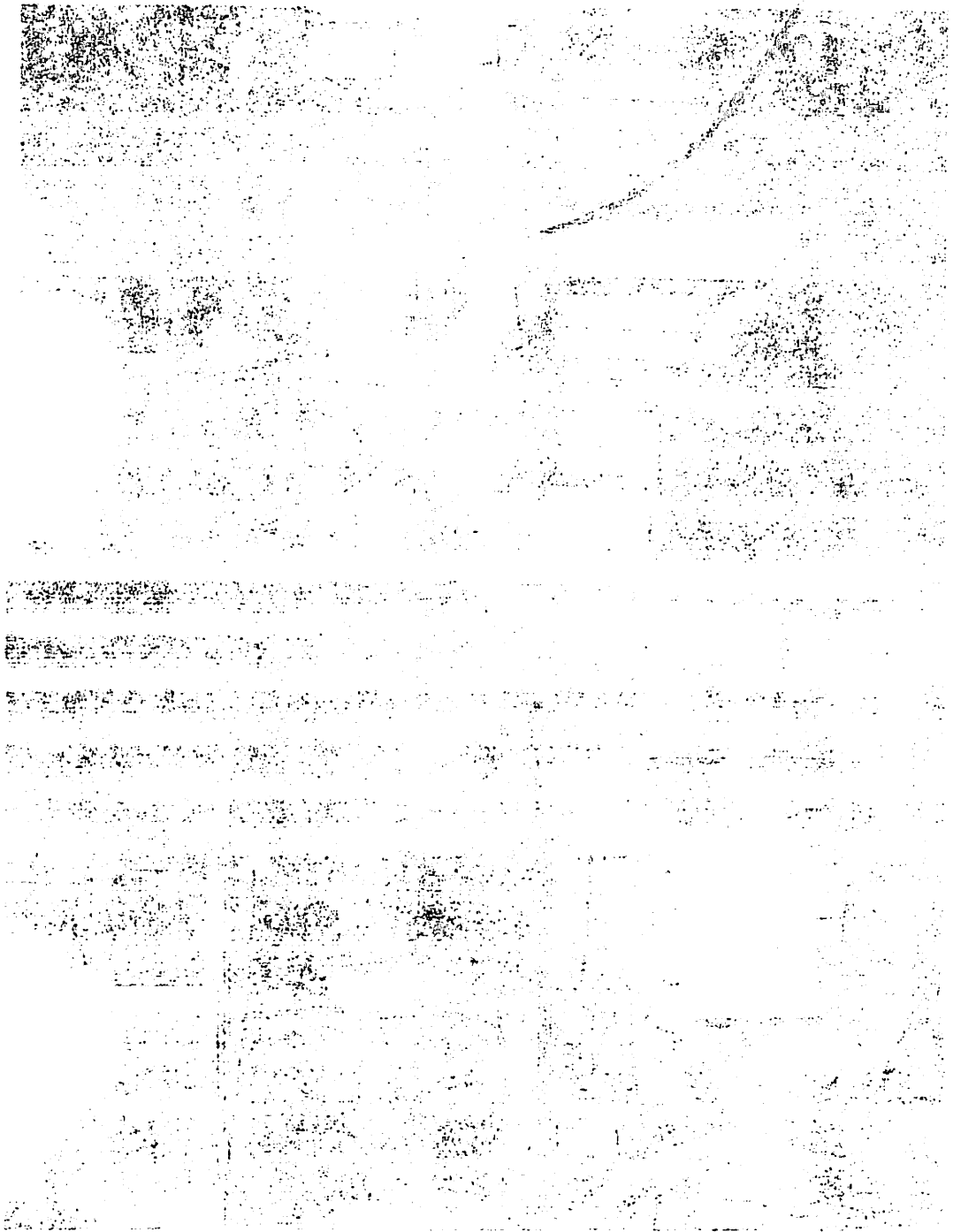
**A** Institut Teknologi Nasional - Kampus 1  
Jl. Bendungan Sigura-Gura No. 2, Malang, East Java, 65145







Tanda warna merah merupakan proyeksi plant biogas



SECRET - SECURITY INFORMATION - NO FOREIGN DISSEM

## 9.2. Tata Letak Pabrik (*Plant Lay Out*)

Pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam menyusun *lay out* pabrik adalah :

- Tanah yang tersedia
- Distribusi bahan baku yang dekat
- Keadaan cuaca dan lingkungan
- Akses jalan raya yang sudah tersedia
- Kedekatan dengan area yang akan memanfaatkan gas (Utility , contoh Boiler )
- Keamanan terhadap kebakaran, gas beracun dan bentuk bangunan
- Pengaturan terhadap penggunaan ruangan dan elevasi
- Memperhitungkan aspek tanaman pada lingkungan hijau diarea pabrik
- Letak pabrik dengan daerah hunian warga sekitar pabrik

Gambaran Layout pabrik dapat dilihat pada gambar 9.2



## **BAB X**

### **STRUKTUR DAN ORGANISASI PERUSAHAAN**

Dalam menciptakan suatu pengelolaan perusahaan agar mencapai sasaran secara efektif, efisien dan berorientasi pada hasil produksi yang maksimal maka harus dipertimbangkan elemen dasar yang diperlukan dalam suatu perusahaan sebagai “alat” pelaksananya. Alat pelaksana tersebut antara lain :

- Manusia
- Mesin
- Bahan
- Metode
- Lingkungan kerja
- Finansial
- Adanya pasar

Elemen dasar tersebut menjadi faktor utama untuk menjalankan suatu perusahaan mencapai tujuan yang diinginkan secara bersama-sama dengan organisasi perusahaan-perusahaan yang lain.

#### **10.1. Dasar perusahaan**

- Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)
- Lokasi pabrik
- Kapasitas produksi
- Jenis modal : Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN)

#### **10.2. Bentuk Perusahaan**

Pabrik yang direncanakan ini mempunyai bentuk hukum “Perseroan Terbatas” (PT) yaitu bentuk perusahaan yang modalnya berasal dari beberapa saham. Pemilihan bentuk perusahaan ini didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

## BAB V STRUKTUR DAN ORGANISASI PERUSAHAAN

Dalam menciptakan suatu pengelolaan perusahaan agar mencapai sasaran secara efektif, efisien dan berorientasi pada hasil produksi yang maksimal maka harus dipertimbangkan elemen dasar yang diperlukan dalam suatu perusahaan sebagai "alat" pelaksanaannya. Alat pelaksanaannya tersebut antara lain :

- Manusia
- Mesin
- Bahan
- Metode
- Lingkungan kerja
- Finansial
- Adanya pasar

Elemen dasar tersebut menjadi faktor utama untuk menjalankan suatu perusahaan mencapai tujuan yang diinginkan secara bersama-sama dengan organisasi perusahaan-perusahaan yang lain.

### 10.1. Pasar perusahaan

- × Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)
- × Lokasi pabrik
- × Kapasitas produksi
- × Jenis modal : Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN)

### 10.2. Bentuk Perusahaan

Pabrik yang dicendunakkan ini mempunyai bentuk bukan "Perseroan Terbatas" (PT) yaitu bentuk perusahaan yang modalnya berasal dari beberapa saham. Pemilihan bentuk perusahaan ini didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :



- ☑ Kemungkinan terhimpunnya modal yang besar karena modalnya dibagi dalam saham-saham, selain modal dari bank
- ☑ Karena pimpinan dan pemilik perusahaan terpisah, biasanya manajemennya lebih baik dari perusahaan yang lain
- ☑ Kekayaan perusahaan terpisah dari kekayaan pemegang saham
- ☑ Saham-saham mempunyai sifat yang mobil (dapat diperdagangkan)
- ☑ Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sebab segala sesuatu yang menyangkut kelancaran perusahaan dipegang oleh pimpinan perusahaan
- ☑ Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan pemegang saham, direksi, atau karyawan

