



**TUGAS DESAIN PABRIK KIMIA – TK 184803
PURIFIKASI BIOGAS PT. ENERO DENGAN KARBONASI
MINERAL $\text{Ca}(\text{OH})_2$ DARI LIMBAH PABRIK ASETILENA
(*FIXED BED REACTOR*)**

Oleh:

Fadilah Muhammad Abdurrahman

NRP. 02211640000074

Mulya Naufal

NRP. 02211640000080

Dosen Pembimbing 1

Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng.

NIP. 1952 09 16 1980 03 1002

Dosen Pembimbing 2

Dr. Siti Machmudah, S.T., M.Eng.

NIP. 1973 05 12 1999 03 2001

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA
SISTEM**

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2020

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Desain Pabrik Kimia dengan Judul :

**“TUGAS DESAIN PABRIK KIMIA PURIFIKASI BIOGAS PT ENERO DENGAN
KARBONASI MINERAL Ca(OH)_2 DARI LIMBAH PABRIK ASETILENA
(FIXED BED REACTOR)”**

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

Oleh :

Fadilah Muhammad A.


NRP. 0221164000074

Mulya Naufal

NRP. 0221164000080

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Desain Pabrik Kimia:

1. Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng
(Pembimbing I)
2. Dr. Siti Machmudah, S.T., M.Eng
(Pembimbing II)
3. Dr. Lailatul Qadariah, S.T., M.T.
(Penguji I)
4. Prof. Dr. Ir. Kuswandi, DEA
(Penguji II)
5. Dr. Suci Madhania, S.T., M.T.
(Penguji III)



Februari 2020

RINGKASAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan negara berkembang yang banyak membutuhkan energi. Kebutuhan energi nasional hingga tahun 2050 terus meningkat sesuai dengan pertumbuhan ekonomi, penduduk, harga energi, dan kebijakan pemerintah. Dengan laju pertumbuhan PDB rata-rata sebesar 6,04% pertahun dan pertumbuhan penduduk sebesar 0,71% per tahun selama tahun 2016-2050 mengakibatkan laju kebutuhan energi final sebesar 5,3% pertahun. Kebutuhan energi Indonesia meningkat dari 795 juta SBM pada tahun 2016 menjadi 4.569 juta SBM pada tahun 2050. Pemenuhan energi saat ini masih disokong dari sektor minyak dan gas bumi. Tercatat oleh SKK Migas pada tahun 2017 bauran energi sebesar 40% minyak bumi, 30% gas, 23% batu bara, dan 7% energi terbarukan. Dengan kata lain, Indonesia masih bergantung pada energi tidak terbarukan.

Biogas adalah gas yang merupakan produk akhir dari proses biologis dalam kondisi anaerobik oleh mikroorganisme. Gas tersebut pada umumnya terdiri dari metana, karbon dioksida, dan hidrogen sulfida yang bersifat mudah terbakar dan korosif. Metana dalam biogas dapat dibakar untuk menghasilkan listrik, biasanya dengan mesin reciprocating atau microturbine karena gas tidak dibuang langsung ke atmosfer sehingga tidak memberikan kontribusi untuk meningkatkan konsentrasi karbondioksida atmosfer, karena itu dianggap menjadi sumber energi yang ramah lingkungan. Salah satu pabrik yang menghasilkan biogas adalah PT. Energi Agro Nusantara (ENERO) dengan bahan bakunya berupa *vinasse*. Hasilnya berupa biogas dengan komposisi 55% - 65% CH₄, 30-35% CO₂, 3-5% O₂, dan 1-2% H₂S. Gas methane merupakan komponen utama biogas yang merupakan bahan bakar yang berguna karena mempunyai nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu sekitar 4800-6700 Kkal/m³. Gas metana murni mengandung energi 8900 Kkal/m³. Sehingga biogas akan jauh lebih baik kualitasnya bila dimurnikan.

Pemurnian biogas akan membentuk produk samping berupa CaCO₃ yang dapat dimanfaatkan untuk menjadi PCC.

Precipitated calcium carbonated (PCC) merupakan kalsium karbonat yang disintesa dari CaCO_3 melalui proses karbonasi. PCC adalah material yang berfungsi sebagai filler yang digunakan di berbagai industri, seperti kertas, tekstil, karet, cat, ban, serta pada industri makanan dan farmasi digunakan sebagai antasid, suplemen kalsium pada makanan, dan abbrasive mild pada pasta gigi. Berdasarkan data dari Kemenprin Indonesia konsumsi PCC di dunia sampai tahun 2016 mencapai 108,5 juta ton industri dengan industri kertas merupakan konsumen terbesar sebanyak 6 juta ton.

Purifikasi biogas dengan Ca(OH)_2 ini bertujuan untuk memurnikan seluruh biogas yang dihasilkan oleh PT. Enero. Saat ini PT. Enero memiliki 2 tanki digester dengan kapasitas $2 \times 22000 \text{ m}^3$ dengan volume limbah yang diolah adalah kurang lebih 500 m^3 per hari dengan nilai COD hingga 200.000 ppm. Selain biogas yang dihasilkan, CO_2 hasil purifikasi juga dapat dimanfaatkan untuk menjadi suatu produk berupa PCC (*Precipitated calcium carbonate*). PCC merupakan kalsium karbonat yang dihasilkan dari proses presipitasi dengan kemurnian yang tinggi. Sehingga dapat dihasilkan produk biogas dengan kemurnian yang tinggi dan produk samping berupa PCC. Letak geografis dari suatu pabrik sangat berpengaruh terhadap kelangsungan suatu pabrik tersebut. Oleh sebab itu, terdapat beberapa faktor yang harus dipertimbangkan untuk menentukan lokasi pabrik secara teknis dan ekonomis. Dasar pemilihan lokasi pabrik “Purifikasi Biogas PT. Enero dengan Karbonasi Mineral Ca(OH)_2 dari Limbah Pabrik Asitilen” antara lain: sumber bahan baku, pemasaran, penyediaan tenaga listrik, penyediaan air, jenis transportasi, kebutuhan tenaga kerja, perluasan area pabrik, keadaan masyarakat, karakteristik lokasi, kebijakan pemerintah, dan buangan pabrik.

Purifikasi biogas dengan Ca(OH)_2 ini bertujuan untuk memurnikan seluruh biogas yang dihasilkan oleh PT. Enero. Saat ini PT. Enero memiliki 2 tanki digester dengan kapasitas $2 \times 22000 \text{ m}^3$ dengan volume limbah yang diolah adalah kurang lebih 500 m^3 per hari dengan nilai COD hingga 200.000 ppm. Selain biogas yang dihasilkan, CO_2 hasil purifikasi juga dapat dimanfaatkan

untuk menjadi suatu produk berupa PCC (*Precipitated calcium carbonate*). PCC merupakan kalsium karbonat yang dihasilkan dari proses presipitasi dengan kemurnian yang tinggi. Sehingga dapat dihasilkan produk biogas dengan kemurnian yang tinggi dan produk samping berupa PCC. Letak geografis dari suatu pabrik sangat berpengaruh terhadap kelangsungan suatu pabrik tersebut. Oleh sebab itu, terdapat beberapa faktor yang harus dipertimbangkan untuk menentukan lokasi pabrik secara teknis dan ekonomis. Dasar pemilihan lokasi pabrik “Purifikasi Biogas PT. Enero dengan Karbonasi Mineral $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dari Limbah Pabrik Asitilen” antara lain: sumber bahan baku, pemasaran, penyediaan tenaga listrik, penyediaan air, jenis transportasi, kebutuhan tenaga kerja, perluasan area pabrik, keadaan masyarakat, karakteristik lokasi, kebijakan pemerintah, dan buangan pabrik.

Proses pemurnian biogas secara umum terbagi menjadi dua bagian pokok proses, yakni tahap pre-treatment H_2S tahap purifikasi biogas. Tahap pemurnian bertujuan untuk menghilangkan kandungan H_2S yang terkandung pada biogas. H_2S perlu dihilangkan dikarenakan dapat menyebabkan korosi pada alat dan bersifat racun. Gas yang keluar dari *fixed bed column* (R-210) mengandung 94% massa metana bersih dari CO_2 . Gas yang keluar mengandung CO_2 dan H_2O masing-masing sebesar 3%. Kemudian gas dinaikkan tekanannya dengan menggunakan compressor multistage (G-321) dari 2 bar menjadi dengan 4 kali stage hingga 200 bar dan suhu keluarannya diturunkan menjadi 28°C dengan menggunakan *cooler* (E-321). Setelah itu gas yang telah dipurifikasi ini menjadi *biomethane* yang ditampung dalam tangki penampung biomethane (F-320). Sedangkan pada proses pembentukan PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*), terdapat 3 bagian pokok, yakni tahap *slaking*, tahap karbonasi, dan tahap pemurnian PCC. Kalsium oksida digunakan sebagai feed dengan kemurnian 95%. Kalsium oksida kalsinasi kemudian dihidrasi (*slaking*) dengan air pada temperatur 28°C untuk menghasilkan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pada mixer (M-120). Larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dari tahap *slaking* kemudian diumpankan ke *fixed bed reactor* (R-210). Tahap

permunian melibatkan *Thickener* (H-330) yang berfungsi untuk meningkatkan kepekatan dan memisahkan air dari PCC. Kemudian PCC dialirkan dengan pompa (L-311) untuk selanjutnya ke *Plate and Frame Filter Press* (H-340) yang berfungsi untuk mengurangi kandungan liquid dan *Rotary Dryer* (B-360) untuk mengeringkan padatan. Air *overflow* dari *thickener* dialirkan ke aliran limbah, sedangkan filtratunya mengandung 99% massa solid dialirkan ke *Plate and Frame Filter Press* menggunakan pompa (L-332). Kemudian PCC disalurkan ke *Rotary Dryer* (B-360) dengan menggunakan *Screw Conveyor* (J-342). PCC yang telah kering kemudian disimpan di dalam PCC storage (F-361) untuk selanjutnya dikemas dan disalurkan kepada konsumen.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, kami dapat menyelesaikan **”TUGAS PRA-DESAIN PABRIK PURIFIKASI BIOGAS PT. ENERO DENGAN KARBONASI MINERAL $\text{Ca}(\text{OH})_2$ DARI LIMBAH PABRIK ASETILENA (*FIXED BED REACTOR*)”**.

Tugas desain pabrik merupakan salah satu persyaratan guna memperoleh gelar kesarjanaan di Departemen Teknik Kimia FTIRS ITS. Tugas pradesain pabrik ini kami susun berdasarkan aplikasi ilmu pengetahuan yang terdapat dalam literatur buku maupun data internet, khususnya di Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran Teknik Kimia FTIRS-ITS. Selama penyusunan laporan ini, kami banyak sekali mendapat bimbingan, dorongan, serta bantuan dari banyak pihak. Untuk itu, kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng, selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
2. Ibu Dr. Siti Machmudah, S.T., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan saran yang telah diberikan..
3. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar serta seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
4. Kedua orang tua kami yang selalu memberikan dukungan dan do'a.
5. Teman-teman di Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran yang telah memberikan saran dan turut membantu kami.
6. Seluruh pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang turut membantu kami.

Kami menyadari masih banyak hal yang perlu diperbaiki dalam Tugas Pra Desain Pabrik ini. Saran dan kritik yang membangun sangat kami harapkan.

Surabaya, 30 Januari 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang.....	I-1
BAB II BASIS DESAIN DATA.....	II-1
II.1 Kapasitas.....	II-1
II.2 Lokasi	II-1
II.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk.....	II-3
II.3.1 Kualitas Bahan Baku	II-3
II.3.2 Kualitas Produk	II-6
II.3.3 Kegunaan Produk	II-7
BAB III SELEKSI DAN URAIAN PROSES.....	III-1
III.1 Jenis Proses	III-1
III.1.1 Proses Pengolahan Limbah Asetilena	III-1
III.1.2 Pre-Treatment H ₂ S	III-5
III.1.3 Proses Pemurnian Biogas	III-7
III.1.4 Proses Pembuatan PCC	III-11
III.2 Seleksi Proses	III-17
III.2.1 Pengolahan Limbah Asetilena.....	III-17
III.2.2 Adsorpsi Hidrogen Sulfida.....	III-18

IV.2.3	Kolom Absorpsi <i>Fixed Bed Soil Laterite</i> (D-110)	IV-13
IV.2.4	<i>Blower Biogas</i> (G-211)	IV-14
IV.2.5	Tangki <i>Mixer</i> Limbah Asetilena (M-120)	IV-14
IV.2.6	<i>Clarifier</i> Limbah Asetilena (H-130)	IV-15
IV.2.7	<i>Heater</i> (E-213)	IV-15
IV.2.8	Neraca Energi <i>Fixed Bed Reactor</i> (R-210)	IV-16
IV.2.9	<i>Silica Gel Fixed Bed</i> (D-310)	IV-17
IV.2.10	CBG <i>Multistage Compressor</i> (G-321)	IV-17
IV.2.11	<i>Compressed Biomethane Gas Cooler</i> (E-322)	IV-18
IV.2.12	<i>PCC Sludge Thickener</i> (H-330)	IV-18
IV.2.13	<i>Plate and Frame Filter Press</i> (H-340)	IV-19
IV.2.14	<i>Air Heater</i> (E-351)	IV-19
IV.2.15	<i>Rotary Dryer</i> (B-350)	IV-20
IV.2.16	<i>Cyclone Separator</i> (H-351)	IV-21
IV.2.17	<i>Ball Mill</i> (C-360)	IV-21
BAB V SPESIFIKASI ALAT		V-1
V.1.1	<i>Compressor Biogas</i> (G-111)	V-1
V.1.2	<i>Cooler Biogas</i> (E-112)	V-2
V.1.3	Kolom Adsorber <i>Fixed Bed Soil Laterite</i> (D-110)	V-3
V.1.4	<i>Biogas Blower</i> (G-211)	V-4

V.1.5	<i>Mixer Tank Pump (L-122)</i>	V-5
V.1.6	<i>Storage Limbah Asetilena (F-121)</i>	V-5
V.1.7	<i>Mixer Tank Belt Conveyor (J-123)</i>	V-6
V.1.8	<i>Mixer Tank Limbah Asetilena (M-120)</i>	V-6
V.1.9	<i>Clarifier Limbah Asetilena(H-130)</i>	V-8
V.1.10	<i>Reactor Pump (L-212)</i>	V-9
V.1.11	<i>Heater (E-213)</i>	V-10
V.1.12	<i>Fixed Bed Reactor (R-210)</i>	V-11
V.1.13	<i>Silica Gel Fixed Bed (D-310)</i>	V-12
V.1.14	<i>CBG Multistage Compressor (G-321)</i> .	V-13
V.1.15	<i>CBG Cooler (E-322)</i>	V-14
V.1.16	<i>Tangki Penyimpanan Compressed Biomethane Gas (F-320)</i>	V-15
V.1.17	<i>PCC Sludge Thickener (H-330)</i>	V-15
V.1.18	<i>PCC Plate and Frame Filter Press Sludge Pump (L-331)</i>	V-16
V.1.19	<i>PCC Thickener Recycle Pump (L-332)</i>	V-17
V.1.20	<i>Plate and Frame Filter Press (H-340)</i> .	V-17
V.1.21	<i>PCC Sludge Belt Comveyor (J-341)</i>	V-18
V.1.22	<i>PCC Cake Storage Tank (F-342)</i>	V-19
V.1.23	<i>Rotary Dryer Screw Conveyor (J-343)</i> .	V-19
V.1.24	<i>Air Heater (E-351)</i>	V-20
V.1.25	<i>Rotary Dryer (B-350)</i>	V-21
V.1.26	<i>Cyclone Separator (H-351)</i>	V-22