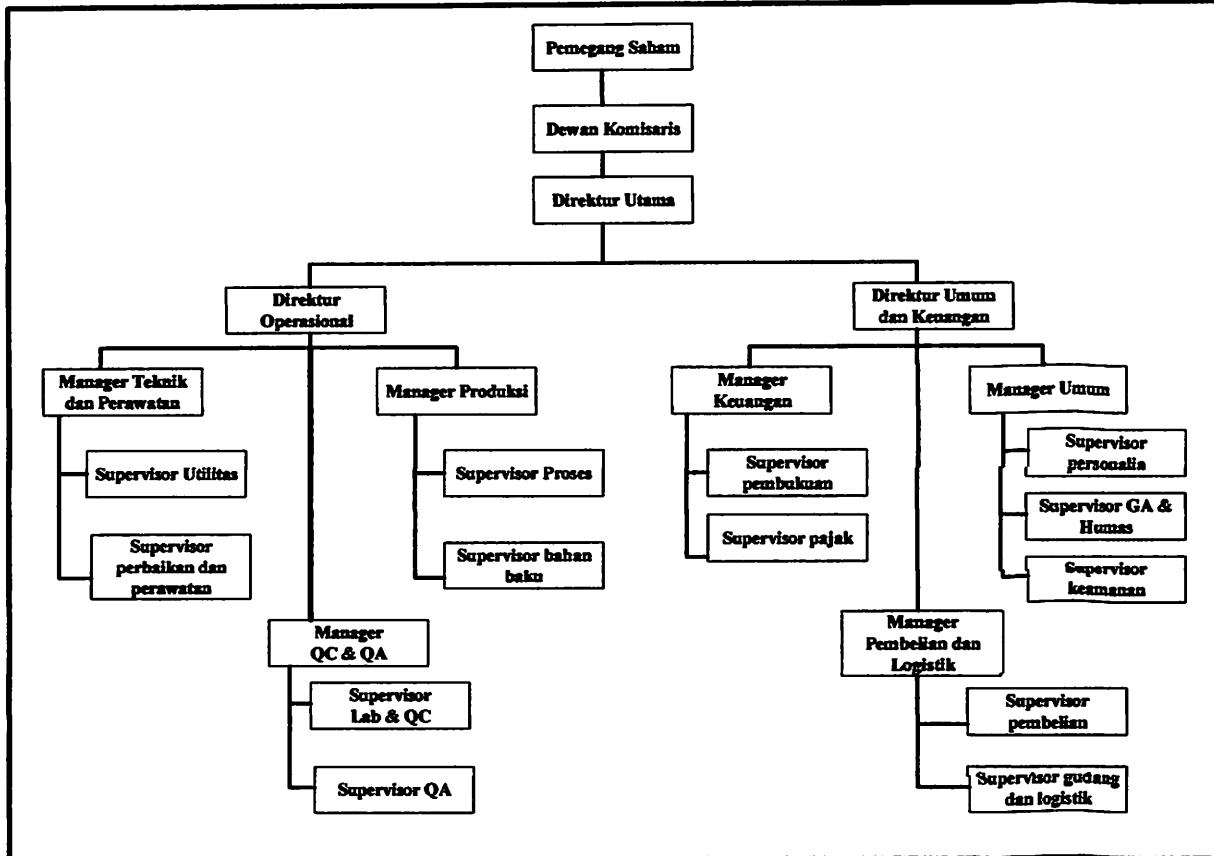
### **10.3. Sistem Organisasi Perusahaan**

Sistem organisasi perusahaan yang akan dipakai dalam perencanaan pabrik biogas ini adalah tipe staf dan garis. Latar belakang pemakaian sistem ini karena memiliki banyak keuntungan diantaranya adalah :

- Hanya ada satu pemimpin
- Terarah dan terencana dalam menjalankan tugas dan menerima perintah
- Terdapat kesatuan dalam pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja terjamin
- Pengambilan keputusan yang sehat lebih mudah dapat diambil karenanya adanya staff yang ahli sesuai bidang
- Biasanya digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi yang terus-menerus
- Masing-masing kepala bagian/manager secara langsung bertanggung jawab atas aktifitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan
- Pimpinan tertinggi dipegang oleh seorang direktur yang bertanggung jawab kepada dewan komisaris. Anggota dewan komisaris merupakan perwakilan dari para pemegang saham dan dilengkapi dengan staf ahli yang bertugas memberi nasehat dan saran kepada direktur.



Bagan struktur organisasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



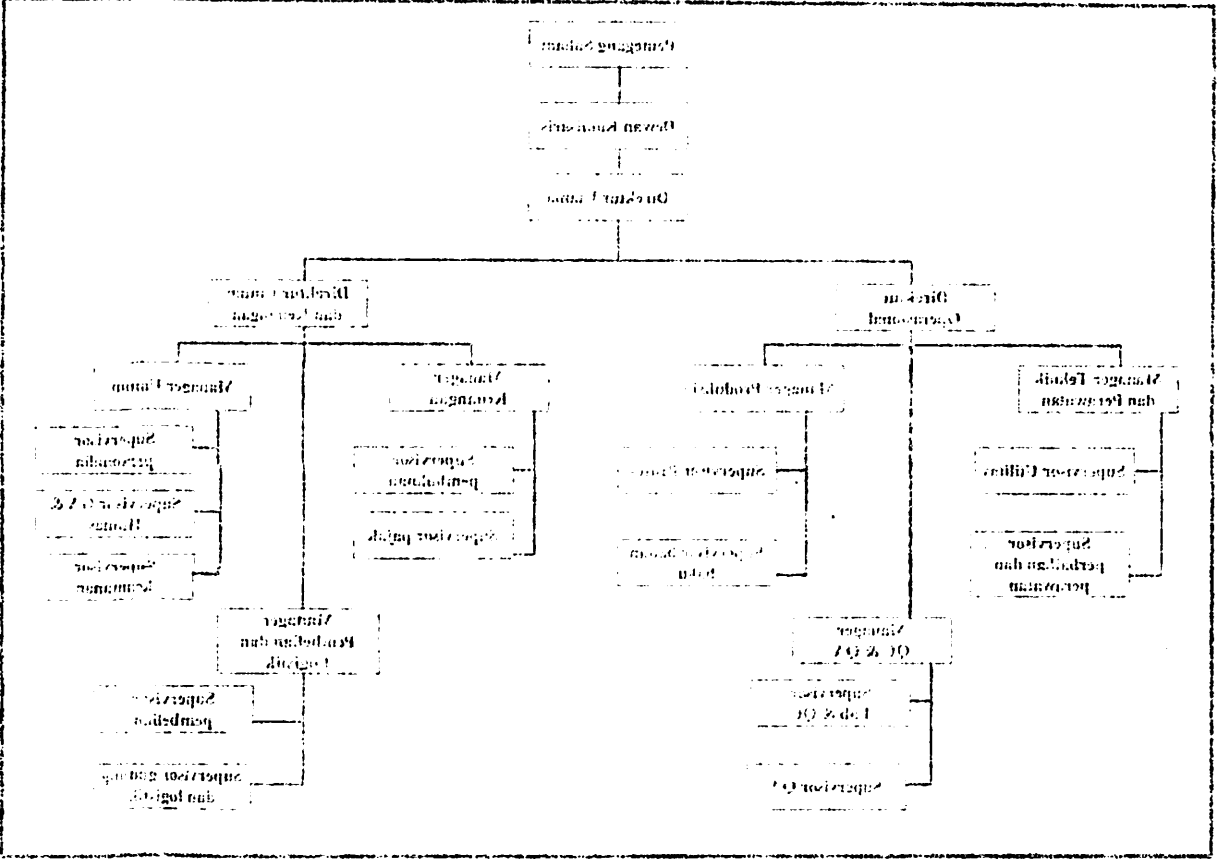
Gambar 10.1

## 10.4. Pembagian Tugas Kerja

### 1. Pemegang saham

Pemegang saham adalah sekelompok orang yang ikut dalam pengumpulan modal untuk mendirikan pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Pemegang saham adalah pemilik perusahaan yang besarnya tergantung dari prosentase kepemilikan saham. Kekayaan pribadi pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Penanam saham wajib menanamkan modalnya paling sedikit 1 tahun. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) adalah rapat dari pemegang

Bagan struktur organisasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 10.1

### 10.4. Pembagian Tugas Kerja

#### 1. Pemegang saham

Pemegang saham adalah sekelompok orang yang ikut dalam pengumpulan modal untuk mendirikan pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Pemegang saham adalah pemilik perusahaan yang biasanya bertanggung jawab atas pengelolaan perusahaan. Kekayaan pribadi pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas utang-utang perusahaan. Tujuan saham yaitu memanfaatkan modalnya paling sedikit 1 tahun. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) adalah rapat dari pemegang

saham yang memiliki kekuasaan tertinggi dalam mengambil keputusan untuk kepentingan perusahaan. RUPS biasanya dilakukan paling sedikit sekali dalam setahun, atau selambat-lambatnya enam bulan sejak tahun buku yang bersangkutan berjalan (neraca perusahaan telah aktif)

## **2. Dewan Komisaris**

Dewan komisaris terdiri dari pemegang saham perusahaan. Pemegang saham adalah pihak-pihak yang menanamkan modalnya untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Besarnya kepemilikan pemegang saham terhadap perusahaan tergantung atau sesuai dengan besarnya modal yang ditanamkan, sedangkan kekayaan pribadi dari pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Pemegang saham harus menanamkan modalnya paling sedikit 1 (satu) tahun.

Tugas dan wewenang dewan komisaris :

- a. Bertanggung jawab terhadap pabrik secara umum dan memberikan laporan pertanggungjawaban kepada para pemegang saham dalam RUPS
- b. Menerima pertanggungjawaban dari para manager pabrik

## **3. Direktur Utama**

Posisi direktur utama merupakan pimpinan tertinggi perusahaan secara langsung dan penanggung jawab utama dalam perusahaan secara keseluruhan selama perusahaan berdiri. Tugas dan wewenang direktur utama adalah :

- a. Menetapkan strategi perusahaan , membuat perencanaan kerja, dan menginstruksikan cara-cara pelaksanaannya kepada para manager
- b. Mengurus harta kekayaan perusahaan
- c. Menetapkan sistem organisasi yang dianut dan menetapkan pembagian kerja, tugas, dan tanggung jawab dalam perusahaan untuk mencapai tujuan atau target perusahaan yang telah direncanakan

aham yang memiliki kekuasaan tertinggi dalam mengambil keputusan untuk kepentingan perusahaan. RUPS biasanya dilakukan paling sedikit sekali dalam setahun atau selang-selangnya enam bulan sekali atau lebih yang bersangkutan dengan (negeri perusahaan lain).

### 2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris terdiri dari pemegang saham perusahaan. Pemegang saham adalah pihak-pihak yang menanamkan modalnya untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Biasanya kepemilikan pemegang saham terhadap perusahaan tergantung atau sesuai dengan besarnya modal yang diinvestasikan, sedangkan kekayaan pribadi dari pemegang saham tidak dibenarkan. Pemegang saham harus menanamkan modalnya dalam jangka panjang. Pemegang saham harus menanamkan modalnya paling sedikit 1 (satu) tahun.

Tugas dan wewenang dewan komisaris :

- a. Bertanggung jawab terhadap pihak-pihak lain dan melaksanakan jabatan pemegang saham kepada para pemegang saham dalam RUPS
- b. Menetapi dan bertanggung jawab dari para manajer pabrik

### 3. Direksi Utama

Posisi direksi utama merupakan pimpinan tertinggi perusahaan secara langsung dan bertanggung jawab utama dalam perusahaan secara keseluruhan selama perusahaan berdiri. Tugas dan wewenang direksi utama adalah :

- a. Menetapkan strategi perusahaan, membuat perencanaan kerja, dan menginstruksikan cara-cara pelaksanaan kepada para manajer
- b. Mengurus atau mengelola perusahaan
- c. Menetapkan sistem organisasi yang efisien dan menetapkan pembagian kerja, tugas dan tanggung jawab dalam perusahaan untuk mencapai tujuan atau target perusahaan yang telah ditentukan

- d. Mengadakan koordinasi yang tepat pada seluruh bagian organisasi
- e. Memberikan instruksi resmi kepada bawahannya untuk melaksanakan tugas masing-masing
- f. Mempertanggungjawabkan kepada dewan komisaris semua anggaran pembelanjaan dan pendapatan perusahaan
- g. Selain tugas diatas, direktur utama berhak mewakili perseroan secara sah dan langsung dalam segala hal dan kejadian yang berhubungan dengan kepentingan perusahaan. Dan harus berkonsultasi kepada dewan komisaris setiap akan melakukan tindakan perusahaan yang krusial seperti peminjaman uang ke bank, memindahtangankan perseroan untuk menanggung hutang perusahaan, dan lain sebagainya

#### **4. Direktur Operasional**

Direktur operasional diangkat dan diberhentikan oleh direktur utama. Direktur operasional bertanggung jawab penuh terhadap kelancaran produksi, kualitas hasil produksi dan kemampuan kapasitas peralatan. Tanggung jawab tersebut dimulai dari perencanaan produksi, perencanaan daya dukung peralatan dan mesin-mesin proses, perencanaan bahan baku, kepastian terjaganya kualitas hasil proses produksi dan kelangsungan proses produksi. Tugas utamanya adalah merencanakan, memonitor, memberikan arahan teknis operasional, dan melakukan evaluasi atas hasil-hasil produksi, kemampuan peralatan, dan kualitas produk yang dihasilkan

#### **5. Direktur Umum dan Keuangan**

Direktur umum dan keuangan ini memiliki ruang lingkup kerja yang lebih luas daripada direktur operasional. Direktur umum dan keuangan ini bertanggung jawab atas segala kegiatan kerja diluar produksi dan berkaitan erat juga dengan administrasi yang dilakukan oleh perusahaan. Semua manajemen perusahaan diatur dan dijalankan

- d. Menetapkan komite yang tetap pada seluruh bagian organisasi
- e. Memberikan instruksi resmi kepada bawahannya untuk melaksanakan tugas masing-masing
- f. Memperlakukan jawatan kepada semua komiteis semua anggota perusahaan dan pendirian perusahaan
- g. Selain tugas diatas, direktur utama berhak mewakili perusahaan secara sah dan langsung dalam segala hal dan kejadian yang berhubungan dengan kepentingan perusahaan. Dan harus bertanggung jawab kepada semua komiteis setiap akan melakukan tindakan perusahaan yang khusus seperti penjaminan uang ke bank, meminidatibankan perusahaan untuk menyangkut barang perusahaan dan lain sebagainya

#### 4. Direktur Operasional

Direktur operasional diangkat dan diberhentikan oleh direktur utama. Direktur operasional bertanggung jawab penuh terhadap kelancaran produksi, kualitas hasil produksi dan kemampuan kapasitas produksi. Tanggung jawab tersebut dimulai dari perencanaan produksi, perencanaan biaya, dukungan peralatan dan mesin-mesin, proses perencanaan bahan baku, kepastian terjaminnya kualitas hasil proses produksi dan kelangsungan proses produksi. Tugas utamanya adalah merencanakan, memonitor, memberikan arahan teknis operasional, dan melakukan evaluasi atas hasil-hasil produksi, kemampuan peralatan, dan kualitas produk yang dihasilkan

#### 5. Direktur Umum dan Keuangan

Direktur umum dan keuangan ini memiliki tanggung jawab yang lebih luas daripada direktur operasional. Direktur umum dan keuangan ini bertanggung jawab atas segala kegiatan kerja dalam produksi dan berkaitan erat juga dengan administrasi yang dilakukan oleh perusahaan. Semua manajemen perusahaan dibuat dan dijalankan



oleh bagian administrasi, termasuk strategi logistik dan distribusi produk, pengaturan keuangan perusahaan, hubungan dengan masyarakat, masalah ketenagakerjaan, dan juga keamanan dalam lingkungan perusahaan.

## **6. Manager Teknik dan Perawatan**

Manager teknik dan perawatan adalah pimpinan bagian yang bertanggung jawab atas semua kegiatan yang berhubungan erat dengan dukungan terhadap proses produksi. Dalam hal ini yang berhubungan dengan peralatan, permesinan, dan sistem utilitas bagi upaya kelancaran proses produksi

Supervisor-supervisor yang bertanggung jawab pada manager teknik dan perawatan ini adalah :

### **a. Supervisor Utilitas**

Bertanggung jawab untuk menyalurkan aliran air, nitrogen, listrik, dan steam yang digunakan selama proses produksi berlangsung

### **b. Supervisor perbaikan dan perawatan**

Bertugas untuk memperbaiki peralatan yang rusak dan mempersiapkan suku cadangnya, agar peralatan tersebut dapat dipergunakan lagi dalam proses produksi. Tugas utama dari supervisor ini adalah membantu manajemen dalam perancangan maupun dalam menelaah kebijakan pokok terkait dengan bidangnya masing-masing. Disamping itu juga melaksanakan tugas-tugas yang diberikan oleh direksi maupun managernya kepada dirinya.

## **7. Manager Produksi**

Manager produksi ini bertanggung jawab atas jalannya proses produksi sesuai dengan yang direncanakan, termasuk perencanaan kebutuhan bahan baku agar target produksi terpenuhi.

Dalam pelaksanaan operasionalnya, manager produksi ini dibantu oleh :

oleh bagian administrasi termasuk strategi logistik dan distribusi produk, pengaturan keuangan perusahaan, hubungan dengan masyarakat, masalah ketenagakerjaan, dan juga keamanan dalam lingkungan perusahaan.