V.1.27 <i>Ball Mill Screw Conveyor (J-352)</i>	V-22
V.1.28 <i>Ball Mill (C-360)</i>	V-23
V.1.29 <i>PCC Storage Tank (F-361)</i>	V-24
BAB VI ANALISA EKONOMI	VI-1
VI.1 Struktur Organisasi	VI-2
VI.1.1 Umum.....	VI-2
VI.1.2 Bentuk Perusahaan	VI-2
VI.1.3 Struktur Organisasi	VI-3
VI.1.4 Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab	VI-4
VI.2 Sistem Utilitas	VI-9
VI.2.1 Unit Pengolahan Air.....	VI-9
VI.2.2 Unit Pembangkit Tenaga Listrik	VI-10
VI.2.3 Unit Pendingin	VI-10
VI.3 Harga Peralatan	VI-11
VI.4 Analisa Ekonomi.....	VI-11
VI.4.1 Laju Pengembalian Modal (IRR).....	VI-11
VI.4.2 Waktu Pengembalian Modal (POT).....	VI-11
VI.4.3 Titik Impas (BEP)	VI-11
BAB VII KESIMPULAN	VII-1
DAFTAR PUSTAKA	xi

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Cadangan Minyak Bumi Indonesia	I-2
Gambar I. 2 Cadangan Gas Indonesia	I-3
Gambar II. 1 Kabupaten Mojokerto	II-3
Gambar III. 1 <i>Slurry Detention Slaker</i>	III-2
Gambar III. 2 <i>Paste Slaker</i>	III-3
Gambar III. 3 <i>Ball Mill Slaker</i>	III-4
Gambar III. 4 <i>Batch Slaker</i>	III-5
Gambar III. 5 Flow Diagram pada Proses Absorpsi CO ₂	III-8
Gambar III. 6 Absorpsi Biogas dengan Ca(OH) ₂	III-9
Gambar III. 7 <i>Flow Diagram</i> Proses <i>High Pressure Water Scrubbing</i>	III-10
Gambar III. 8 <i>Flow Diagram</i> pada Proses Absorpsi CO ₂ dan H ₂ S	III-11
Gambar III. 9 Proses Pembuatan PCC dengan Metode Karbonasi	III-13
Gambar III. 10 Pembuatan PCC pada Plant Dhaka	III-15
Gambar III. 11 Proses Pembuatan PCC dengan Metode Double Decomposition	III-16
Gambar VI. 1 Bagan Struktur Organisasi Perusahaan .	VI-8

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1 Data Impor PCC tahun 2016.....	I-5
Tabel II. 1 Komposisi Biogas PT. Enero	II-3
Tabel II. 2 Komposisi Limbah Asitilen.....	II-5
Tabel IV. 1 Neraca Massa Kolom Adsorber <i>Laterite Soil Fixed Bed</i> (D-110).....	IV-2
Tabel IV. 2 Neraca Massa Tangki <i>Mixer</i> Limbah Asetilena (M-120)	IV-2
Tabel IV. 3 Neraca Massa <i>Clarifier</i> Limbah Asetilena (H-310).....	IV-3
Tabel IV. 4 Neraca Massa <i>Fixed Bed Reactor</i> (R-210) ..	IV-5
Tabel IV. 5 Neraca Massa <i>Silica Gel Fixed Bed</i> (D-310)	IV-6
Tabel IV. 6 Mol dan Massa Komponen di Tangki Penyimpanan CBG (F-320).....	IV-7
Tabel IV. 7 Neraca Massa <i>Thickener Sludge</i> PCC (H-330)	IV-7
Tabel IV. 8 Neraca Massa <i>Plate and Frame Filter Press</i> (H-340).....	IV-8
Tabel IV. 9 Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (B-350)	IV-9
Tabel IV. 10 Neraca Massa <i>Cyclone Separator</i> (H-351)	IV-10
Tabel IV. 11 Neraca Massa <i>Screw Conveyor</i> (J-352) ..	IV-11
Tabel IV. 12 Mol dan Massa Komponen di Tangki Penyimpanan PCC (F-361)	IV-12
Tabel IV. 13 Neraca Energi <i>Compressor</i> Biogas (G-111)	IV-12
Tabel IV. 14 Neraca Energi <i>Cooler</i> Biogas (E-112)	IV-13

Tabel IV. 15 Neraca Energi Kolom Absorpsi <i>Fixed Bed Soil Laterite</i> (D-110)	IV-14
Tabel IV. 16 Neraca Energi <i>Blower</i> Biogas (G-211) ...	IV-14
Tabel IV. 17 Neraca Energi Tangki <i>Mixer</i> Limbah Asetilena (M-120)	IV-15
Tabel IV. 18 Neraca Energi <i>Clarifier</i> Limbah Asetilena	IV-15
Tabel IV. 19 Neraca Energi <i>Heater</i> (E-213)	IV-16
Tabel IV. 20 Neraca Energi <i>Fixed Bed Reactor</i> (R-210)	IV-16
Tabel IV. 21 Neraca Energi <i>Silica Gel Fixed Bed</i> (D-310)...	IV-17
Tabel IV. 22 Neraca Energi CBG <i>Multistage Compressor</i> (G-321)	IV-18
Tabel IV. 23 Neraca Energi <i>Compressed Biomethane Gas Cooler</i>	IV-18
Tabel IV. 24 Neraca Energi <i>PCC Sludge Thickener</i> (H-330)	IV-19
Tabel IV. 25 Neraca Energi <i>Plate and Frame Filter Press</i> ...	IV-19
Tabel IV. 26 Neraca Energi <i>Air Heater</i> (E-351)	IV-19
Tabel IV. 27 Neraca Energi <i>Rotary Dryer</i> (B-350).....	IV-20
Tabel IV. 28 Neraca Energi <i>Cyclone Separator</i> (H-351).....	IV-21
Tabel IV. 29 Neraca Energi <i>Ball Mill</i> (C-360).....	IV-21

BAB I

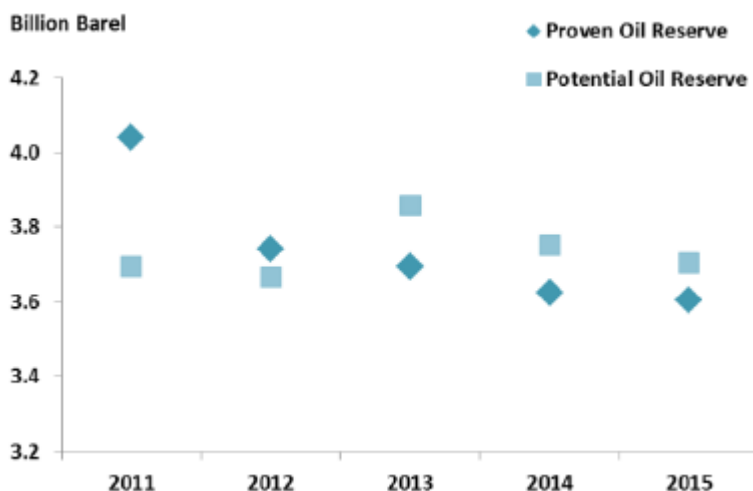
PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

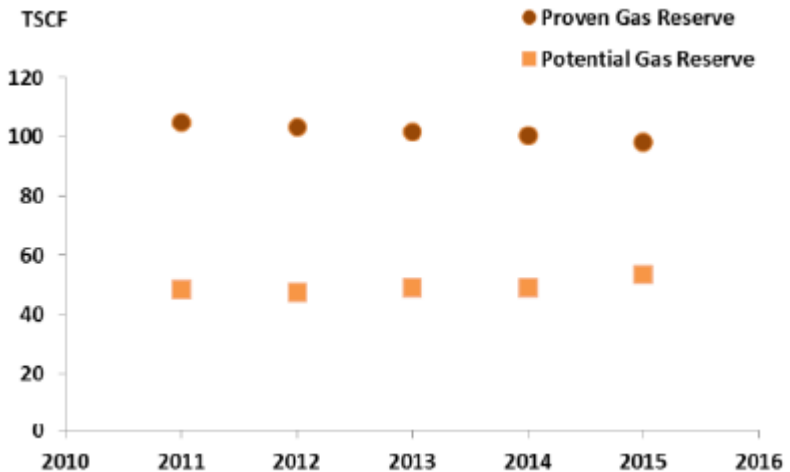
Energi telah menjadi bagian penting dalam kehidupan masyarakat pada setiap negara. Seiring dengan cepatnya globalisasi, kebutuhan akan energi akan terus-menerus meningkat. Selama ini manusia masih bergantung dengan energi tidak terbarukan seperti bahan bakar minyak yang berasal dari fosil yang suatu waktu dapat habis. Selain tidak terbarukan, emisi buangan dari bahan bakar fosil ikut menyumbang polusi dan menjadi penyebab pemanasan global. Hal ini yang memaksa banyak negara untuk menggali sumber potensi energi terbarukan dan juga ramah lingkungan yang dapat diperoleh dari alam, seperti panas bumi, air, angin, matahari, dan biomassa.

Indonesia merupakan salah satu negara dengan negara berkembang yang banyak membutuhkan energi. Kebutuhan energi nasional hingga tahun 2050 terus meningkat sesuai dengan pertumbuhan ekonomi, penduduk, harga energi, dan kebijakan pemerintah. Dengan laju pertumbuhan PDB rata-rata sebesar 6,04% pertahun dan pertumbuhan penduduk sebesar 0,71% per tahun selama tahun 2016-2050 mengakibatkan laju kebutuhan energi final sebesar 5,3% pertahun. Kebutuhan energi Indonesia meningkat dari 795 juta SBM pada tahun 2016 menjadi 4.569 juta SBM pada tahun 2050. Pemenuhan energi saat ini masih disokong dari sektor minyak dan gas bumi. Tercatat oleh SKK Migas pada tahun 2017 bauran energi sebesar 40% minyak bumi, 30% gas, 23% batu bara, dan 7% energi terbarukan. Dengan kata lain, Indonesia masih bergantung pada energi tidak terbarukan. Secara umum, cadangan minyak dan gas bumi selama beberapa tahun terakhir memiliki trend kecenderungan menurun. Menurut data Laporan Tahunan ESDM Indonesia, cadangan minyak bumi Indonesia sebesar 8,21 milyar barel pada tahun 2008 turun ke kisaran 7,5 milyar barel pada 2018 data ini masih merupakan data cadangan terbukti dan cadangan potensial. Pada tahun 2019,

cadangan terbukti untuk sektor minyak bumi Indonesia adalah sebesar 3,5 milyar barel. Jumlah cadangan ini setara untuk bertahan selama 10 hingga 12 tahun mendatang. Hal ini menandakan cadangan Indonesia tidaklah banyak. Selain itu, menurut Kementerian ESDM Indonesia, rasio *Reverse to Production* Indonesia saat ini sebesar 50% dengan kata lain Indonesia mengambil dua kali lebih banyak daripada menemukan. Cadangan gas bumi Indonesia juga terus mengalami penurunan. Cadangan gas bumi pada tahun 2008 adalah sebesar 170 TSCF dan terus menurun ke kisaran 135,5 TSCF pada tahun 2019. Namun, untuk *Reverse to Production* gas bumi Indonesia (terhadap cadangan terbukti), cenderung bertahan stabil pada kisaran 34 tahun.



Gambar I. 1 Cadangan Minyak Bumi Indonesia



Gambar I. 2 Cadangan Gas Indonesia
(Sumber: BPPT, 2017)

Mempertimbangkan ketahanan minyak dan gas bumi Indonesia, pemerintah Indonesia membuat program untuk memanfaatkan energi terbarukan melalui Kebijakan Energi Nasional No. 79 Tahun 2014 yang menargetkan kontribusi Energi Terbarukan (EBT) adalah sebesar 23% pada tahun 2025. Dari target bauran energi 23% tersebut, bioenergi diharapkan dapat berkontribusi sebesar 9,7% atau 23 MTOE (Metric Ton Oil Equivalent) dengan rincian sebesar 13,8 juta kiloliter biofuels, 8,4 juta ton biomassa, dan 489,8 juta m³ biogas.

Biogas adalah gas yang merupakan produk akhir dari proses biologis dalam kondisi anaerobik oleh mikroorganisme. Gas tersebut pada umumnya terdiri dari metana, karbon dioksida, dan hidrogen sulfida yang bersifat mudah terbakar dan korosif. Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan karena sumber bahan bakunya yang berasal dari kehidupan. Bahan baku biogas bersumber dari kotoran binatang (bebek, sapi, ayam, kerbau, gajah, dan kambing), tumbuh-tumbuhan (jerami padi, gandum, eceng

gondok, dan batang jagung), bahkan ampas tahu. Sehingga limbah kehidupan dapat dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari masyarakat. Metana dalam biogas dapat dibakar untuk menghasilkan listrik, biasanya dengan mesin reciprocating atau microturbine karena gas tidak dibuang langsung ke atmosfer sehingga tidak memberikan kontribusi untuk meningkatkan konsentrasi karbondioksida atmosfer, karena itu dianggap menjadi sumber energi yang ramah lingkungan.

Saat ini reaktor biogas yang terbangun di Indonesia dari Oktober 2009 – September 2017 telah mencapai 21.423 unit dengan cakupan wilayahnya mencakup 10 provinsi, yakni Bali, Banten, Yogyakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Lampung, NTB, NTT, dan Sulawesi untuk program kerjasama Hivos. Sementara dari APBN Indonesia telah terbangun 10.433 unit biogas yang tersebar di Indonesia. Salah satu pabrik yang menghasilkan biogas adalah PT. Energi Agro Nusantara (ENERO) dengan bahan bakunya berupa *vinasse*. Hasilnya berupa biogas dengan komposisi 55% - 65% CH₄, 30-35% CO₂, 3-5% O₂, dan 1-2% H₂S. Gas methane merupakan komponen utama biogas yang merupakan bahan bakar yang berguna karena mempunyai nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu sekitar 4800-6700 Kkal/m³. Gas metana murni mengandung energi 8900 Kkal/m³. Sehingga biogas akan jauh lebih baik kualitasnya bila dimurnikan. Biogas dapat dimurnikan dengan berbagai cara, diantaranya menggunakan metode *water scrubber*, *biological scrubber* dengan bantuan bakteri *Thiobacillus sp*, dan limbah pabrik acetilen berupa Ca(OH)₂.

Pemurnian biogas akan membentuk produk samping berupa CaCO₃ yang dapat dimanfaatkan untuk menjadi PCC. *Precipitated calcium carbonated* (PCC) merupakan kalsium karbonat yang disintesa dari CaCO₃ melalui proses karbonasi. PCC adalah material yang berfungsi sebagai filler yang digunakan di berbagai industri, seperti kertas, tekstil, karet, cat, ban, serta pada industri makanan dan farmasi digunakan sebagai antasid, suplemen kalsium pada makanan, dan abbrasive mild pada pasta gigi.

Berdasarkan data dari Kemenprin Indonesia konsumsi PCC di dunia sampai tahun 2016 mencapai 108,5 juta ton industri dengan industri kertas merupakan konsumen terbesar sebanyak 6 juta ton. Produsen PCC di Indonesia antara lain PT. Omya Indonesia, PT. Indo Bumi Agung, CV. Sari Jaya, dan PT. Selodwipo Nuswantoro, dan lain-lain. Data statistik impor dan ekspor PCC pada bulan Januari-Desember Tahun 2016 diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel I. 1 Data Impor PCC tahun 2016

Bulan	Impor (kg)	Ekspor
Januari	1.123.248	1.044.888
Februari	924.468	266.270
Maret	1.398.278	419.000
April	745.691.	44.000
Mei	1.177.000	44.000
Juni	857.738	-
Juli	331.192	-
Agustus	979.001	304.000
September	1.167.321	295.270
Oktober	1.069.310	285.300
November	1.172.204	344.325
Desember	1.580.387	225.000
Total	12.525.838	3.272.054

(Sumber: Badan Pusat Stastitika)

Potensi energi yang cukup besar dan produk samping yang bernilai ekonomis ini yang mendasari pembuatan pra desain pabrik “Purifikasi Biogas PT. Enero dengan Karbonasi Mineral Ca(OH)_2 dari Limbah Pabrik Asetilena”.

BAB II

BASIS DESAIN DATA

II.1 Kapasitas

Purifikasi biogas dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ini bertujuan untuk memurnikan seluruh biogas yang dihasilkan oleh PT. Enero. Saat ini PT. Enero memiliki 2 tanki digester dengan kapasitas $2 \times 22000 \text{ m}^3$ dengan volume limbah yang diolah adalah kurang lebih 500 m^3 per hari dengan nilai COD hingga 200.000 ppm . Sehingga total load tiap hari yang diolah anaerobic digester mencapai 100000 kg/day . Dengan jumlah organik ini, maka biogas yang dapat dihasilkan adalah sebesar 1000 m^3 per jam atau 24000 m^3 per day. Pembuatan biogas yang dihasilkan PT. Enero masih mengandung CO_2 sebesar 30-35%. Apabila biogas dimurnikan, maka akan terjadi peningkatan kualitas gas menjadi 8900 Kkal/m^3 dari semulanya hanya sekitar $4800\text{-}6700 \text{ Kkal/m}^3$. Selain biogas yang dihasilkan, CO_2 hasil purifikasi juga dapat dimanfaatkan untuk menjadi suatu produk berupa PCC (*Precipitated calcium carbonate*). PCC merupakan kalsium karbonat yang dihasilkan dari proses presipitasi dengan kemurnian yang tinggi. Sehingga dapat dihasilkan produk biogas dengan kemurnian yang tinggi dan produk samping berupa PCC.

II.2 Lokasi

Letak geografis dari suatu pabrik sangat berpengaruh terhadap kelangsungan suatu pabrik tersebut. Oleh sebab itu, terdapat beberapa faktor yang harus dipertimbangkan untuk menentukan lokasi pabrik secara teknis dan ekonomis. Dasar pemilihan lokasi pabrik “Purifikasi Biogas PT. Enero dengan Karbonasi Mineral $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dari Limbah Pabrik Asitilen” antara lain: sumber bahan baku, pemasaran, penyediaan tenaga listrik, penyediaan air, jenis transportasi, kebutuhan tenaga kerja, perluasan area pabrik, keadaan masyarakat, karakteristik lokasi, kebijakan pemerintah, dan buangan pabrik. Dengan beberapa pertimbangan maka pembuatan pabrik akan didirikan di Kabupaten

Mojokerto Provinsi Jawa Timur. Alasan pemilihan daerah ini adalah dengan mempertimbangkan beberapa faktor berikut:

1. Penyediaan bahan baku

Lokasi pabrik harus dekat dengan sumber bahan baku, sehingga proses operasi dapat terjaga kelangsungannya. Selain itu, dapat mengurangi biaya transportasi dan penyimpanan. Bahan utama pabrik ini adalah biogas dari PT.Enero sehingga lokasi pabrik haruslah berdekatan dengan sumber bahan baku paling utama, yakni biogas. Sedangkan untuk bahan baku lain yang digunakan untuk memurnikan biogas, yakni limbah asitilen berupa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ berasal dari PT. Aneka Gas.

2. Pemasaran produk

Hasil produksi berupa biogas yang telah dimurnikan, lalu kemudian dikemas dalam bentuk CBG akan dipasarkan pada masyarakat untuk memenuhi kebutuhan energi dalam sehari-hari seperti memasak.

3. Sarana Transportasi

Sarana dan prasarana transportasi sangat diperlukan untuk proses penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Letak pabrik ini dekat dengan jalan raya, sehingga memberi kemudahan dalam operasional.

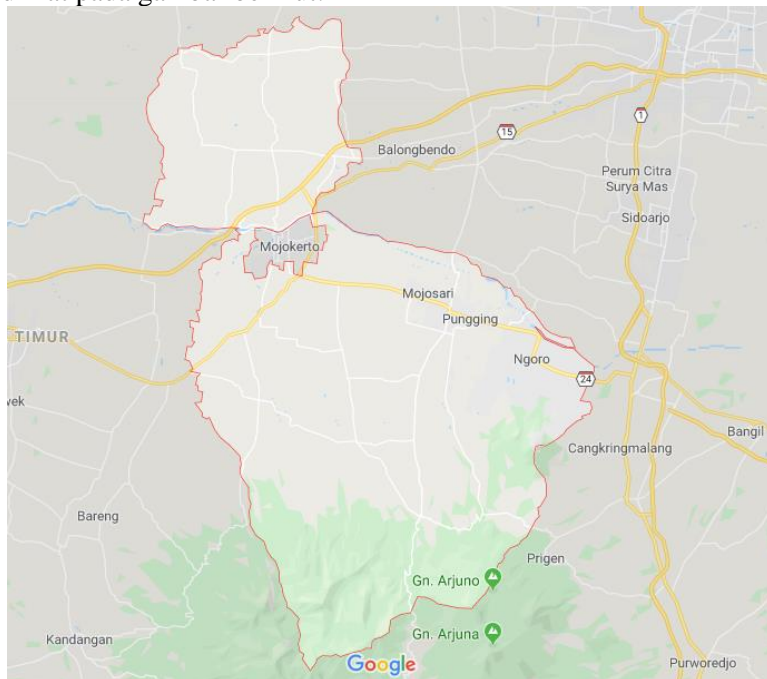
4. Utilitas

Sarana pendukung seperti tersedianya air, listrik, dan lainnya dapat diperoleh dengan mudah dari air Sungai Brantas yang memiliki kapasitas $1446,5 \times 10^5 \text{ m}^3$ pertahun.. Sedangkan listrik dari PLN Mojokerto dan generator sebagai cadangan apabila terjadi pemadaman listrik oleh PLN.

5. Tenaga Kerja

Tersedianya tenaga kerja yang terampil diperlukan untuk menjalankan mesin produksi. Berdasarkan Badan Pusat Statistik Kabupaten Mojokerto pada Agustus 2017, terdapat pengurangan 185,9 ribu orang pekerja dibandingkan pada february 2017 dan sebanyak 35,1 ribu orang dibandingkan pada tahun sebelumnya. Adapun tingkat pengangguran terbuka di perkotaan mencapai 6,84% dan 3,33% di pedesaan. Selanjutnya peta Kabupaten

Mojokerto yang terletak di Propinsi Jawa Timur, Indonesia, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar II. 1 Kabupaten Mojokerto

II.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk

II.3.1 Kualitas Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam proses ini adalah limbah asitilen dan juga biogas yang berasal dari PT. Enero. Biogas PT. Enero sendiri memiliki spesifikasi berikut:

Tabel II. 1 Komposisi Biogas PT. Enero

Komponen	Komposisi (%)
Metana (CH ₄)	61
Karbon dioksida (CO ₂)	38
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	1

Biogas memiliki kandungan pengotor berupa CO_2 dan juga H_2S . Karbon dioksida akan menghambat dan menurunkan kadar metana sehingga nilai kalor dari bio-metana yang dihasilkan akan menurun. Energi dari biogas bergantung pada konsentrasi metana pada biogas. Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas. Nilai energi dalam 1 m^3 biogas setara dengan 6 kwh energi listrik, 0,62 liter minyak tanah, 0,52 liter minyak solar atau minyak diesel, 0,46 kg elpiji, 3,5 kg kayu bakar, dan 0,8 liter bensin. Campuran biogas akan mudah terbakar jika mengandung gas metana lebih dari 50%. Ketika gas dibakar, api yang terbentuk berwarna biru seperti api yang dihasilkan dari gas elpiji dan energi panas yang dihasilkan berkisar antara $5200 - 5900 \text{ kcal/m}^3$ gas, atau sama halnya dengan memanaskan $65 - 73$ liter air dari suhu 20°C sampai mendidih atau menyalakan lampu dengan daya $50 - 100$ watt selama $3 - 8$ jam (Pertiwiningrum, 2015).

Asetilen adalah gas yang tidak berwarna dan mudah terbakar dengan bau mirip bawang putih. Asetilen adalah gas sintetis yang diproduksi dari reaksi kalsium karbida dengan air yang dikirim dan disimpan dalam silinder yang berisi cairan aseton. Limbah pabrik asetilena adalah CaO . Senyawa CaO yang dilarutkan di H_2O akan menjadi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang dapat dimanfaatkan sebagai substitusi pasir di batako, bahan stabilisasi bentonit, dan juga untuk purifikasi biogas. Komposisi limbah pabrik asetilen umumnya adalah sebagai berikut:

Tabel II. 2 Komposisi Limbah Asitilen

Senyawa Penyusun Limbah Karbit	
Komponen	Konsentrasi (%)
Al ₂ O ₃	0,61
SiO ₂	0,94
SO ₃	0,3
CaO	95,37
Fe ₂ O ₃	0,48
Y ₂ O ₃	0,25
MoO ₃	2,1
MgO	No intensity

Senyawa Ca(OH)₂ akan menjadi absorber dalam pemurnian biogas. Spesifikasi *calcium hydroxide* yang digunakan adalah sebagai berikut

Melting point (°C) = 580

Specific gravity (g/mL) = 2,24

Berbentuk serbuk putih dan tidak bewarna

Larut dalam air, gliserol dan asam. Tidak larut dalam alcohol

Bersifat stabil dan *incompatible* dengan asam kuat

(*chemspider.com*)

Selain limbah asetilen dan juga biogas, bahan baku lain yang digunakan adalah H₂O. Air berguna untuk melarutkan senyawa CaO menjadi Ca(OH)₂. Karakteristik H₂O itu sendiri adalah sebagai berikut:

Rumus kimia = H₂O

Berat molekul (g/mol) = 18,015

Temperatur kritis (°C) = 374,2

Tekanan kritis (psia) = 3207,977

Titik leleh pada 1 atm (°C)	= 0
Titik didih pada 1 atm (°C)	= 100
Densitas (kmol/m ³)	= 55,58 (0°C dan 1 atm)
ΔHf° (Kcal/Kmol)	= -57757,54
ΔGf° (Kcal/Kmol)	= -54597,62

(www.lsbu.ac.uk, www.chemicaland21.com; ChemCAD 5.2)

II.3.2 Kualitas Produk

Pabrik purifikasi biogas ini akan menghasilkan biometana dengan spesifikasi berikut

Berat molekul	= 16,042
Titik didih pada 14,7 psia (760 mm)	= -161,49°C
Titik beku pada 14,7 psia (760 mm)	= -182,48°C
Kelarutan dalam air	= 35 mg/L
Tekanan kritis	= 45,802 atm
<i>Specific gravity</i>	= 0,415
Tidak berbau dan berwarna	
Tidak larut dalam air	
Tidak beracun	
Persentase CH ₄	= 96%
Gas lainnya	= 4%

Kriteria produk PCC yang dihasilkan adalah sebagai berikut: kemurnian lebih dari 99%, densitas 2,7 g/cm³, ukuran partikelnya 70% di antara 0,4 sampai 2μm, specific surface area (BET) sebesar 4-11 m²/g, dan ph mendekati 9. Sedangkan untuk spesifikasi PCC yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

Berat molekul (g/mol)	= 100
Titik Lebur (°C)	= 825
<i>Bulk Density</i> (g/cm ³)	= 0,55-0,65
Cp pada 25°C (kal/mol)	= 19,568
ΔHf° (Kcal/Kmol)	= 288,46
ΔGf° (Kcal/Kmol)	= 269,79
Kelarutan dalam air (mol/L)	= 0,00015 (pada 25°)

Sedangkan untuk komposisinya:

CaCO_3 (%) = 99

Lainnya (%) = 1

II.3.3 Kegunaan Produk

Tujuan utama pendirian pabrik ini adalah untuk memproses biogas dari PT. Enero menjadi CH_4 . Manfaat dari CH_4 antara lain:

1. Bahan bakar gas industri
2. Pembuatan pupuk
3. Pembangkit tenaga listrik
4. Bahan pembuatan ban
5. Bahan bakar kendaraan

Sedangkan *precipitated calcium carbonate* (PCC) banyak digunakan dalam proses di industri untuk:

1. Sebagai *filler* atau *coating* dalam industri *pulp and paper*
2. Sebagai *filler/extender* dalam industri cat
3. Sebagai bahan obat dalam industri farmasi

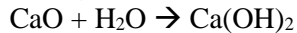
BAB III

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

III.1 Jenis Proses

III.1.1 Proses Pengolahan Limbah Asetilena

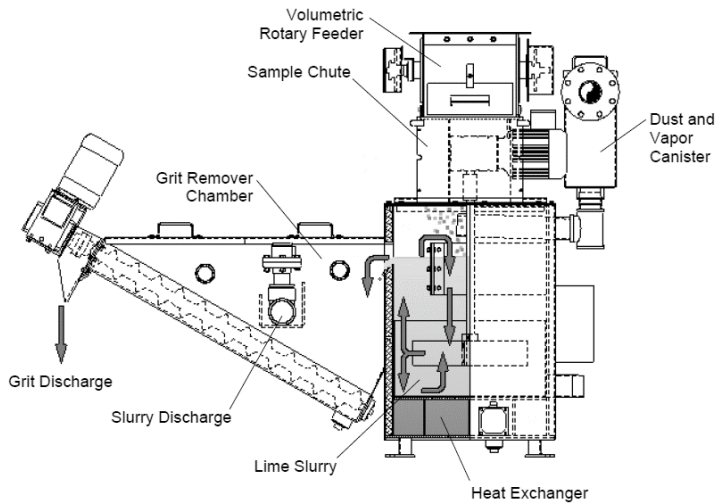
Proses permurnian limbah biogas PT. Energi Agro Nusantara dilakukan dengan metode absorpsi CO₂ dengan Ca(OH)₂ yang didapatkan dari pengolahan limbah asetilena, atau *calcium carbide waste* (CCW). Pengolahan limbah asetilena meliputi proses *lime slaking* untuk membentuk Ca(OH)₂ dari CaO.



Reaksi tersebut merupakan reaksi *slaking* dan merupakan reaksi eksotermik yang menghasilkan panas.