6. **Manajer Teknik dan Perawatan**

Manajer teknik dan perawatan adalah pimpinan bagian yang bertanggung jawab atas semua kegiatan yang berhubungan erat dengan dukungan terhadap proses produksi. Dalam hal ini yang berhubungan dengan perawatan, pemeliharaan, dan sistem utilitas bagi upaya kelancaran proses produksi. Supervisor-supervisor yang bertanggung jawab pada manajer teknik dan perawatan ini adalah :

a. **Supervisor Utilitas**

Bertanggung jawab untuk menyediakan aliran air, nitrogen, listrik, dan steam yang digunakan selama proses produksi berlangsung.

b. **Supervisor Perbaikan dan Perawatan**

Bertugas untuk memperbaiki peralatan yang rusak dan mempersiapkan suku cadangnya, agar perbaikan tersebut dapat dipertemukan lagi dalam proses produksi. Tugas utama dari supervisor ini adalah membantu manajemen dalam perencanaan maupun dalam masalah kebijakan teknik terkait dengan bidangnya masing-masing. Disamping itu juga melaksanakan tugas-tugas yang diberikan oleh direktur maupun managernya kepada dirinya.

7. **Manajer Produksi**

Manajer produksi ini bertanggung jawab atas jalannya proses produksi sesuai dengan yang direncanakan, termasuk perencanaan kebutuhan bahan baku agar target produksi terpenuhi.

Dalam pelaksanaan operasionalnya, manajer produksi ini dibantu oleh :

**a. Supervisor proses**

Supervisor proses ini bertanggung jawab atas aspek pengendalian operasional setiap harinya. Tugasnya mulai dari mengatur beban kerja para operator dan mandor proses setiap shift, menyusun dan mengevaluasi prosedur yang berhubungan dengan proses, dan memastikan bahwa target produk setiap shift tercapai.

**b. Supervisor bahan baku**

Bertugas pada penyediaan bahan baku dan bahan pendukung lainnya yang diperlukan selama proses produksi. Perencanaan, pengawasan, dan pengaturan aliran bahan baku, baik itu dari tangki storage maupun dari gudang merupakan tanggung jawabnya.

**8. Manager QC dan QA**

Jaminan atas kualitas produk yang dihasilkan merupakan tanggung jawab utama dari manager ini. Manager ini mengatur kriteria produk, membantu produksi memantau kualitas bahan baku, kualitas semi-produk yang dalam proses, dan kualitas produk akhir yang dihasilkan.

Dalam pelaksanaannya manager ini dibantu oleh :

**a. Supervisor Lab dan QC**

Tugas utama dari supervisor ini adalah mengontrol segala proses produksi sehingga jika terjadi gangguan bisa diatasi dengan cepat dan juga bertanggung jawab dalam menentukan kualitas atau standard produk yang layak untuk dijual ke konsumen

**b. Supervisor QA**

Bertanggung jawab untuk menentukan parameter-parameter, kriteria-kriteria, dan juga standard-standard yang harus dijalankan oleh semua bagian agar gangguan-gangguan yang akan timbul pada atau yang akan mempengaruhi kualitas produk akhir dapat teridentifikasi lebih awal dan dapat dilakukan perbaikan sesegera mungkin

ստուգիր

գրու գրեթե լուրջսուրբիցն: յորից ասով զոս գրեթե զիջուրսու եւ յորիցն զօրհնելոս  
ճարհնելոս չեսի սրսու յարով եզրս սրսու չեսի սրսու աստեղծելով իտիցնս բազմիկ  
իսնն զսուրբից-զսուրբից չեսի մտնոս զիջուրսու սրսու զսուրս բազմիկ սննն ճարհնելոս-  
Բարսուհնելոս իտիցն սրսու աստեղծելոս ետեղծելոս-Նարսուհնելոս բազմից-բազմից զոս

**Բ' ՉԻՅԵԼՆԻՑՈՒ ՕՎ**

կուտանա

Իտիցն գրելոս աստեղծելոս բազմից սրսու չարիցիկ բազմիկ չարից իտիցն իտիցն սրսու զիջուր  
զօրհնելոս իտիցն ճարհնելոս բազմից զիջուր զօրհնելոս սննն զոս իտիցն բարսուհնելոս  
իտիցն սրսու զոս չարիցիկս իտիցն սրսու աստեղծելոս ճարհնելոս բազմիկս

**Գ' ՉԻՅԵԼՆԻՑՈՒ ԸՄՐ զՈՍ ՕՎ**

Ըստիցն ետիցնսսուրսու ս աստեղծելոս իտիցն սրսու զիջուր :

գրու չարից զիջուրիցն

բազմից բարսու բարսու բազմից ճարհ-բազմիկ չարից զիջուրսու բազմից զոս բազմից բազմիկ  
աստեղծելոս իտիցն ճարհնելոս իտիցն սրսու բազմիկ աստեղծելոս բազմիկս աստեղծելոս  
իտիցնս սրսու բազմից բազմիկ չարից զիջուրիցն աստեղծելոս ճարհնելոս իտիցն սրսու զոս

**Ը' ԱՍՏԵՂԾԵԼ ՕՎ զՈՍ ՕՎ**

աստեղծելոս իտիցնս

գրու բարսու բարսու բարսու իտիցն զոս ճարհնելոս սրսու զոս ճարհնելոս աստեղծելոս  
զիջուրիցն ճարհնելոս բազմիկս ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու զոս ճարհնելոս  
Բարսուհնելոս եզրս բազմիկսսու բարսու բարսու զոս բարսու բազմիկսսու իտիցն չարից չարից

**Գ' ՉԻՅԵԼՆԻՑՈՒ ԲԱՐՍԱՍ ԲԱՐՍԱ**

ուտանա:

բարսուհնելոս ճարհնելոսսու զոս աստեղծելոսսու բարսու ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու  
աստեղծելոսսու ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու  
ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու  
ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու ճարհնելոսսու

**Ը' ՉԻՅԵԼՆԻՑՈՒ ԲՐՈՅՆԵՑ**

## **9. Manager pembelian dan logistik**

Manager ini bertugas untuk merencanakan kebutuhan-kebutuhan operasional perusahaan dan juga memastikan bahwa tingkat ketersediaan logistik atas kebutuhan-kebutuhan tersebut telah dijaga dan telah diidentifikasi lebih awal.

Supervisor yang membantu kinerja manager ini adalah :

### **a. Supervisor pembelian**

Tanggung jawabnya adalah memastikan bahwa semua kebutuhan-kebutuhan untuk operasional perusahaan, baik itu yang berhubungan dengan proses produksi maupun diluar proses produksi telah dipesankan atau telah dibeli dari pemasok yang tepat, berkualitas, dan tepat waktu dalam pengiriman ke perusahaan

### **b. Supervisor Logistik**

Bertanggung jawab untuk menjaga batas minimum persediaan semua kebutuhan yang dibutuhkan untuk operasionalisasi perusahaan dan juga mengatur serta mengawasi keluar masuknya bahan baku dan produk dari/ke gudang.

## **10. Manager keuangan**

Bertanggung jawab untuk mengatur neraca perusahaan dengan melakukan pembukuan sebaik-baiknya atas semua pemasukan dan pengeluaran yang dilakukan oleh perusahaan, termasuk perhitungan pajak yang harus dibayarkan perusahaan kepada negara. Tugas penting lainnya adalah manager ini juga memastikan pembayaran gaji karyawan yang dilakukan setiap akhir bulan ke rekening bank dari masing-masing karyawan tersebut.

Supervisor yang membantu tanggung jawab manager ini adalah :

### **a. Supervisor pembukuan**

Bertugas untuk memeriksa, memverifikasi, dan mencatat setiap transaksi yang dilakukan oleh semua pihak yang berkepentingan terhadap operasionalisasi perusahaan

9. **Manajer pembelian dan logistik**

Manajer ini bertugas untuk memastikan kebutuhan-kebutuhan operasional perusahaan dan juga memastikan bahwa tingkat ketersediaan logistik atau kebutuhan-kebutuhan tersebut telah dijaga dan tidak dibenturkan lebih awal.

Supervisor yang membantu kinerja manajer ini adalah :

a. **Supervisor pembelian**

Tanggung jawabnya adalah memastikan bahwa semua kebutuhan-kebutuhan untuk operasional perusahaan baik itu yang berhubungan dengan proses produksi maupun diluar proses produksi telah dipisahkan atau telah dibedakan dari pemasok yang tepat, berkualitas dan tepat waktu dalam pengiriman ke perusahaan.

b. **Supervisor Logistik**

Bertanggung jawab untuk menjaga batas minimum persediaan semua kebutuhan yang dibutuhkan untuk operasionalisasi perusahaan dan juga mengatur serta mengawasi keluar masuknya bahan baku dan produk dalam ke gudang.

10. **Manajer keuangan**

Tanggung jawab untuk mengatur neraca perusahaan dengan melakukan perhitungan sebaik-baiknya atas semua pemasukan dan pengeluaran yang dilakukan oleh perusahaan. Untuk itu dibutuhkan pajak yang harus dibayarkan perusahaan kepada negara. Tugas penting lainnya adalah manajer ini juga memastikan pembayaran gaji karyawan yang dilakukan setiap akhir bulan ke rekening bank dan masing-masing karyawan tersebut.

Supervisor yang membantu tanggung jawab manajer ini adalah :

a. **Supervisor pembelian**

Bertugas untuk meneliti, memverifikasi dan mencatat setiap transaksi yang dilakukan oleh semua pihak yang berkaitan terhadap operasionalisasi perusahaan.

**b. Supervisor pajak**

Tanggung jawab supervisor ini adalah memastikan dan menghitung jumlah pajak yang harus dibayarkan kepada negara dan juga jumlah pajak yang harus ditagihkan kepada pelanggan

**11. Manager Umum**

Tugas manager umum ini adalah merencanakan dan mengelola hal-hal yang bersifat umum. Bagian ini mengatur masalah-masalah ketenagakerjaan, keamanan, dan hubungan sosial dengan masyarakat sekitarnya maupun hubungan dengan pihak lain yang berwenang dari pemerintah maupun dengan perusahaan lain. Dalam tugasnya manager ini dibantu oleh :

**a. Supervisor personalia**

Hal-hal yang terkait dengan ketenagakerjaan, seperti : jabatan, promosi, pemindahan (rotasi) posisi, pelatihan, penyediaan tenaga kerja, penjaminan kesejahteraan karyawan adalah merupakan beberapa hal yang menjadi tanggung jawabnya untuk direncanakan dan dijalankan

**b. Supervisor GA dan humas**

Mengelola hubungan dengan pihak-pihak yang berkepentingan di luar perusahaan merupakan suatu kewajiban yang harus dilaksanakan oleh perusahaan itu sendiri. Meski dari sisi internal dapat dicegah berbagai gangguan yang dapat menghambat operasionalisasi perusahaan karena lebih mudah diidentifikasi, namun pada sisi eksternal identifikasi atas segala bentuk gangguan yang mungkin akan mengganggu operasional perusahaan adalah persoalan yang cukup rumit. Supervisor ini bertanggung jawab memonitor dan mengelola segala bentuk potensi-potensi kritis di luar perusahaan yang dapat mengganggu kinerja operasional perusahaan

b. Supervisor pajak

Tanggung jawab supervisor ini adalah memastikan dan monitoring jumlah pajak yang harus dibayarkan kepada negara dan juga jumlah pajak yang harus ditagihkannya kepada perusahaan

11. Manager Umum

Tugas manager umum ini adalah merencanakan dan mengelola hal-hal yang berkaitan umum. Bagian ini menangani masalah-masalah ketenagakerjaan, keamanan, dan hubungan sosial dengan masyarakat sekitarnya maupun hubungan dengan pihak lain yang berwenang dan berkaitan maupun dengan perusahaan lain. Dalam tugasnya

manager ini dibantu oleh :

a. Supervisor personalia

Hal-hal yang terkait dengan ketenagakerjaan seperti : jabatan, promosi, pembinaan (training), prestasi, pelatihan, pengujian tenaga kerja, penjaminan kesejahteraan karyawan adalah merupakan beberapa hal yang menjadi tanggung jawabnya untuk dilaksanakan dan diawasi

b. Supervisor QA dan umum

Mengetahui hubungan dengan pihak-pihak yang berkepentingan di luar perusahaan merupakan suatu kewajiban yang harus dilaksanakan oleh perusahaan itu sendiri. Jika dari sisi internal dapat dicegah berbagai gangguan yang dapat mengganggu operasionalisasi perusahaan karena lebih mudah diidentifikasi, maka pada sisi eksternal identifikasi atas segala bentuk gangguan yang mungkin akan mengganggu operasional perusahaan adalah persoalan yang cukup rumit. Supervisor ini bertanggung jawab monitor dan mengontrol segala bentuk potensi-potensi kritis di luar perusahaan yang dapat mengganggu kinerja operasional perusahaan



**c. Supervisor keamanan**

Tugas supervisor ini adalah :

- Menjaga semua bangunan pabrik, fasilitas perusahaan, dan lingkungan disekitarnya
- Menjaga dan memelihara keamanan daerah sekitar pabrik
- Menjaga keluar masuknya orang di lingkungan pabrik terutama yang bukan karyawan

**10.5. Jaminan Sosial**

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima oleh pihak karyawan jika terjadi sesuatu hal yang bukan karena kesalahannya menyebabkan dia tidak dapat melakukan pekerjaannya.

Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan adalah :

**a. Tunjangan**

- Tunjangan diluar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukannya dan lama pengabdianya kepada perusahaan tersebut
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada tenaga kerja yang bekerja diluar jam kerja yang telah ditetapkan (khusus untuk tenaga kerja shift)

**b. Fasilitas**

Fasilitas yang diberikan berupa seragam kerja untuk karyawan, perlengkapan keselamatan kerja (helm, sepatu safety, kaos tangan, kaca pelindung, dan lain sebagainya), antar jemput bagi karyawan, kendaraan dinas, klinik, asrama atau mess.

**c. Hak Cuti**

Cuti juga merupakan jaminan sosial yang diberikan perusahaan kepada karyawan, terutama untuk keperluan dinas maupun atas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan

## **10.6. Jadwal dan jam kerja**

Pabrik biogas ini direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan selama 24 jam per hari. Sisa hari yang ada digunakan untuk keperluan perawatan mesin secara berkala ataupun perbaikan-perbaikan berbagai peralatan proses agar kinerja proses dapat ditingkatkan.

### **Untuk pengawai non shift**

Bekerja selama 6 hari dalam seminggu (total jam kerja sebanyak 40 jam per minggu) sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pengawai non shift ini termasuk karyawan yang tidak langsung menangani operasi pabrik antara lain :

- Karyawan administrasi
- Bagian gudang
- Bagian sekretariat
- Bagian perbengkelan
- Bagian pemeliharaan

Ketentuan jam kerja adalah sebagai berikut :

- 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

### **Untuk pengawai shift**

Sehari bekerja 24 jam, yang terbagi atas 3 shift. Karyawan shift ini termasuk karyawan yang secara langsung menangani proses operasi pabrik, misalnya :

- Bagian operator
- Bagian laboratorium
- Bagian utilitas
- Bagian keamanan

Shift I : 07.00 – 15.00

Shift II : 15.00 – 23.00

Shift III : 23.00 – 07.00

10.4. Jadwal dan jam kerja

Pabrik biogas ini direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan selama 24 jam per hari. Piasa hari yang ada digunakan untuk keperluan perawatan mesin secara berkala ataupun perbaikan-perbaikan berbagai peralatan proses agar kinerja proses dapat ditingkatkan.

Untuk pegawai non shift

Bekerja selama 6 hari dalam seminggu (total jam kerja sebesar 40 jam per minggu) sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai non shift ini termasuk karyawan yang tidak langsung menangani operasi pabrik antara lain :

- Karayawan administrasi
  - Bagian gudang
  - Bagian sekretariat
  - Bagian pengembangan
  - Bagian pemeliharaan
- Ketentuan jam kerja adalah sebagai berikut :
- Senin - Kamis : 08.00 - 16.00 (istirahat : 12.00 - 13.00)
  - Jumat : 08.00 - 16.00 (istirahat : 11.00 - 13.00)
  - Sabtu : 08.00 - 12.00

Untuk pegawai shift

Selain bekerja 24 jam yang terbagi atas 3 shift. Karyawan shift ini termasuk karyawan yang secara langsung menangani proses operasi pabrik misalnya :

- Bagian operator
  - Bagian laboratorium
  - Bagian utilitas
  - Bagian keamanan
- Shift I : 07.00 - 15.00  
 Shift II : 15.00 - 23.00  
 Shift III : 23.00 - 07.00

Untuk memenuhi kebutuhan pabrik, karyawan shift dibagi menjadi 4 regu, dimana 3 regu bekerja dan 1 regu libur

Jadwal kerja masing-masing regu ditabelkan sebagai berikut :

Hari											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P

Keterangan :

P = Shift I

S = Shift II

M = Shift III

L = Libur

### 10.7. Penggolongan dan tingkat pendidikan karyawan

Penggolongan dan tingkat pendidikan karyawan berdasarkan tingkat jabatan atau kedudukan dalam struktur organisasi sebagaimana yang telah dijelaskan dalam pada gambar 10.1, yaitu

Jabatan	Pendidikan	Pengalaman	Jumlah
Direktur Utama	S-1 Teknik / S-2 Teknik	15 tahun dalam posisi manajerial (S-1) atau 8 tahun dalam posisi manajerial (S-2)	1 orang
Direktur Operasional	S-1 Teknik / S-2 Teknik	10 tahun dalam posisi manajerial (S-1) atau 5 tahun dalam posisi manajerial (S-2)	1 orang