III.1.1.1 Slurry Detention Slaker

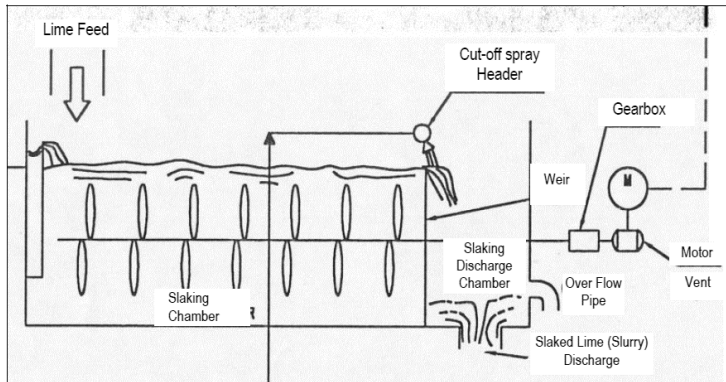
Metode ini digunakan untuk memproduksi Ca(OH)₂ pada fase *slurry* dengan konsentrasi 15 – 18%. *Slaker tipe detention* memiliki dua bilik, yaitu bilik pertama dimana CaO direaksikan dengan air dan bilik kedua untuk menghilangkan kotoran. *Slurry* akan berpindah dari bilik pertama ke bilik kedua secara gravitasi. Umumnya waktu tinggal *slurry detention slaker* adalah 10 menit. Desain *slurry detention slaker* tersedia untuk kapasitas 60 kg/jam hingga 15 ton/jam.



Gambar III. 1 *Slurry Detention Slaker*

III.1.1.2 Paste Slaker

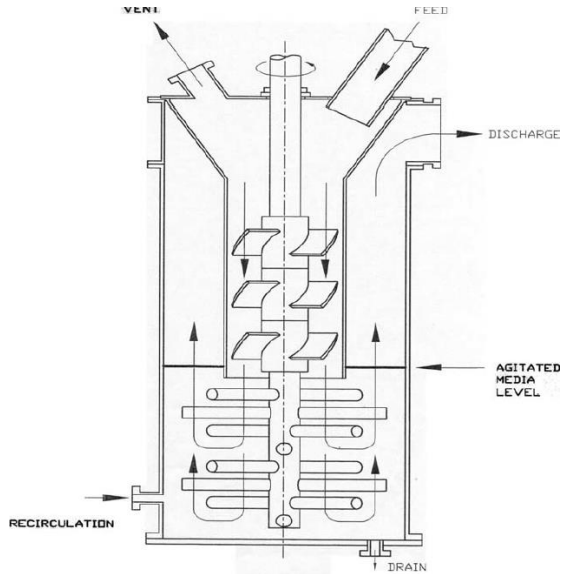
Produk dari *paste slaker* adalah $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan konsentrasi 40% yang lebih kental dan lebih berat dibandingkan dengan *slurry*. Waktu tinggal pada bilik *slaking* adalah 5 menit, dan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ didorong ke titik *discharge* menggunakan *horizontal rotating paddle* karena terlalu berat untuk dipindahkan secara gravitasi. Setelah itu larutan diencerkan hingga konsentrasi 20% agar pasir dan kotoran dapat dipisahkan secara gravitasi atau dengan *vibrating grit screen*. Kapasitas *paste slaker* tersedia dari 450 kg/jam hingga 3,5 ton/jam.



Gambar III. 2 Paste Slaker

III.1.1.3 Ball Mill Slaker

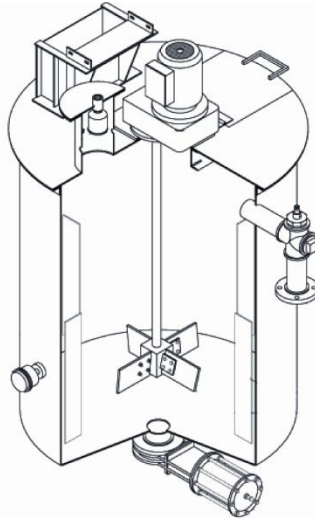
Ball mill slaker mengaplikasikan prinsip penggilingan *ball mill drying* untuk proses *slaking* dan memiliki biaya yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tipe *slaker* lainnya, dengan kapasitas yang tersedia yaitu 1 ton hingga 50 ton/jam. *Ball mill slaker* digunakan apabila dibutuhkan kapasitas *slaker* yang sangat besar (>15 ton/jam). *Ball mill slaker* dilengkapi dengan unit *classifier* untuk memisahkan kotoran dan *impurities*, dimana kotoran akan disirkulasikan ulang ke *slaker* untuk proses penggilingan ulang.



Gambar III. 3 *Ball Mill Slaker*

III.1.1.4 Batch Slaker

Batch slaker merupakan variasi dari *slurry slaker* yang digunakan ketika dibutuhkan beberapa *batch* produk hanya secara periodik, atau ketika *slaker* dengan sistem kontinu tidak dapat digunakan. Air dan CaO ditambahkan ke *batch tank* dan diaduk dengan *agitator* hingga mencapai suhu 75-80°C. Setelah itu *slurry* dialirkan ke tangki kedua untuk memisahkan zat pengotor.



Gambar III. 4 Batch Slaker

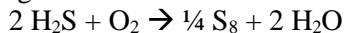
III.1.2 Pre-Treatment H₂S

Pada proses pemurnian biogas, hidrogen sulfida harus terlebih dahulu dihilangkan melalui *pre-treatment* karena dapat menyebabkan korosi pada reaktor *fixed bed*. Proses pemisahan H₂S dapat dilakukan dengan proses adsorpsi, yaitu adsorpsi dengan *activated carbon* atau oksida besi.

III.1.2.1 Jenis-Jenis Proses Adsorbpsi H₂S

III.1.2.1.1 Adsorpsi dengan *Impregnated Activated Carbon*

Impregnated activated carbon (IAC) adalah karbon teraktivasi (AC) yang sudah ditambahkan oleh zat kimiawi lainnya. Untuk meningkatkan efisiensi adsorpsi hidrogen sulfida, dapat digunakan karbon teraktivasi yang ditambahkan dengan *coating* alkalin atau oksida, seperti KI, NaOH, Na₂CO₃, KOH, dan oksida logam. Berikut reaksi adsorpsi H₂S oleh karbon teraktivasi dengan adanya oksigen:

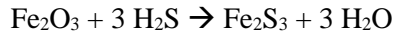
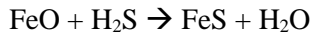


Dengan padatan oktasulfur teradsorpsi oleh karbon. Sistem AC bekerja optimal pada tekanan 7-8 bar dan suhu 50-70°C. Kapasitas

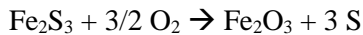
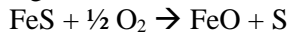
adsorpsi AC adalah 10-20 H₂S kg/m³ karbon dan dapat ditingkatkan hingga 120-140 kg H₂S /m³ karbon bila digunakan IAC. Kekurangan dari IAC adalah biaya yang cukup tinggi karena perlu ditambahkan dengan zat kimia untuk *coating*.

III.1.2.1.2 Adsorpsi dengan Oksida Besi

Metode adsorpsi dengan oksida besi memiliki efisiensi hingga 99,98%, atau untuk konsentrasi H₂S 1000 ppm di inlet, dapat dikurangi hingga < 1 ppm. Berikut reaksi adsorpsi H₂S oleh oksida besi:



Umur *bed* adsorpsi dapat diperpanjang dengan cara meregenerasi *bed* menggunakan oksigen:



Regenerasi dapat dilakukan hingga permukaan *bed* tertutupi seluruhnya dengan sulfur. Senyawa besi oksida yang digunakan adalah *iron sponge* atau spons besi, yaitu serpihan kayu yang mengandung Fe₂O₃. Dari stoikiometri reaksi diatas, 1 kg Fe₂O₃ dapat mengambil 0,64 kg H₂S. Kondisi operasi yang dibutuhkan adalah suhu 18 – 46°C, tekanan minimal 140 kPa, *moisture content* 25 – 55%, dan waktu tinggal diatas 1 menit. *Grade* spons besi yang paling umum digunakan adalah 190 kg Fe₂O₃ / m³. Bila digunakan *grade* tersebut, maka kapasitas adsorpsi-nya adalah 121,6 kg H₂S / m³ spons besi.

Kekurangan dari metode ini adalah karena proses regenerasi yang bersifat eksotermik, reaksi regenerasi dapat menyebabkan terbakarnya serpihan kayu spons besi sehingga perlu perhatian yang lebih tinggi untuk aspek *safety*. Selain itu, regenerasi hanya dapat dilakukan 1 – 2 kali saja agar efisien secara ekonomis, karena aktivitas spons besi berkurang hingga 1/3 setiap kali dilakukan regenerasi.

III.1.3 Proses Pemurnian Biogas

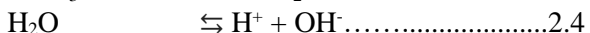
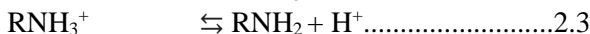
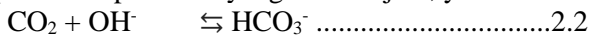
Dalam meningkatkan kualitas biogas terdapat empat teknik yang dapat digunakan untuk memisahkan metana dari komponen polutan lainnya. Berikut keempat metode tersebut:

III.1.3.1 Chemical Absorption (Amine)

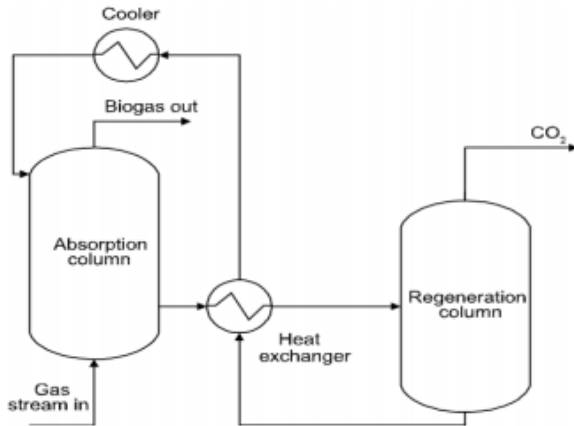
Salah satu jenis *chemical absorption* adalah *amine absorption*. Proses ini lebih dikenal sebagai *amine gas treating*. Proses absorpsi ini sering diaplikasikan dalam dunia industri seperti *refinery*, petrokimia, dan pencairan gas alam. Amine adalah komponen yang terbentuk dari amonia (NH_3) dengan menukar satu atau lebih atom hidrogen membentuk amine primer, sekunder, atau tersier. Amine tersebut terlarut dalam air yang disebut sebagai zwitter ion. Setelah mengalami tahap deprotonisasi, asam amino akan bereaksi dengan CO_2 .



Selain itu terdapat beberapa reaksi yang akan terjadi, yaitu:



Reaksi 2.2 akan terjadi, namun tidak signifak. Sementara itu karena pH bersifat asam maka ion OH^- berjumlah terbatas. Apabila ion OH^- dan asam amino mengalami fase kesetimbangan, maka reaksi 2.3 dan 2.4 akan terjadi.

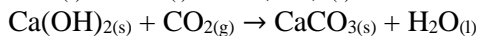
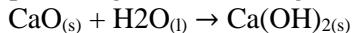


Gambar III. 5 Flow Diagram pada Proses Absorpsi CO₂
(Q. Zhao, 2010)

Pada proses ini larutan asam amino akan mengabsorpsi gas CO₂ dari biogas, yang selanjutnya akan dialirkan menuju *regeneration column*. *Regeneration colum* akan memisahkan CO₂ dengan larutan asam amino. Larutan asam amino hasil dari pemisahan di dalam *regeneration colum* akan *directcycle* kembali ke dalam *absorption column*.

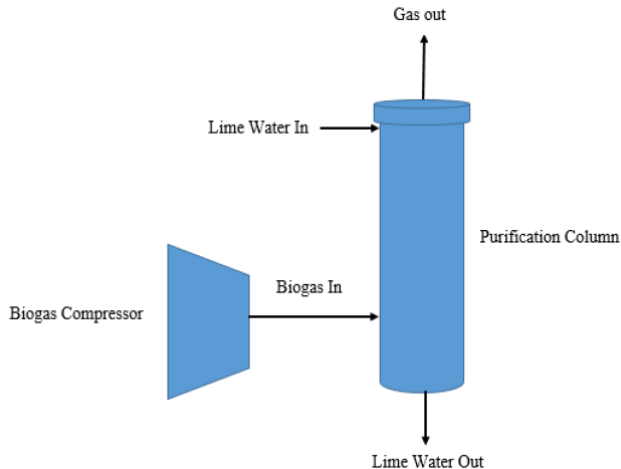
III.1.3.2 Chemical Absorption (Ca(OH)₂)

Penggunaan bahan kimia untuk menghilangkan kandungan CO₂ pada biogas termasuk cara yang efektif digunakan. Diantara penggunaan bahan kimia tersebut, diantaranya digunakan Ca(OH)₂ atau yang dikenal dengan *lime water*. Senyawa Ca(OH)₂ merupakan senyawa yang memiliki efektivitas penyerapan CO₂ yang tinggi, yakni 95,5%. Reaksi antara larutan Ca(OH)₂ dengan kandungan CO₂ pada biogas adalah sebagai berikut:



Proses absorpsi Ca(OH)₂ dengan CO₂ memakai suhu proses pada kisaran 30-60°C. Dimana *lime water* masuk kolom purifikasi melalui sisi atas kolom, kemudian dikontakkan dengan biogas yang masuk melalui sisi bawah kolom purifikasi. Kemudian

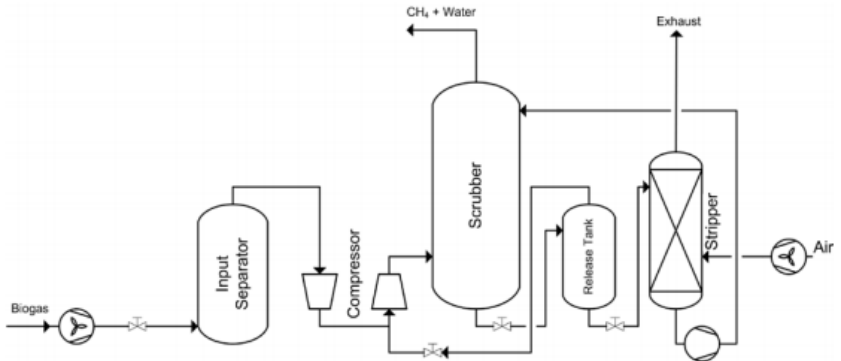
hasil kontak antara $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan CO_2 akan menghasilkan CaCO_3 dan H_2O yang keluar melalui bawah kolom purifikasi dan biogas yang meningkat kandungan CH_4 akan keluar melalui atas kolom seperti pada **Gambar III.6**



Gambar III. 6 Absorpsi Biogas dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$
(Tippayawong, 2010)

III.1.3.3 High Pressure Water Scrubbing

High pressure water scrubbing adalah sebuah teknik dasar yang memanfaatkan sifat fisika kelarutan gas dalam liquid. *Water scrubbing* dapat melarutkan H_2S , CO_2 , dan komponen lainnya di dalam air. Gas-gas tersebut memiliki kelarutan dalam air yang lebih tinggi daripada metana. Absorpsi berlangsung secara fisis. Air yang digunakan bisa diregenerasi dan disirkulasi. Bagian utama dalam proses ini dapat dilihat pada **Gambar III.7**



Gambar III. 7 Flow Diagram Proses High Pressure Water Scrubbing

Biogas masuk ke dalam *scrubber* yang bertekanan tinggi. Tekanan yang tinggi ini menyebabkan kelarutan gas dalam air meningkat. Pada umumnya, kolom *scrubber* merupakan *packed column* agar terjadi kontak transfer yang lebih luas. Air di-*spray* dari atas dan mengalir ke bawah secara *counter-current* dengan gas. Air dalam kolom *scrubber* akan mengambil gas-gas polutan yang ada di biogas. Biogas akan keluar dari bagian atas *scrubber* dengan kandungan gas metana 94-98%. Air dari dalam *scrubber* akan keluar dari bagian bawah dengan membawa gas-gas polutan biogas. Air tersebut akan masuk *flash tank*, di dalamnya akan terjadi penurunan tekanan sehingga gas metana yang masih terkandung air akan terpisah dan kembali ke *scrubber*. Kemudian air akan masuk ke kolom *stripper* untuk diregenerasi dengan udara. Gas H_2S dan CO_2 akan keluar dari bagian atas *stripper*.

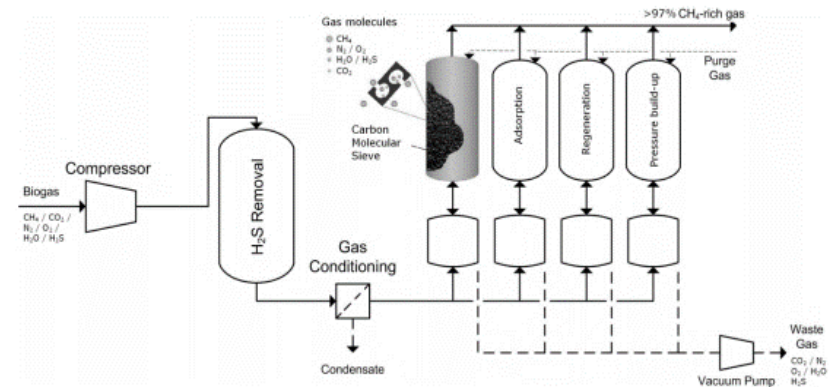
(Zhao, 2010)

III.1.3.4 Pressure Swing Adsorption

Pressure swing adsorption (PSA) adalah salah satu teknik yang dapat meningkatkan pemurnian gas dari produk biogas. Teknologi PSA memisahkan komponen dalam campuran gas dari produk biogas. Teknologi PSA memisahkan komponen dalam campuran gas di bawah tekanan dengan berdasarkan karakteristik molekular dan afinitas untuk penyerapan material. Teknologi ini

beroperasi pada suhu mendekati suhu ambient. Bahan serap tertentu (seperti zeolit, karbon aktif, molekul saringan, dll) yang digunakan sebagai perangkat, menyerap spesies gas yang diinginkan pada tekanan tinggi. Proses ini kemudian berpindah ke tekanan yang lebih rendah untuk proses desorpsi bahan teradsorpsi sebelumnya.

Dalam proses yang normal, biogas pada bagian bawah kolom masuk dan melewati adsorber vessel. Kemudian pada bagian akhir, biogas akan keluar dari atas kolom dengan kemurnian lebih dari 97%. Diagram alir proses absorpsi CO_2 dan H_2S dari teknik *pressure swing adsorption* (PSA) ditunjukkan oleh **Gambar III.8** berikut.



Gambar III. 8 Flow Diagram pada Proses Absorpsi CO_2 dan H_2S

(Zhao, 2010)

III.1.4 Proses Pembuatan PCC

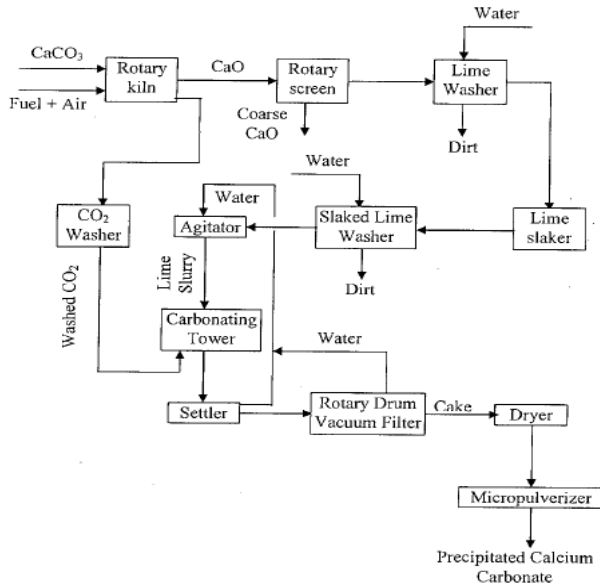
Precipitated Calcium Carbonate (PCC) adalah senyawa kimia yang memiliki rumus kimia CaCO_3 . PCC memiliki tiga kristal polimorf dengan sifat dan karakteristik yang berbeda ketika disintesis dengan media air. Tiga kristal polimorf tersebut adalah kalsit, vaterit, dan aragonit. Secara termodinamika, kalsit merupakan polimorf paling stabil dan disintesis pada suhu ruang.

Vaterit secara termodinamika paling tidak stabil, sedangkan aragonit hanya terbentuk pada suhu tinggi. kedua polimorf ini bersifat tidak stabil sehingga secara perlahan berubah menjadi kalsit. Perbedaan itu diakibatkan distribusi ion karbonat terhadap kation kalsium di dalam sel unit yang tidak merata. Secara umum, PCC diproduksi dengan 3 cara yaitu *Carbonation Method*, *Calcium Chloride-Sodium Carbonate Double Decomposition Method*, dan *Lime-Soda Method*.

III.1.4.1 Jenis-Jenis Proses Pembuatan PCC

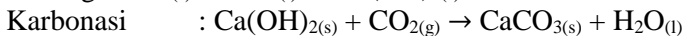
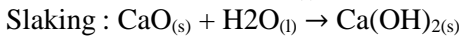
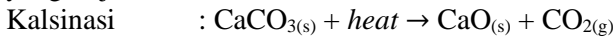
III.1.4.1.1 Carbonation Method

Pada proses ini mula-mula *limestone* atau batu gamping dikalsinasi di dalam kiln untuk membentuk karbon dioksida dan *quicklime*. Secara umum, produk-produk ini dipurifikasi secara terpisah sebelum digabungkan kembali. *Quicklime* dicampur dengan air sehingga menghasilkan *milk of lime* atau *dry hydrated lime* dimana keduanya adalah kalsium hidroksida. Ketika *dry hydrate* digunakan pada proses selanjutnya maka air akan ditambahkan untuk menghasilkan *milk of lime slurry*. Proses produksi PCC dengan cara ini dapat ditunjukkan dengan **Gambar III.9**



Gambar III. 9 Proses Pembuatan PCC dengan Metode Karbonasi (Shahinoor, 2007)

Pada proses karbonasi, karbon dioksida yang telah didinginkan dan dipurifikasi akan dilewatkan dalam bentuk gelembung melewati *milk of lime* pada reaktor yang disebut karbonator. Di akhir proses ini akan ada pengukuran pH. Reaksi yang terjadi adalah berikut:

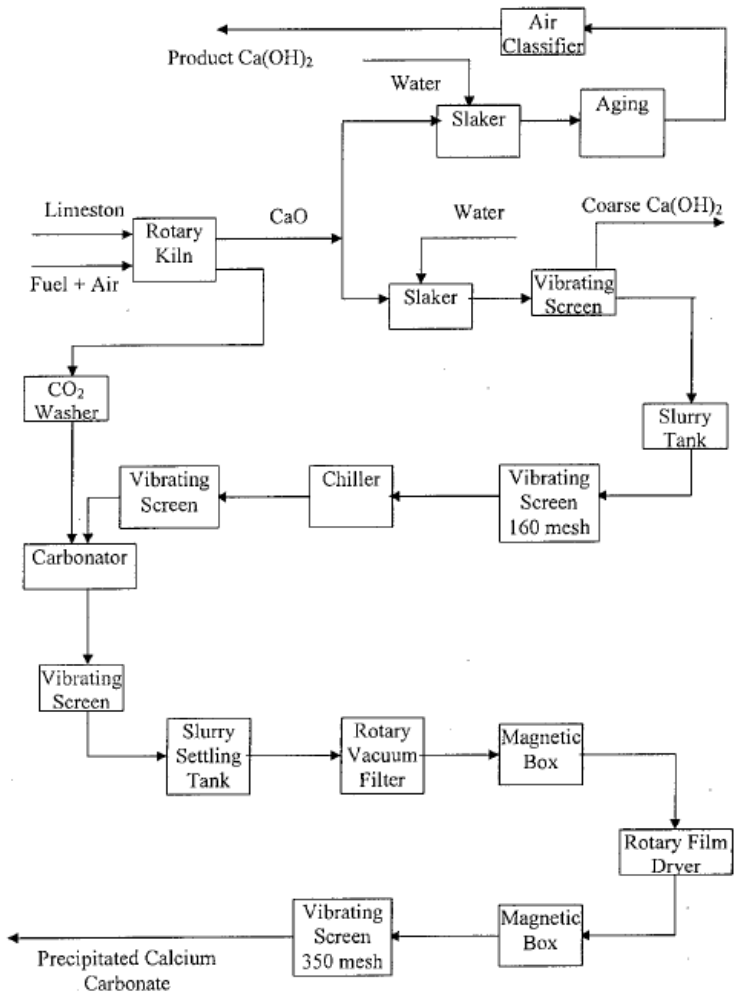


Produk karbonasi selanjutnya dapat lebih jauh dipurifikasi dengan menghilangkan zat pengotor yang tersisa pada *milk of lime* sebagai partikel kasar sebagai perbandingan untuk ukuran mikrometer. Penyaringan ini digunakan untuk mengontrol ukuran maksimum dari produk. Pencucian filter cake tidak diperlukan dikarenakan air adalah satu-satunya produk samping dari

karbonasi. Padatan filter cake secara umum mengandung CaCO_3 sebanyak 25-60%, dipengaruhi pada ukuran partikel dari PCC. Pengeringan akhir menggunakan rotary film, tunnel, spray, atau flash dryer. Hasil yang kering biasanya tidak terintegrasi dalam micropulverizer Penggilingan material diangkut menuju storage bin yang besar untuk bulk loading atau packing dalam karung.

Beberapa kelas pelapisan dapat digunakan untuk aplikasi yang special. PCC dilapisi untuk meningkatkan flow properties, processing, dan physical properties dari produk akhir. Asam lemak, resins, dan gen basah digunakan sebagai material pelapisan sebelum atau sesudah pengeringan.

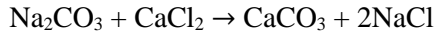
Crescent chemicals melakukan set up pada plant untuk produksi PCC di dekat Dhaka. Block diagram pada plant tersebut dapat dilihat pada **Gambar III.10**



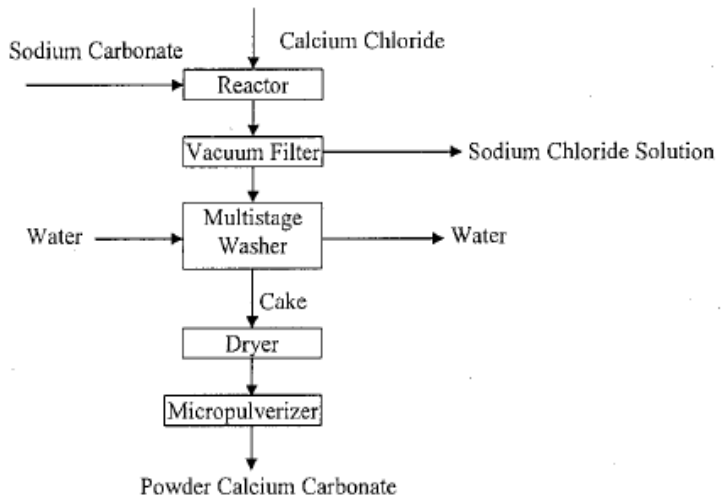
Gambar III. 10 Pembuatan PCC pada Plant Dhaka
(Shahinoor, 2007)

III.1.4.1.2 Calcium Chloride – Sodium Carbonate Double Decomposition Method

Pada tahun 1997, produksi PCC secara signifikan meningkat dengan manufaktur *synthetic soda ash*. Larutan soda ash bereaksi dengan larutan kalsium klorida murni menghasilkan kalsium karbonat dan sodium klorida sebagai produk samping. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Blok diagram dapat dilihat **Gambar III.11**



Gambar III. 11 Proses Pembuatan PCC dengan Metode Double Decomposition

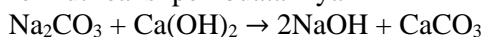
(Shahinoor, 2007)

Proses ini adalah yang paling sederhana dibanding tiga proses lainnya. Namun membutuhkan kalsium klorida dengan biaya rendah agar menarik secara ekonomi. Plant komersil berada

di Solvay dengan fasilitas proses *synntethic ash*. Sodium chloride sulit untuk dicuci dari filter cake karbonat dan dihilangkan pada fasilitas waste treatment. Variabel dalam operasi prosesnya antara lain waktu, laju dan metode agitasi, konsentrasi, pH, dan temperature reaksi.