Untuk memenuhi kebutuhan praktik kerja siswa shift dibagi menjadi 4 regu dimana 3 regu bekerja dan 1 regu libur

Jadwal kerja masing-masing regu dijabarkan sebagai berikut :

Hari											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
M	L	S	S	L	L	P	P	P	L	M	M
L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P

Keterangan :  
 P = Shift I  
 S = Shift II  
 M = Shift III  
 L = Libur

10.7. Pengelompokan dan tingkatan pendidikan karyawan

Pengelompokan dan tingkatan pendidikan karyawan berdasarkan tingkatan jabatan atau kedudukan dalam struktur organisasi sebagaimana yang telah dijelaskan dalam bab gambar 10.1 yaitu

Jabatan	Pendidikan	Pengalaman	Tahun kerja
Direktur Utama	2-1 Teknik	15 tahun dalam posisi manajerial	1 orang
	2-2 Teknik	(2-1) atau 8 tahun dalam posisi manajerial (2-2)	
Direktur Operasional	2-1 Teknik	10 tahun dalam posisi manajerial	1 orang
	2-2 Teknik	(2-1) atau 5 tahun dalam posisi manajerial (2-2)	

Direktur Keuangan	:	S-1 Ekonomi/ S-2 Ekonomi	10 tahun dalam posisi manajerial (S-1) atau 5 tahun dalam posisi manajerial (S-2)	1 orang
-------------------	---	-----------------------------	---	---------

Jabatan		Pendidikan	Pengalaman	Jumlah
Manager produksi	:	S-1 Teknik Kimia	5 tahun dalam posisi manajerial	1 orang
Manager teknik dan perawatan	:	S-1 Teknik Mesin	5 tahun dalam posisi manajerial	1 orang
Manager keuangan	:	S-1 Akutansi	5 tahun dalam posisi manajerial	1 orang
Manager QA dan QC	:	S-1 Teknik Kimia/ MIPA	5 tahun dalam posisi manajerial	1 orang
Manager umum	:	S-1 Hukum/Psikologi	5 tahun dalam posisi manajerial	1 orang
Manager pembelian dan logistik	:	S-1 Ekonomi	5 tahun dalam posisi manajerial	1 orang
Supervisor utility	:	D-III Teknik Kimia	2 tahun	1 orang
Supervisor perbaikan dan perawatan	:	D-III Teknik Mesin	2 tahun	1 orang
Supervisor QC dan Lab	:	D-III Teknik Kimia/ MIPA	2 tahun	1 orang
Supervisor QA	:	D-III Teknik	2 tahun	1 orang
Supervisor proses	:	D-III Teknik Kimia	2 tahun	1 orang
Supervisor bahan baku	:	D-III Teknik	2 tahun	1 orang
Supervisor pembukuan	:	D-III Akutansi	2 tahun	1 orang
Supervisor pajak	:	D-III Akutansi	2 tahun	1 orang
Supervisor pembelian	:	D-III Teknik	2 tahun	1 orang
Supervisor gudang dan logistik	:	D-III Ekonomi	2 tahun	1 orang
Supervisor personalia	:	S-1 Hukum	2 tahun	1 orang
Supervisor GA dan humas	:	S-1 Komunikasi	2 tahun	1 orang

1 orang	manajerial (2-2) dalam posisi manajerial (2-1) dan 2 tahun dalam posisi manajerial (2-2)	2-1 Ekonomi	Direktor Keuangan
---------	--	-------------	-------------------

Jumlah	Pengalaman	Pendidikan	Jabatan
1 orang	2 tahun dalam posisi manajerial	2-1 Teknik Kimia	Manajer produksi
1 orang	2 tahun dalam posisi manajerial	2-1 Teknik Mesin	Manajer teknik dan perawatan
1 orang	2 tahun dalam posisi manajerial	2-1 Akuntansi	Manajer keuangan
1 orang	2 tahun dalam posisi manajerial	2-1 Teknik Kimia MIPA	Manajer QA dan QC
1 orang	2 tahun dalam posisi manajerial	2-1 Ilmu Psikologi	Manajer umum
1 orang	2 tahun dalam posisi manajerial	2-1 Ekonomi	Manajer pembelian dan logistik
1 orang	2 tahun	D-III Teknik Kimia	Supervisor quality
1 orang	2 tahun	D-III Teknik Mesin	Supervisor perbaikan dan perawatan
1 orang	2 tahun	D-III Teknik Kimia MIPA	Supervisor QC dan Lab
1 orang	2 tahun	D-III Teknik	Supervisor QA
1 orang	2 tahun	D-III Teknik Kimia	Supervisor proses
1 orang	2 tahun	D-III Teknik	Supervisor bahan baku
1 orang	2 tahun	D-III Akuntansi	Supervisor pemenuhan
1 orang	2 tahun	D-III Akuntansi	Supervisor pajak
1 orang	2 tahun	D-III Teknik	Supervisor pembelian
1 orang	2 tahun	D-III Ekonomi	Supervisor gudang dan logistik
1 orang	2 tahun	2-1 Hukum	Supervisor personalia
1 orang	2 tahun	2-1 Komunikasi	Supervisor GA dan HR

Supervisor keamanan	:	Akademi militer	Maksimal usia 45 tahun	1 orang
Foreman	:	D-I	1 tahun	17 orang
Operator	:	SMU / SMK	1 tahun	84 orang

### 10.8. Perincian Tenaga Kerja

Perhitungan jumlah tenaga kerja operasional dilakukan berdasarkan pembagian tahapan proses yang dilakukan. Dari literatur didapatkan bahwa untuk pabrik biogas dengan 10 proses ini jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk kapasitas sebesar 13110 ton/tahun adalah sebanyak 50 orang jam/hari.tahap (Vilbrant, 1985).

Karena jumlah tahapan dalam proses adalah 10 tahap, maka total jumlah karyawan dalam proses yaitu :

Karyawan dalam proses = 50 orang jam/hari.tahap x 10 tahap = 500 orang jam/hari

Karena 3 shift maka karyawan proses yang diperlukan =  $\frac{500 \text{ orang jam/hari}}{3 \text{ shift/hari}}$   
= 167 orang jam/shift

Setiap shift 8 jam kerja, maka karyawan proses yang diperlukan =  $\frac{167 \text{ orang jam/hari}}{8 \text{ jam/shift}}$   
= 21 orang hari/shift

Untuk kegiatan shift terdapat 4 regu (3 regu aktif, 1 regu libur), maka jumlah total karyawan proses yang bertugas = 4 regu x 21 orang.hari/shift = 84 orang.

Untuk karyawan harian diperlukan sebanyak 20 % dari karyawan shift (Vilbrant, 1985) maka karyawan harian = 20 % x 84 orang = 17 orang.

Total tenaga kerja yang diperlukan adalah = 84 orang + 17 orang + 22 orang  
= 123 orang



Supervisor keamanan	:	Akademi militer	15 tahun	1 orang
Foreman	:	D-1	1 tahun	17 orang
Operatif	:	SMU \ SIK	1 tahun	84 orang

## 10.8. Penelitian Tenaga Kerja

Pelaksanaan jumlah tenaga kerja operasional dilakukan berdasarkan pembagian jabatan proses yang dilakukan. Dari literatur didapatkan bahwa untuk pabrik biogas dengan 10 proses ini jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk kapasitas sebesar 13110 ton/jam adalah sebanyak 50 orang (jumlah tahap) (Vijhann, 1985).

Karena jumlah tahapan dalam proses adalah 10 tahap, maka total jumlah karyawan dalam proses yaitu :

Karyawan dalam proses = 50 orang/jumlah tahap x 10 tahap = 500 orang/jam hari

Karena 1 shift maka karyawan proses yang diperlukan =  $\frac{500 \text{ orang/jam/hari}}{2 \text{ shift/hari}}$   
 = 167 orang/jam/shift

Setiap shift 8 jam kerja, maka karyawan proses yang diperlukan =  $\frac{167 \text{ orang/shift/jam}}{8 \text{ jam/shift}}$   
 = 21 orang/shift

Dalam kegiatan shift terdapat 4 regu (3 regu aktif, 1 regu libur, maka jumlah total karyawan proses yang bertugas = 4 regu x 21 orang/shift = 84 orang.

Dalam karyawan harian diperlukan sebanyak 20 % dari karyawan shift (Vijhann, 1985) maka karyawan harian = 20% x 84 orang = 17 orang.