III.1.4.1.3 Lime-Soda

Pada proses lime soda, kalsium hidroksida direaksikan dengan sodium karbonat untuk menghasilkan larutan sodium hidroksida dan kalsium karbonat dalam bentuk PCC. Proses ini biasanya digunakan oleh produsen alkali dengan daur ulang sodium hidroksida namun PCC yang dihasilkan masih kasar. Metode ini disebut juga dengan kausitasi yang merupakan metode klastik untuk menghasilkan soda kaustik. Proses ini berlangsung pada suhu 30-60°C dengan konversi rata-rata <90%. Kualitas PCC yang dihasilkan dari proses ini kurang baik karena selain kasar, distribusi ukuran partikel PCC sangat beragam serta kandungan residu Ca(OH)₂ yang berlebih. Selain itu metode pembuatan kaustik soda dengan metode ini mulai tergantikan oleh metode elektrolisis. Berikut reaksi pembuatannya



(Shahinoor, 2007)

III.2 Seleksi Proses

III.2.1 Pengolahan Limbah Asetilena

III.2.2.1 Pemilihan Metode Pengolahan Limbah Asetilena

Dari keempat proses untuk pengolahan limbah asetilena (CCW), perbandingan proses dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel III. 1 Perbandingan Proses Pengolahan CCW

Pembanding	<i>Slurry slaker</i>	<i>Paste slaker</i>	<i>Ball mill slaker</i>	<i>Batch slaker</i>
Kapasitas (kg/jam)	60 – 15.000	450 – 3.500	1.000 – 50.000	< 2.000

Konsumsi Energi (HP/ton kapasitas)	1	< 1	4	< 1
Biaya Investasi Awal (Basis per <i>slurry slaker</i>)	1	± 1	5-6	1 - 2

III.2.2 Adsorpsi Hidrogen Sulfida

III.2.2.1 Pemilihan Metode Adsorpsi Hidrogen Sulfida

Tabel III. 2 Perbandingan Proses Adsorpsi H₂S

Pembanding	IAC	Spons Besi
Kapasitas (kg H ₂ S / m ³ adsorben)	120 - 140	121,6
Temperatur Operasi	50 – 70°C	18 – 46°C
Tekanan Operasi	700 – 800 kPa	> 140 kPa
<i>Moisture content</i>	<1%	25 – 55%

III.2.3 Purifikasi Biogas

III.2.3.1 Pemilihan Metode Purifikasi Biogas

Berikut ini merupakan perbandingan pemilihan cara pemurnian biogas:

Tabel III. 3 Perbandingan Proses Pemurnian Biogas

Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
Water Scrubbing	Efisiensi besar (>97%),	Investasi dan biaya operasi mahal, dapat

	secara Simultan menghilangkan H ₂ S (jika H ₂ S <300 cm ³ /m ³), kapasitas dapat diatur dengan mengubah suhu dan tekanan, toleran terhadap impurities, dan, dapat diregenerasi	menimbulkan foaming, tidak fleksibel terhadap variasi jenis input gas, dan juga dapat menimbulkan penyumbatan akibat pertumbuhan mikroorganismenya.
Pressure Swing Adsorption	Efisiensi besar (>95-98%), H ₂ S dihilangkan, energi yang dibutuhkan kecil, toleran terhadap impurities	Biaya investasi dan operasi mahal, diperlukan kontrol proses tambahan, dan dapat kehilangan CH ₄ saat malfungsi dari valve terjadi
Chemical absorption (amine)	High efficiency (>99% CH ₄), biaya operasi murah, dan sedikit kehilangan CH ₄ (<0.1%)	Biaya investasi mahal, membutuhkan panas untuk regenerasi, korosif, amine dapat terdekomposisi dan rusak akibat senyawa kimia lain, dan memungkinkan foaming
Chemical absorption (Ca(OH) ₂)	High Efficiency (>95% CH ₄), biaya bahan baku murah, ramah lingkungan, <i>low volatility</i> , laju korosif yang rendah, dan dapat	Larutan Ca(OH) ₂ lebih cepat jenuh dibanding NaOH dan MEA

	menyerap impuritis lainnya.	
--	-----------------------------	--

Dari keempat proses di atas, dipilih proses pemurnian biogas dengan cara *Chemical absorption* ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Hal ini didasarkan karena:

1. Bahan baku murah dan ramah lingkungan
2. Laju korosif yang rendah
3. Dapat menyerap impurities lainnya seperti H_2S .

III.2.4 Pembuatan PCC

III.2.4.1 Pemilihan Metode Pembuatan PCC

Dari tiga proses pembuatan PCC, perbandingan proses dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel III. 4 Perbandingan Proses Pembuatan PCC

Pembanding	Proses Double Decomposition	Proses Lime Soda	Proses Karbonasi
Temperatur Reaksi	65°C	55°C	30-60°C
Tekanan Operasi	atmosferis	Atmosferis atau bertekanan	Atmosferis atau 2-10 atm
Konversi	80%	<90%	95%
Profit Kasar (per gram)	$2,94 \times 10^{-5}$ US\$	$1,675 \times 10^{-5}$ US\$	$5,326 \times 10^{-5}$ US\$
Bahan Baku	CaCl_2	Na_2CO_3	CaCO_3

Dari perbandingan di atas dipilih pembentukan PCC dengan proses karbonasi. Hal ini disebabkan beberapa kelebihanannya yaitu:

1. bahan baku murah dan banyak terdapat di Indonesia
2. Produk yang dihasilkan memiliki kemurnian yang tinggi
3. Diantara ketiga proses, memiliki profit yang paling besar

III.2.4.2 Pemilihan Solid-Liquid Separator

Dalam proses pemisahan produk PCC dengan liquid terdapat beberapa metode yang digunakan seperti pada tabel **Tabel III.5** Berikut:

Tabel III. 5 Perbandingan Jenis Solid-Liquid Separator

Jenis Separator	Liquid in Solid Product	Konsentrasi Padatan Feed	Ukuran Partikel	Biaya
Vacuum drum filter	Baik	Tinggi - Sedang	Sedang	Sedang - Tinggi
Disc filter	Baik	Sedang	Halus	Sedang - Tinggi
Thickener	Buruk	Sedang	Sedang	Sangat rendah - Sedang
Clarifier	Buruk	Rendah	Halus	Sangat rendah - Sedang
Plate and Frame Filter Press	Baik	Rendah - Sedang	Halus	Sedang
Centrifugation disc	Buruk	Rendah - Sedang	Halus	Tinggi
Centrifugation solid bowl	Sedang	Sedang - Tinggi	Sedang - Halus	Sedang - Tinggi
Cyclones	Buruk - Sedang	Rendah - Sedang	Sedang - Halus	Rendah - Sedang

Strainer	Buruk	Tinggi	Kasar	Sangat Rendah
Ultrafiltration	Sedang	Rendah	Sangat Halus	Sangat Tinggi

(Sormasaki, 2015)

Bedasarkan perbandingan di atas, jenis separator yang digunakan adalah Clarifier Strainer, dan Plate and Frame Filter Press, hal itu dikarenakan beberapa hal berikut yaitu :

Clarifier digunakan terlebih dahulu untuk mengurangi konsentrasi liquid yang masih sangat tinggi dengan biaya yang sangat rendah. Kemudian digunakan Plate and Frame Filter Press, karena konsentrasi liquid pada produk rendah sehingga menghasilkan kualitas produk yang baik serta konsentrasi padatan sudah lebih tinggi dari sebelumnya. Kemudian digunakan Strainer karena biaya yang rendah dan tidak rumit dalam pemisahan solid.

III.2.4.3 Pemilihan Dryer

Perbandingan antara berbagai jenis dryer yang dapat diaplikasikan pada pengeringan PCC dapat dilihat pada **Tabel III.6**

Tabel III. 6 Perbandingan Jenis Dryer

Jenis Dryer	Kebutuhan Energi, 10^9 MJ/y	Drying Efficiency, %	Fase	Ukuran Partikel	Moisture Content
<i>Conveyor</i>	1.9	40-90	Solid	Intermediate to large	Moderate to high
<i>Drum</i>	2.4	85	Liquid	Intermediate to large	-
<i>Fluidized Bed</i>	23	40-80	Solid	Small	Moderate to high

<i>Rotary (indirect)</i>	53	78-90	Solid	Small	Moderate to high
<i>Spray</i>	9.5	50	Liquid	-	-
<i>Vacuum tray</i>	<1	60	Solid	Small	Moderate to high
<i>Microwave to dielectric</i>	<1	60	Solid	Small	Low

(Fellow, 1988)

Bedasarkan perbandingan pada **Tabel III.6**, jenis dryer yang digunakan adalah *rotary dryer* (indirect), hal itu dikarenakan beberapa hal berikut yaitu :

- Efisiensi yang tinggi mencapai hingga 90%
- Fase dari *feed* yang masuk berupa solid dengan moisture content yang sedang 18-20% serta ukuran partikel yang kecil.

III.3 Uraian Proses

III.3.1 Pabrik Biogas

Proses pemurnian biogas secara umum terbagi menjadi 2 bagian pokok proses, yakni:

1. Tahap pre-treatment H₂S
2. Tahap purifikasi biogas

III.3.1.1 Tahap Pre-treatment H₂S

Pada tahap ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan H₂S yang terkandung pada biogas. H₂S perlu dihilangkan dikarenakan dapat menyebabkan korosi pada alat dan bersifat racun. Biogas yang berasal dari PT. Enero mula-mula dinaikkan terlebih dahulu tekanannya dengan kompresor (G-111). Tekanan dinaikkan dari 1 bar menjadi 2,2 bar. Hal ini untuk menyesuaikan dengan kondisi operasi pada kolom adsorpsi. Suhu akibat kompresi

meningkat menjadi 94°C. Sehingga diperlukan cooler (E-112) untuk menurunkan suhu menjadi 45°C. Kemudian biogas dialirkan ke *Laterite soil Fixed Bed* (D-110) untuk diserap kandungan H₂S. Kolom adsorpsi ini dilengkapi dengan bed berisikan laterite soil yang dapat menyerap kandungan H₂S secara efektif hingga 100%. Laterite soil fixed bed (D-110) berjumlah 2 uni yang bekerja secara bergantian. Setelah proses adsorpsi, kemudian biogas dialirkan menuju Fixed Bed Reactor (R-210) dengan menggunakan Blower (G-211).

III.3.1.2 Tahap Purifikasi Biogas

Gas yang keluar dari *fixed bed column* (R-210) mengandung 94% massa metana bersih dari CO₂. Gas yang keluar mengandung CO₂ dan H₂O masing-masing sebesar 3%. Kemudian H₂O akan dihilangkan dari gas dengan menggunakan *knockout drum* (H-310). Kemudian gas dinaikkan tekanannya dengan menggunakan compressor multistage (G-321) dari 2 bar menjadi dengan 4 kali stage hingga 200 bar dan suhu keluarannya diturunkan menjadi 28°C dengan menggunakan *cooler* (E-321). Setelah itu gas yang telah dipurifikasi ini menjadi *biomethane* yang ditampung dalam tangki penampung biomethane (F-320).

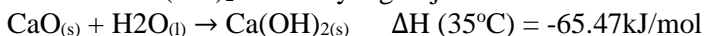
III.3.2 Pabrik PCC

Pada proses pembentukan PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*), terdapat 3 bagian pokok, yakni:

1. Tahap *slaking*
2. Tahap karbonasi
3. Tahap pemurnian PCC

III.3.2.1 Slaking

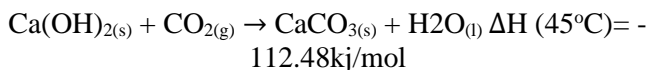
Kalsium oksida digunakan sebagai feed dengan kemurnian 95%. Kalsium oksida kalsinasi kemudian dihidrasi (*slaking*) dengan air pada temperatur 28°C untuk menghasilkan larutan Ca(OH)₂ pada mixer (M-120). Perbandingan padatan CaO dan air adalah 1:1000 massa. CaO yang terlarut memudahkan terjadinya pembentukan Ca(OH)₂. Reaksi yang terjadi:



Larutan yang terbentuk terdiri dari kalsium hidroksida larut, ion kalsium (Ca^{2+}) dan ion hidroksida (OH^-).

III.3.2.2 Karbonasi

Larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dari tahap slaking kemudian diumpankan ke *fixed bed reactor* (R-210). Sebelum itu larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dinaikkan terlebih dahulu hingga menjadi 56°C dengan menggunakan *Heater* (E-213) sebelum masuk ke dalam *fixed bed reactor*. *Fixed bed reactor* akan mengontakkan CO_2 yang berasal dari aliran biogas dengan aliran $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Di dalam reaktor ini kalsium hidroksida akan bereaksi dengan CO_2 membentuk kalsium karbonat dan air.



Suhu larutan saat memasuki *Fixed Bed Reactor* (R-210) adalah 56°C dengan tekanan 1 atm. Sedangkan biogas bersuhu 56°C dengan tekanan 2 atm. Tinggi *fixed bed reactor* yang digunakan adalah 5 meter. Pada kondisi ini waktu tinggal adalah 30 menit. *Fixed bed reactor* dilengkapi dengan *packing* yang bertujuan untuk memperluas permukaan kontak dan stage yang berfungsi untuk memberikan waktu kontak yang cukup untuk bereaksi. Aliran yang digunakan adalah *counter current* dengan produk CaCO_3 yang akan mengalir ke bawah dan dipompakan ke *thickener* (H-330).

III.3.2.3 Pemurnian

Tahap pemurnian melibatkan *Thickener* (H-330) yang berfungsi untuk meningkatkan kepekatan dan memisahkan air dari PCC. Kemudian PCC dialirkan dengan pompa (L-311) untuk selanjutnya ke *Plate and Frame Filter Press* (H-340) yang berfungsi untuk mengurangi kandungan liquid dan *Rotary Dryer* (B-360) untuk mengeringkan padatan. Air *overflow* dari *thickener* dialirkan ke aliran limbah, sedangkan filtratnya mengandung 99% massa solid dialirkan ke *Plate and Frame Filter Press* menggunakan pompa (L-332).

Setelah dipress dengan *Plate and Frame Filter*, kandungan air pada padatan PCC menurun drastis. Diperlukan 6 batch dalam 1 hari dengan waktu 4 jam per cycle pada *Plate and Frame Filter*

Press. Aliran filtrat dari alat ini diolah ke *Waste Treatment*. *Cake* yang terbentuk dibawa ke *PCC Cake Storage* (F-341) untuk disimpan terlebih dahulu. Kemudian PCC disalurkan ke *Rotary Dryer* (B-360) dengan menggunakan *Screw Conveyor* (J-342). PCC yang telah kering kemudian disimpan di dalam PCC storage (F-361) untuk selanjutnya dikemas dan disalurkan kepada konsumen.

BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI

IV.1 Neraca Massa

Perhitungan neraca massa merupakan prinsip dasar dalam perancangan desain sebuah pabrik. Dari neraca massa dapat ditentukan kapasitas produksi dan kebutuhan bahan baku. Perhitungan neraca massa *overall* dan neraca massa komponen dilakukan secara manual dengan menggunakan *Microsoft Excel* berdasarkan pada hukum kekekalan massa dan asumsi *steady state*. Berikut rumus yang digunakan:

$$(Aliran\ masuk) - (Aliran\ keluar) = (Akumulasi\ massa) \\ = 0$$

Neraca massa pabrik purifikasi biogas dan PCC dihitung menggunakan basis data sebagai berikut:

Basis : 1 jam operasi
Waktu operasi : 330 hari / tahun
 : 1 hari = 24 jam
Jumlah biogas : 1000 Nm³/jam

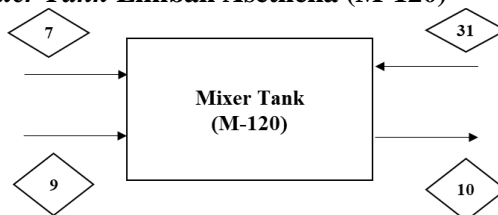
IV.1.1 Kolom Adsorber *Laterite Soil Fixed Bed* (D-110)



Tabel IV. 1 Neraca Massa Kolom Adsorber *Laterite Soil Fixed Bed* (D-110)

No	Komponen	Masuk		Keluar			
		Aliran <3>		Aliran <4>		H ₂ S terserap	
		Fraksi Massa	Massa (kg)	Fraksi Massa	Massa (kg)	Fraksi Massa	Massa (kg)
1	CH ₄	0,364	436,556	0,3691	436,556	0	0
2	CO ₂	0,623	746,174	0,6309	746,174	0	0
3	H ₂ S	0,013	15,206	0	0	1	15,206
Total		1	1197,936	1	1182,730	1	15,206

IV.1.2 Mixer Tank Limbah Asetilena (M-120)

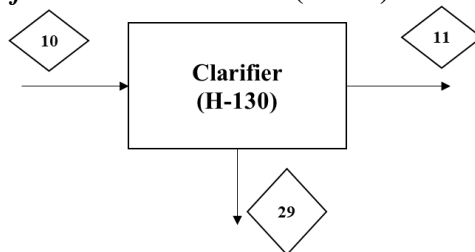


Tabel IV. 2 Neraca Massa Tangki *Mixer* Limbah Asetilena (M-120)

No	Komponen	Masuk						Keluar	
		Aliran <9>		Aliran <7>		Aliran <31>		Aliran <10>	
		Fraksi	Massa (kg)	Fraksi	Massa (kg)	Fraksi	Massa	Fraksi	Massa (kg)
1	Al ₂ O ₃	0,0103	10,6038	0	0	0	0	0,0001	10,6038
2	SiO ₂	0,0091	9,3724	0	0	0	0	0,0001	9,3724

3	SO ₃	0,0 041	4,16 34	0	0	0	0	0,00 001	4,16 34
4	CaO	0,9 030	926, 9971	0	0	0	0	0	0
5	Fe ₂ O ₃	0,0 129	13,2 861	0	0	0	0	0,00 002	13,3
6	Y ₂ O ₃	0,0 095	9,78 50	0	0	0	0	0,00 001	9,8
7	MoO ₃	0,0 510	52,3 938	0	0	0	0	0,00 007	52,4
8	Ca(OH) ₂	0	0	0	0	0	0	0,00 159	122 4,8
9	H ₂ O	0	0	1	10 19 4	1	759 214	0,99 828	769 110
Total		1	1026 ,602	1	10 19 4	1	759 214	1	770 434

IV.1.3 Clarifier Limbah Asetilena (H-310)

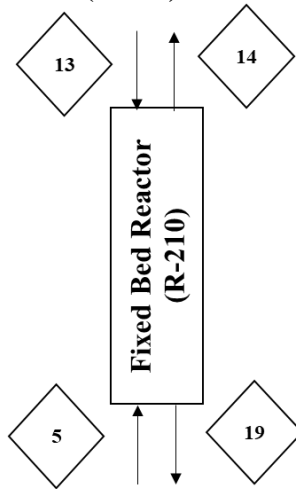


Tabel IV. 3 Neraca Massa *Clarifier* Limbah Asetilena (H-310)

No	Komponen	Masuk		Keluar			
		Aliran <10>		Aliran <11>		Aliran <29>	
		Fraksi	Massa (kg)	Fraksi	Massa (kg)	Fraksi	Massa (kg)

1	Al ₂ O ₃	0,000 01	10,604	0	0,0	0,00 4	10,60 4
2	SiO ₂	0,000 01	9,372	0	0,0	0,00 4	9,372
3	SO ₃	0,000 01	4,163	0	0,0	0,00 2	4,163
4	CaO	0,000 00	0,000	0	0,0	0,00 0	0,000
5	Fe ₂ O ₃	0,000 02	13,286	0	0,0	0,00 5	13,28 6
6	Y ₂ O ₃	0,000 01	9,785	0	0,0	0,00 4	9,785
7	MoO ₃	0,000 07	52,394	0	0,0	0,02 0	52,39 4
8	Ca(OH) 2	0,001 59	1224,8 16	0,00 2	1224, 8	0,00 0	0,000
9	H ₂ O	0,998 28	76911 0	0,99 8	76662 0	0,96 2	2490
Total		1	77043 4	1	76784 4	1	2590

IV.1.4 Fixed Bed Reactor (R-210)

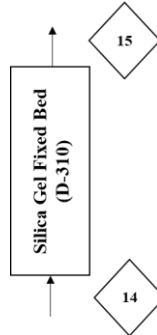


Tabel IV. 4 Neraca Massa *Fixed Bed Reactor* (R-210)

No	Komponen	Masuk				Keluar			
		Aliran <5>		Aliran <13>		Aliran <14>		Aliran <19>	
		Fra ksi Ma ssa	Mas sa (kg)	Fra ksi Ma ssa	Mas sa (kg)	Fra ksi Ma ssa	Mas sa (kg)	Fra ksi Ma ssa	Mas sa (kg)
1	CH ₄	0,369	436,556	0	0	0,891	436,556	0	0
2	CO ₂	0,631	746,174	0	0	0,038	18,654	0	0
3	Ca(OH) ₂	0,000	0	0,002	1224,816	0,000	0	0	0
4	CaCO ₃	0,000	0	0	0	0,000	0	0,000	1654,515
5	H ₂ O	0,000	0	0,998	7669,175	0,071	34,581	1,000	7668,829

Total	1	1182,730	1	768142,3	1	489,791	1	768537,4
-------	---	----------	---	----------	---	---------	---	----------

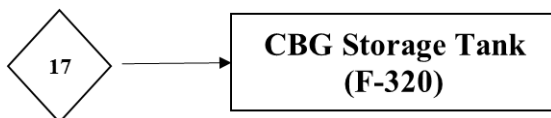
IV.1.5 Silica Gel Fixed Bed (D-310)



Tabel IV. 5 Neraca Massa Silica Gel Fixed Bed (D-310)

No	Komponen	Masuk		Keluar			
		Aliran <14>		Aliran <15>		H ₂ O terserap	
		Frak si Massa	Massa(kg)	Frak si Massa	Massa(kg)	Frak si Massa	Massa(kg)
1	CH ₄	0,891	436,556	0,952	436,556	0	0,000
2	CO ₂	0,038	18,654	0,041	18,654	0	0,000
3	H ₂ O	0,071	34,581	0,008	3,458	1	31,123
Total		1	489,791	1	458,668	1	31,123

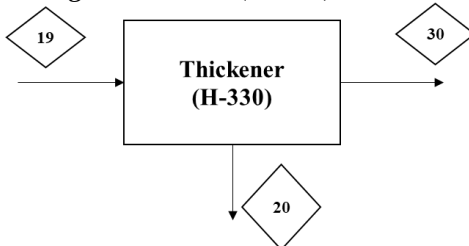
IV.1.6 Tangki Penyimpanan *Compressed Biomethane Gas* (F-320)



Tabel IV. 6 Mol dan Massa Komponen di Tangki Penyimpanan CBG (F-320)

Komponen	BM (kg/kgmol)	Fraksi Mol	Mol (kmol)	Massa (kg)	Fraksi Massa
CH ₄	16,04	0,978	27,217	436,556	0,952
CO ₂	44,01	0,015	0,424	18,654	0,041
H ₂ O	18	0,007	0,192	3,458	0,008
Total		1	27,833	458,668	1

IV.1.7 PCC Sludge Thickener (H-330)

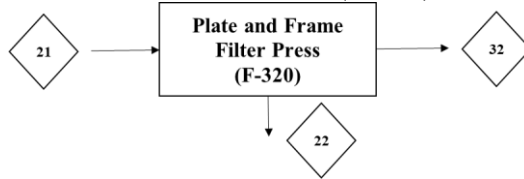


Tabel IV. 7 Neraca Massa *Thickener Sludge PCC* (H-330)

No	Komponen	Masuk		Keluar			
		Aliran <19>		Aliran <20>		Aliran <30>	
		Fraksi Massa	Massa (kg)	Fraksi Massa	Massa (kg)	Fraksi Massa	Massa (kg)
1	CaCO ₃	0,002	1654,515	0,177	1654,515	0	0

2	H ₂ O	0,99 8	76688 2,9	0,82 3	7668,8	1	75921 4,1
Total		1	76853 7,4	1	9323,3	1	75921 4,1

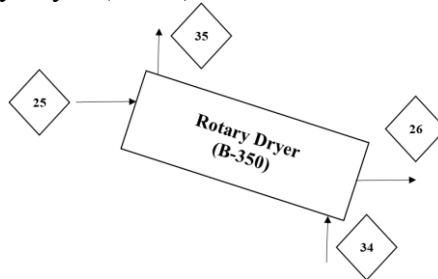
IV.1.8 Plate and Frame Filter Press (H-340)



Tabel IV. 8 Neraca Massa *Plate and Frame Filter Press* (H-340)

No	Komponen	Masuk		Keluar			
		Aliran <21>		Aliran <22>		Aliran <32>	
		Fraksi Massa	Massa(kg)	Fraksi Massa	Massa(kg)	Fraksi Massa	Massa(kg)
1	CaCO ₃	0,17 7	1654,5 15	0,80 1	1654,5 15	0	0
2	H ₂ O	0,82 3	7668,8 29	0,19 9	411,0	1	7257,8
Total		1	9323,3	1	2065,6	1	7257,8

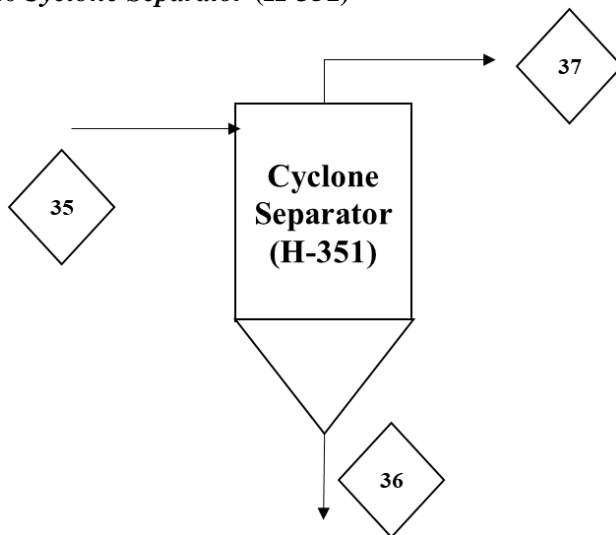
IV.1.9 Rotary Dryer (B-350)



Tabel IV. 9 Neraca Massa *Rotary Dryer* (B-350)

No	Komponen	Masuk				Keluar			
		Aliran <25>		Aliran <34>		Aliran <26>		Aliran <35>	
		Fra ksi Ma ssa	Mass a (kg)	Fra ksi Ma ssa	Ma ssa (kg)	Fra ksi Ma ssa	Mass a (kg)	Fra ksi Ma ssa	Ma ssa (kg)
1	CaCO ₃	0,801	1654,515	0	0	0,9975	1637,970	0	16,55
2	H ₂ O	0,199	411,049	0	0	0,0025	4,110	0,03	406,94
3	O ₂	0,000	0,000	0,21	255,2	0	0	0,2	255,2
4	N ₂	0,000	0,000	0,79	961,2	0	0	0,8	961,2
Total		1	2065,56	1	12167	1	1642,081	1	12591

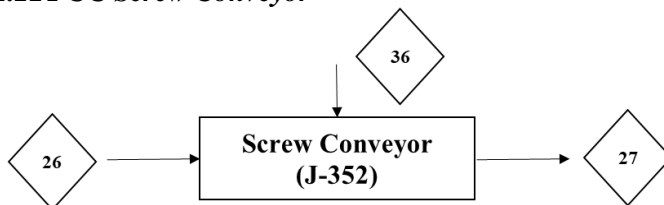
IV.1.10 Cyclone Separator (H-351)



Tabel IV. 10 Neraca Massa *Cyclone Separator (H-351)*

No	Komponen	Masuk		Keluar			
		Aliran <35>		Aliran <37>		Aliran <36>	
		Fraksi Massa	Massa (kg)	Fraksi Massa	Massa (kg)	Fraksi Massa	Massa (kg)
1	CaCO ₃	0,001	16,5	0	0	1	16,5
2	H ₂ O	0,03	406,9	0,0324	406,9	0	0
2	O ₂	0,20	2555,2	0,2032	2555,2	0	0
3	N ₂	0,76	9612,3	0,7644	9612,3	0	0
Total		1	12591	0,9676	12574	0	16,55

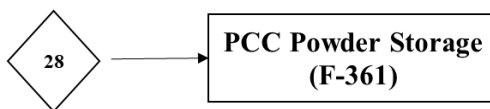
IV.1.11 PCC Screw Conveyor



Tabel IV. 11 Neraca Massa *Screw Conveyor* (J-352)

No	Komponen	Masuk				Keluar	
		Aliran <26>		Aliran <36>		Aliran <27>	
		Fraksi Massa	Massa (kg)	Fraksi Massa	Massa (kg)	Fraksi Massa	Massa (kg)
1	CaCO ₃	0,997	1637,970	1	16,545	0,997	1654,515
2	H ₂ O	0,003	4,110	0	0,000	0,003	4,110
	Total	1	1642,081	1	16,545	1	1658,626

IV.1.12 Tangki Penyimpanan *Precipitated Calcium Carbonate* (F-361)

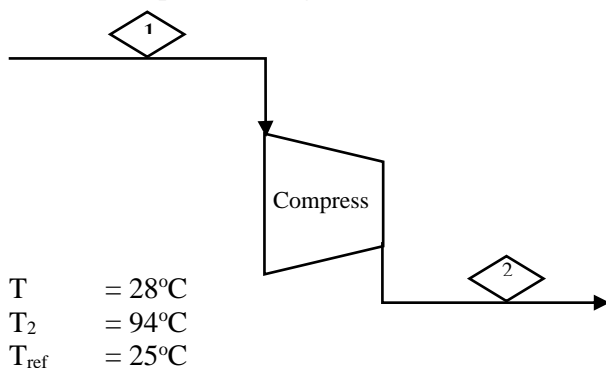


Tabel IV. 12 Mol dan Massa Komponen di Tangki Penyimpanan PCC (F-361)

Komponen	BM (kg/kmol)	Fraksi Mol	Mol (kmol)	Massa (kg)	Fraksi Massa
CaCO ₃	100,087	0,986	16,531	1654,515	0,998
H ₂ O	18,015	0,014	0,228	4,110	0,002
Total		1	16,759	1658,626	1

IV.2 Neraca Energi

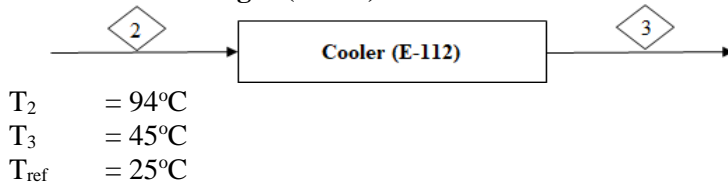
IV.2.1 Compressor Biogas (G-111)



Tabel IV. 13 Neraca Energi Compressor Biogas (G-111)

No	Energi Aliran Masuk		Energi Aliran Keluar	
		Energi (kJ)		Energi (kJ)
1	Entalpi Masuk	4811,6893	Entalpi Keluar	133688,3577
2	Ws	199771,9161	Q loss	70.895
TOTAL		204583,6054	TOTAL	204583,6054

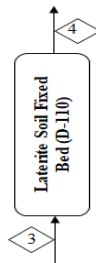
IV.2.2 Cooler Biogas (E-112)



Tabel IV. 14 Neraca Energi *Cooler* Biogas (E-112)

No	Energi Aliran Masuk Energi (kJ)		Energi Aliran Keluar Energi (kJ)	
	1	ΔH in gas	133688,3577	ΔH out gas
2			Q serap	101090,8985
TOTAL		133688,3577	TOTAL	133688,3577

IV.2.3 Kolom Absorpsi *Fixed Bed Soil Laterite* (D-110)