Total tenaga kerja yang diperlukan adalah = 84 orang + 17 orang + 22 orang  
 = 123 orang

## **BAB XI ANALISA EKONOMI**

Setiap perencanaan suatu pabrik perlu ditinjau dari faktor-faktor ekonomi yang menentukan apakah pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan pabrik Biogas adalah sebagai berikut :

- Return On Investment (ROI)
- Pay Out Time (POT)
- Break Even Point (BEP)
- Shut Down Point (SDP)
- Net Present Value (NPV)
- Internal Rate of Return (IRR)

Sedangkan untuk menghitung faktor-faktor di atas perlu diadakan penaksiran beberapa hal yang menyangkut administrasi perusahaan dan jalannya proses, yaitu :

### **11.1. Faktor-faktor penentu :**

#### **A. Total Capital Investment (TCI)**

#### **B. Biaya Produksi Total (Total Production Cost - TPC)**

##### **11.2.A. Penentuan Total Capital Investment (TCI)**

⇒ Fixed Capital Investment (FCI)	Rp.	41.889.472.706
⇒ Working Capital Investment (WCI)	Rp.	6.283.420.905
⇒ TOTAL CAPITAL INVESTMENT (TCI)	Rp.	48.172.893.611

**11.2.B. Biaya Produksi Total (Total Production Cost – TPC)**

⇒ Biaya produksi langsung (Direct Production Cost – DPC)	Rp.	21.981.693.490
⇒ Biaya produksi tetap (Fixed Production Cost – FPC)	Rp.	13.404.631.200
⇒ Biaya Produksi Total (Total Production Cost – TPC)	Rp.	38.254.714.100

**11.3. Perhitungan pendapatan**

Total pendapatan dari biogas dan pupuk = Rp. 63.653.415.000

**11.4. Perhitungan laba perusahaan**

Laba kotor = Rp. 13.857.035.500

Laba bersih = Rp. 9.699.924.850

**11.6. Analisis Keekonomisan**

Cash Flow = Rp. 13.888.872.100

**A. Perhitungan laju pengembalian modal (Return On Investment - ROI)**

**ROI = 23.16 %**

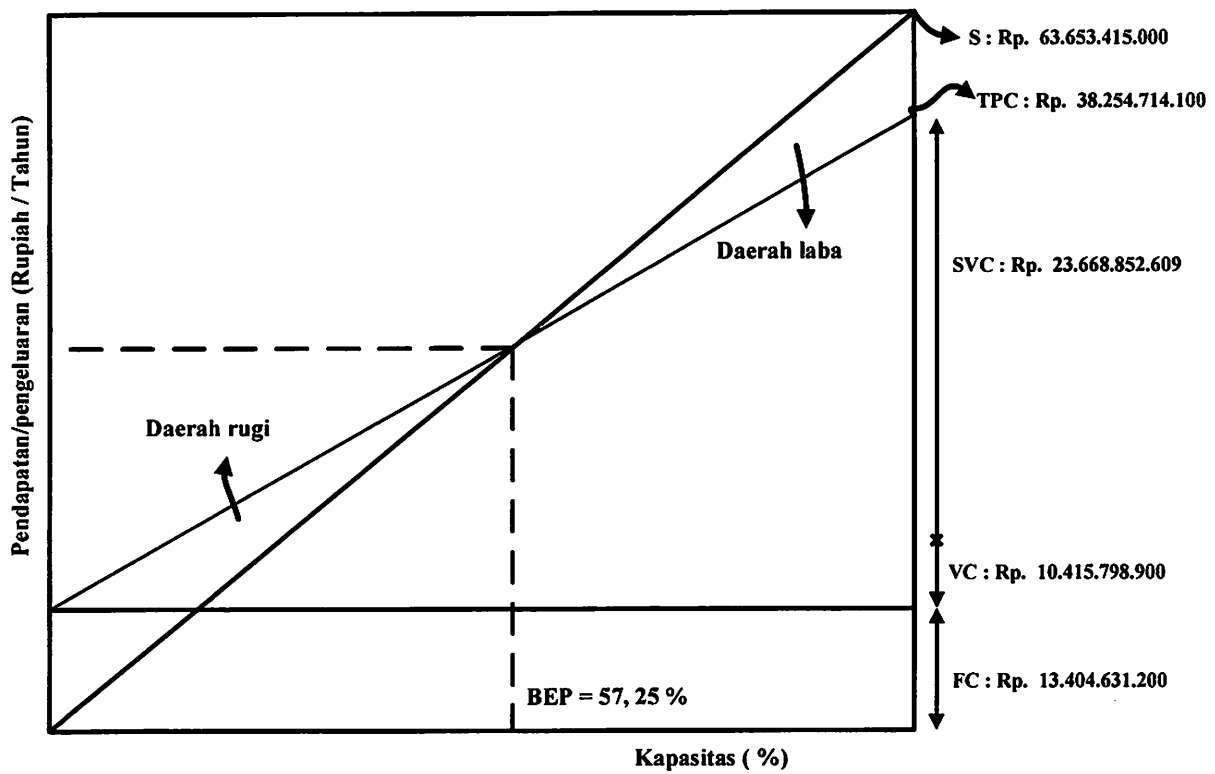
**B. Perhitungan lama pengembalian modal (Pay Out Time – POT)**

**POT = 3,02 tahun ≈ 3 tahun 8 hari**

**C. Perhitungan Titik Impas (Break Event Point – BEP)**

**BEP = 57.25 %**

**Kapasitas produksi untuk mencapai BEP = 7505 Ton/tahun**



**Gambar APE.1 – Grafik BEP**

**D. Perhitungan Shut Down Point (SDP)**

SDP = 19.83 %

Kapasitas Minimum agar pabrik tidak berhenti = 11.898 ton/tahun

**E. Perhitungan Net Present Value (NPV)**

$i = 0.19$

Tahun	Investasi (Rp.)	Cash-In	Discounted Factor ( $1/(1+i)^n$ )	PV (Rp.)	NPV (Rp.)
0	(41,889,472,706)	0	0	0	(41,889,472,706)
1		13,888,872,100	0.840	11,671,321,092	(30,218,151,614)
2		13,888,872,100	0.706	9,807,832,851	(20,410,318,763)
3		13,888,872,100	0.593	8,241,876,345	(12,168,442,418)
4		13,888,872,100	0.499	6,925,946,509	(5,242,495,909)
5		13,888,872,100	0.419	5,820,123,116	577,627,207
6		13,888,872,100	0.352	4,890,859,762	5,468,486,969
7		13,888,872,100	0.296	4,109,966,186	9,578,453,155
8		13,888,872,100	0.249	3,453,753,098	13,032,206,253
9		13,888,872,100	0.209	2,902,313,528	15,934,519,781
10		13,888,872,100	0.176	2,438,918,931	18,373,438,711

NPV = Rp. 18.373.438.711

**F. Perhitungan laju pengembalian bunga (Internal Rate of Return – IRR)**

$i = 0.30913587396$

Tahun	Investasi (Rp.)	Discounted Factor ( $1/(1+i)^n$ )	PV (Rp.)	NPV (Rp.)
0	(41,889,472,706)	0	0	(41,889,472,706)
1		0.764	10,609,190,670	(31,280,282,036)
2		0.583	8,103,964,517	(23,176,317,519)
3		0.446	6,190,315,824	(16,986,001,695)
4		0.340	4,728,551,060	(12,257,450,635)
5		0.260	3,611,963,551	(8,645,487,084)
6		0.199	2,759,044,056	(5,886,443,028)
7		0.152	2,107,530,708	(3,778,912,320)
8		0.116	1,609,863,995	(2,169,048,325)
9		0.089	1,229,714,980	(939,333,345)
10		0.068	939,333,345	0

IRR = 30,91 %, Bunga Bank = 19 %

**Kesimpulan dari Analisis Ekonomi**

Dari evaluasi di atas didapatkan hasil sebagai berikut :

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 1. Total Capital Investment (TCI)   | : Rp. 48.172.893.611                      |
| ⇒ Fixed Capital Investment (FCI)    | : Rp. 41.889.472.706                      |
| ⇒ Working Capital Investment (WCI)  | : Rp. 6.283.420.905                       |
| 2. Total Production Cost (TPC)      | : Rp. 49.796.379.500                      |
| 3. Total penjualan                  | : Rp. 63.653.415.000                      |
| 4. Laba sebelum pajak               | : Rp. 13.857.035.500                      |
| 5. Laba setelah pajak               | : Rp. 9.699.924.850                       |
| 6. Return On Investment (ROI)       | : 23,16 %                                 |
| 7. Kapasitas pada Break Event Point | : 7505 ton/tahun (57.25 % total capacity) |
| 8. Internal Rate of Return (IRR)    | : 30,91 %                                 |
| 9. Pay Out Time (POT)               | : 3 tahun 8 hari                          |

## **BAB XII**

### **KESIMPULAN**

Pra Rencana Pabrik Biogas berikut adalah hasil samping berupa pupuk organik dari limbah kotoran sapi perah dan limbah whey keju di Perusahaan Susu Terintegrasi ( Farm dan Dairy Processing ) ini diharapkan mencapai hasil produksi yang sesuai dengan tujuan, sehingga dari hasil produksi tersebut akan dapat memenuhi konsumsi kebutuhan pasokan bahan bakar guna pembangkit tenaga listrik dari perusahaan tersebut. Diharapkan juga dengan adanya pasokan bahan bakar dari hasil pengolahan limbah-limbah tersebut maka pendapatan dapat meningkat sejalan dengan berkurangnya ketergantungan energi listrik dari PLN. Serta hasil samping berupa pupuk dapat dinikmati oleh para petani sekitar dan juga memungkinkan untuk hasil atau pendapatan dari penjualan pupuk apabila diolah dengan baik.

Dari hasil analisa kami, Pra Rencana Pabrik Biogas ini cukup menjanjikan dan beberapa aspek dapat menjadi landasan kesimpulan kami, yaitu :

#### **12.1. Aspek Teknis**

Secara teknis, proses pembuatan gas metana dari fermentasi limbah kotoran sapi perah dan limbah whey keju dapat dikatakan suatu proses yang tidak terlalu rumit meski demikian kadar gas metana yang dihasilkan juga cukup tinggi dan dapat memberikan *heating value* sesuai dengan yang diinginkan oleh sistem pembangkit listrik maupun sebagai bahan bakar boiler

#### **12.2. Aspek Sosial**

Pengembangan perusahaan dengan membangun Pabrik Biogas ini dinilai sangat menguntungkan karena :

- Dapat menciptakan lapangan kerja
- Meningkatkan pendapatan per kapita daerah sekitar lokasi pabrik
- Membantu mengatasi masalah limbah, khususnya dalam rangka mencapai perusahaan yang taat terhadap pengelolaan lingkungan

### 12.3. Aspek Lokasi Pabrik

- Dekat dengan bahan baku
- Dekat dengan unit penerima produk hasil yaitu biogas
- Dekat dengan sumber pembangkit listrik
- Persediaan air memadai
- Tenaga kerja yang terampil dan murah
- Tersedianya sarana transportasi yang memadai, baik untuk karyawan maupun untuk keperluan operasional lainnya

### 12.4. Aspek Lingkungan

- Mendukung program kerja pemerintah dalam hal menciptakan lingkungan hidup yang bebas dari polusi melalui prinsip-prinsip PROPER
- Membantu perusahaan mengurangi dampak lingkungan dari limbah kotoran sapi perah dan limbah whey keju sehingga dapat memanfaatkan potensi yang ada untuk menjaga kelestarian lingkungan.

### 12.5. Aspek Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi sangat diperlukan untuk melihat layak tidaknya suatu pabrik untuk didirikan, baik itu rencana jangka pendek maupun rencana jangka panjang. Setelah itu dilakukan perhitungan analisa ekonomi terhadap Pra Rencana Pabrik Biogas, maka didapatkan data-data sebagai berikut :

Dari evaluasi di atas didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Total Capital Investment (TCI)	: Rp. 48.172.893.611
⇒ Fixed Capital Investment (FCI)	: Rp. 41.889.472.706
⇒ Working Capital Investment (WCI)	: Rp. 6.283.420.905
2. Total Production Cost (TPC)	: Rp. 49.796.379.500
3. Total penjualan	: Rp. 63.653.415.000
4. Laba sebelum pajak	: Rp. 13.857.035.500
5. Laba setelah pajak	: Rp. 9.699.924.850
6. Return On Investment (ROI)	: 23,16 %



- |                                     |                  |
|-------------------------------------|------------------|
| 7. Kapasitas pada Break Event Point | : 7505 ton/tahun |
| 8. Internal Rate of Return (IRR)    | : 30,91 %        |
| 9. Pay Out Time (POT)               | : 3 tahun 8 hari |

Dari analisa ekonomi di atas dengan membandingkan terhadap bunga bank sebesar 19 % per tahun terhadap pinjaman yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa Pabrik Biogas ini layak untuk didirikan.

#### **12.6. Aspek Aplikasi**

Sebagai perusahaan pengolahan susu terintegrasi ( Farm dan Dairy Processing ) dimana mempunyai potensi yang sangat besar. Saat ini perusahaan di daerah gunung kawi memiliki luas  $\pm$  50 hectare dan mampu menampung 10.000 ekor sapi, dan di tahun 2015 diproyeksikan membangun plant farm baru seluas  $\pm$  180 hectare ( Jawa Timur ) dimana berpotensi menampung hingga 2 sampai 3 kali lipat jumlah sapi sekarang dan juga Plant Dairy Processing baru seluas  $\pm$  6 hectare . Ditambah lagi grup perusahaan juga mempunyai 5 unit plant farm di china dengan kapasitas diatas 10000 ekor sapi. Project pabrik biogas juga dapat diaplikasikan pada plant baru nantinya maupun plant yang sudah ada di china karena secara tidak langsung merupakan satu satunya dan dapat dikatakan sebagai pioner ataupun pilot project, sehingga diharapkan semua plant yang ada dalam satu grup company baik di dalam indonesia maupun di china dapat mengambil manfaatnya secara langsung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, SA, 2012. *Biogas Energy*, Mc Graw-Hill, 2012
- Anne Yang Aysia, D, 2012. *Pembuatan Biogas dari Kotoran Sapi dengan Menggunakan Metode Taguchi*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XV, 2012
- Ariani, I, 2003. *Optimasi Pembentukan Gas Metan dari Degradasi Sampah Kota secara Anaerob dengan Pencampuran Lumpur Tangki Septik*. Laporan Tugas Akhir. Departemen Teknik Lingkungan ITB. Bandung
- Brownell E.L, and E.H. Young, *Process Equipment Design*. Wiley Eastern Limited, 1959.
- Brown, GG. *Unit Operation*. International Edition, John Wiley and Son Inc, New York, 1961.
- Coulson and Richardson. *Chemical Engineering 6*. Sixth Edition, Pergamon Press, Oxford, 1992
- Deublein, D, 2011. *Biogas : from Waste and Renewables Resources*. Wiley-CH, 2011.
- De Wit, J.N, 2001. *Lecture's Handbook on whey and whey product*. European Whey Production Association. Belgium. 2001
- Geankoplis, J Christie, *Transport Process and Unit Operation*. Third Edition. Prentice-Hall Inc, 1993
- Hougen, A Olaf. *Chemical Process Principles*. 2-nd Edition, John Wiley and Sons Inc, 1954
- Kern, D.Q. *Process Heat Transfer*. McGraw Hill Book Company, New York, 1950
- Kirk, R.E and Othmer, D.P. *Encyclopedia of Chemical Technology*, 6-th Edition, John Wiley and Sons Inc, New York, 2012
- Ludwig, E. Ernest. *Applied Design for Chemical and Petrochemical Plants*, 2-nd Edition, Gulf Publishing Company, Houston, 1995
- Nasution, N, 2011, *Pengaruh pH terhadap penurunan organik dalam proses degradasi sampah secara anaerob sebagai bagian dari proses mechanical biological treatment*, Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Hidup, XIII, 2011

- Navickas, K, 2007. *Anaerobic treatment of animal by-products to biogas*, Journal of Agriculture Engineering, Vol 39, No 4, Wiley Interscience, pp. 60-68
- Patil, S.S, 2012. *Anaerobic Digestion Treatment of Cheese Whey for production of methane in a two stage upflow packed bed reactor*. International Journal of Advanced Science, Engineering and Technology. Vol 1, Issue 1, 2012, pp 1-7
- Peter and Timmerhaus. *Plant Design and Economic for Chemical Engineer*. 4-th Edition, Mc Graw-Hill Book Company, 1991
- Perry, Robert H, *Perry's Chemical Engineering Handbook*, 8-th Edition, Mc Graw-Hill Book Company, San Francisco, 2008
- Preedy, VR, 2013. *Handbook of cheese in health: production, nutrition and medical sciences*. Wageningen Academic Publisher, 2013
- Singh, YK, 2006. *Fundamental of Research Methodology and Statistics*. New Age International (P) Limited Publisher, 2006
- Sunil, K, 2012. *Biogas*. Intechweb.org, 2012
- Triyanto, 1992. *Mempelajari Cara Pembuatan Biogas Melalui Proses "Rumen Derived Anaerobic Digestion (RUAD)"*. Skripsi, Institut Pertanian Bogor, 1992.
- Ulrich, Gael D. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley and Sons Inc, New York, 1984
- Vilbrandt and Dryden. *Chemical Engineering Plang Design*, 4-th Edition. McGraw-Hill Book Company, Kogakusha, 1980.