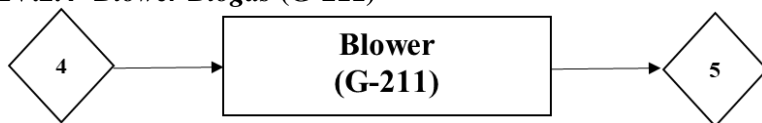


$T_3 = 45^\circ\text{C}$
 $T_4 = 43,46^\circ\text{C}$
 $T_{\text{ref}} = 25^\circ\text{C}$

Tabel IV. 15 Neraca Energi Kolom Absorpsi *Fixed Bed Soil Laterite* (D-110)

No	Energi Aliran Masuk Energi (kJ)		Energi Aliran Keluar Energi (kJ)	
	1	Entalpi Masuk	32597,459	Entalpi Keluar
TOTAL		32597,459	TOTAL	32597,459

IV.2.4 *Blower Biogas* (G-211)



$$T_4 = 45,19^{\circ}\text{C}$$

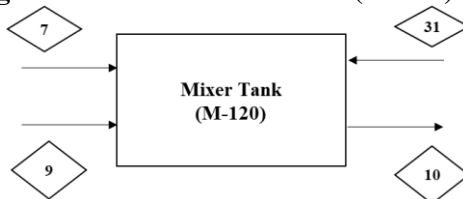
$$T_5 = 58,35^{\circ}\text{C}$$

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

Tabel IV. 16 Neraca Energi *Blower Biogas* (G-211)

No	Energi Aliran Masuk Energi (kJ)		Energi Aliran Keluar Energi (kJ)	
	1	Entalpi Masuk	26638,2658	Entalpi Keluar
2	W_s	19443,0381		
TOTAL		46081,3039	TOTAL	46081,3039

IV.2.5 *Tangki Mixer Limbah Asetilena* (M-120)



$$T_7 = 28^{\circ}\text{C}$$

$$T_8 = 28^{\circ}\text{C}$$

$$T_{10} = 28^{\circ}\text{C}$$

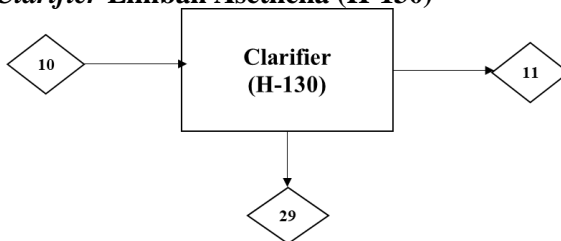
$$T_{31} = 28^{\circ}\text{C}$$

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

Tabel IV. 17 Neraca Energi Tangki *Mixer* Limbah Asetilena (M-120)

No	Energi Aliran Masuk Energi (kJ)		Energi Aliran Keluar Energi (kJ)	
	1	Entalpi Masuk	9664938,9567	Entalpi Keluar
2	ΔH_r	1353,8717		
TOTAL		9666292,828	TOTAL	9666292,828
$\Delta H_{\text{in}} - \Delta H_{\text{out}}$				0,000

IV.2.6 Clarifier Limbah Asetilena (H-130)



$$T_{10} = 28^{\circ}\text{C}$$

$$T_{11} = 28^{\circ}\text{C}$$

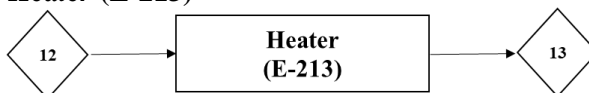
$$T_{29} = 28^{\circ}\text{C}$$

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

Tabel IV. 18 Neraca Energi *Clarifier* Limbah Asetilena

No	Energi Aliran Masuk Energi (kJ)		Energi Aliran Keluar Energi (kJ)	
	1	Entalpi Masuk	9666293,311	Entalpi Keluar
TOTAL		9666293,311	TOTAL	9666293,311

IV.2.7 Heater (E-213)



$$T_{12} = 28^{\circ}\text{C}$$

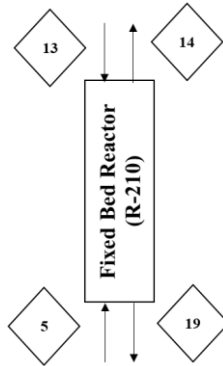
$$T_{13} = 58,35^{\circ}\text{C}$$

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

Tabel IV. 19 Neraca Energi *Heater* (E-213)

No	Energi Aliran Masuk Energi (kJ)		Energi Aliran Keluar Energi (kJ)	
	1	ΔH in	2912348,2277	ΔH out
2	Q	29696179,9443		
TOTAL		32608528,1720	TOTAL	32608528,1720

IV.2.8 Neraca Energi *Fixed Bed Reactor* (R-210)



$$T_5 = 58,35^{\circ}\text{C}$$

$$T_{13} = 58,35^{\circ}\text{C}$$

$$T_{14} = 58,35^{\circ}\text{C}$$

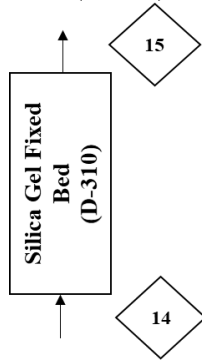
$$T_{19} = 58,35^{\circ}\text{C}$$

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

Tabel IV. 20 Neraca Energi *Fixed Bed Reactor* (R-210)

No	Energi Aliran Masuk Energi (kJ)		Energi Aliran Keluar Energi (kJ)	
	1	ΔH in	107387676,099	ΔH out
2	ΔH_r	1593,915	Q serap pendingin	1593,915
TOTAL		107389270,014	TOTAL	107389270,014
		ΔH in - ΔH out		0,000

IV.2.9 Silica Gel Fixed Bed (D-310)



$$T_{14} = 58,35^{\circ}\text{C}$$

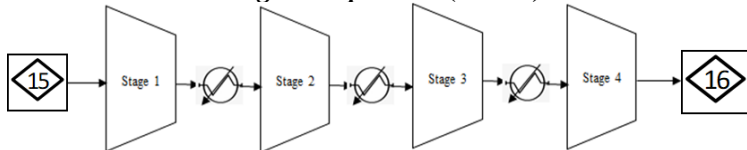
$$T_{15} = 58,35^{\circ}\text{C}$$

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

Tabel IV. 21 Neraca Energi Silica Gel Fixed Bed (D-310)

No	Energi Aliran Masuk Energi (kJ)		Energi Aliran Keluar Energi (kJ)	
	1	ΔH in	38173,0862	ΔH out
TOTAL		38173,0862	TOTAL	38182,4796

IV.2.10 CBG Multistage Compressor (G-321)



$$T_{15} = 58,35^{\circ}\text{C}$$

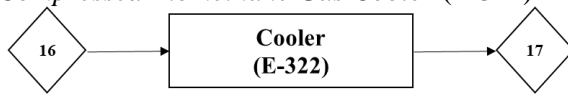
$$T_{16} = 60,68^{\circ}\text{C}$$

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

Tabel IV. 22 Neraca Energi CBG *Multistage Compressor* (G-321)

No	Energi Aliran Masuk Energi (kJ)		Energi Aliran Keluar Energi (kJ)	
	1	ΔH in	33828,7791	ΔH out
	W_s	8122,1160	Q_c	5688,2560
TOTAL		41950,8952	TOTAL	41950,8952

IV.2.11 *Compressed Biomethane Gas Cooler* (E-322)



$$T_{16} = 60,68^{\circ}\text{C}$$

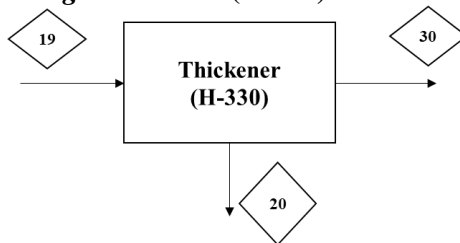
$$T_{17} = 28^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ref}} = 28^{\circ}\text{C}$$

Tabel IV. 23 Neraca Energi *Compressed Biomethane Gas Cooler*

No	Energi Aliran Masuk Energi (kJ)		Energi Aliran Keluar Energi (kJ)	
	1	ΔH in gas	36292,2151	ΔH out gas
2			Q	33330,4563
TOTAL		36292,2151	TOTAL	36292,2151

IV.2.12 *PCC Sludge Thickener* (H-330)



$$T_{19} = 58,35^{\circ}\text{C}$$

$$T_{20} = 28^{\circ}\text{C}$$

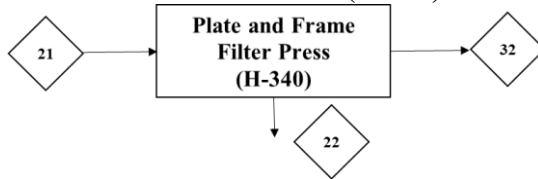
$$T_{30} = 28^{\circ}\text{C}$$

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

Tabel IV. 24 Neraca Energi *PCC Sludge Thickener* (H-330)

No	Energi Aliran Masuk Energi (kJ)		Energi Aliran Keluar Energi (kJ)	
	1	ΔH in	107297678,5700	ΔH out
TOTAL		107297678,5700	TOTAL	9634658,0236

IV.2.13 Plate and Frame Filter Press (H-340)



$T_{21} = 28^{\circ}\text{C}$

$T_{22} = 28^{\circ}\text{C}$

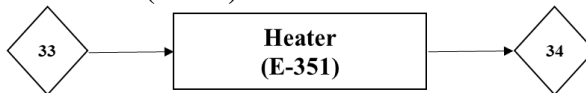
$T_{32} = 28^{\circ}\text{C}$

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

Tabel IV. 25 Neraca Energi *Plate and Frame Filter Press*

No	Energi Aliran Masuk Energi (kJ)		Energi Aliran Keluar Energi (kJ)	
	1	ΔH in	100382,4642	ΔH out
TOTAL		100382,4642	TOTAL	100382,4642

IV.2.14 Air Heater (E-351)



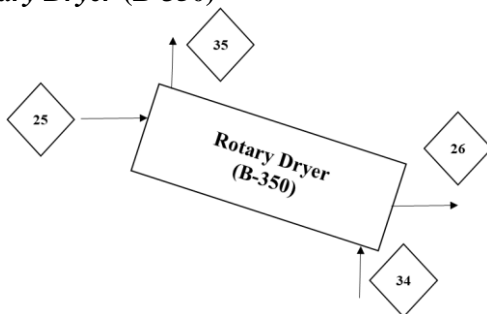
$T_{33} = 28^{\circ}\text{C}$

$T_{34} = 120^{\circ}\text{C}, T_{\text{ref}} = 25^{\circ}\text{C}$

Tabel IV. 26 Neraca Energi *Air Heater* (E-351)

No	Energi Aliran Masuk Energi (kJ)		Energi Aliran Keluar Energi (kJ)	
	1	ΔH in	37033,7974	ΔH out
2	Q	1145471,8484		
TOTAL		1182505,6458	TOTAL	1182505,6458

IV.2.15 Rotary Dryer (B-350)

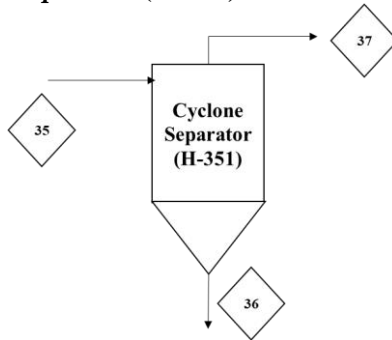


$T_{25} = 28^{\circ}\text{C}$
 $T_{26} = 58^{\circ}\text{C}$
 $T_{34} = 120^{\circ}\text{C}$
 $T_{35} = 45^{\circ}\text{C}$
 $T_{\text{ref}} = 25^{\circ}\text{C}$

Tabel IV. 27 Neraca Energi *Rotary Dryer* (B-350)

No	Energi Aliran Masuk Energi (kJ)		Energi Aliran Keluar Energi (kJ)	
	1	Aliran <25>	23282,49	Aliran <26>
2	Aliran <34>	1190661,51	Aliran <35>	1000089,5
TOTAL		1213944,003 5	TOTAL	1213944,00 3

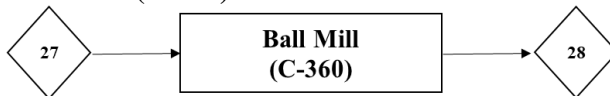
IV.2.16 Cyclone Separator (H-351)



Tabel IV. 28 Neraca Energi *Cyclone Separator (H-351)*

No	Energi Aliran Masuk Energi (kJ)		Energi Aliran Keluar Energi (kJ)	
	1	ΔH in	1002244,1976	ΔH out
TOTAL		1002244,1976	TOTAL	1002244,1976

IV.2.17 Ball Mill (C-360)



$$T_{29} = 58^{\circ}\text{C}$$

$$T_{30} = 58^{\circ}\text{C}$$

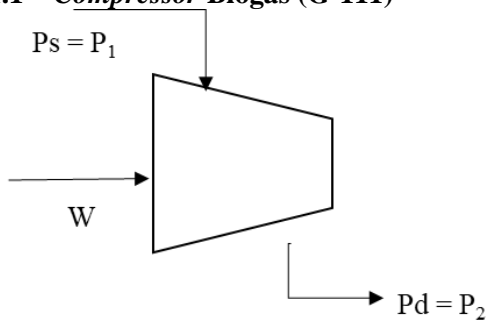
$$T_{\text{ref}} = 25^{\circ}\text{C}$$

Tabel IV. 29 Neraca Energi *Ball Mill (C-360)*

No	Energi Aliran Masuk Energi (kJ)		Energi Aliran Keluar Energi (kJ)	
	1	ΔH in	47019,1876	ΔH out
TOTAL		47019,1876	TOTAL	47019,1876

BAB V SPESIFIKASI ALAT

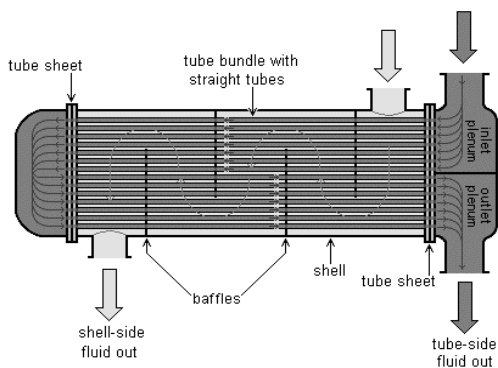
V.1.1 *Compressor* Biogas (G-111)



Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	:Biogas Compressor
Kode Alat	:G-111
Type	: <i>Centrifugal compressor</i>
Fungsi	:Menaikkan tekanan sebelum disimpan
Jumlah compressor	:1 buah Compressor
Kondisi operasi	: $P_{suction} = 1 \text{ atm}$ $P_{discharge} = 2 \text{ atm}$
Jumlah stage	:1
Bahan	: <i>Cast Iron</i>
Kapasitas mechanical	:1197,9
Efisiensi	:70%
Power	:55,5 kW

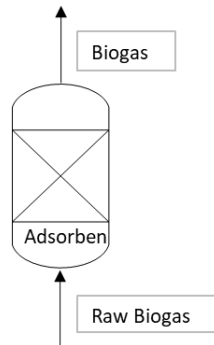
V.1.2 Cooler Biogas (E-112)



Spesifikasi	Keterangan			
Fungsi	Menurunkan suhu biogas			
Tipe	2-4 Shell and Tube Heat Exchanger (STHE)			
Bahan	Carbon Steel SA-129 A			
Suhu Masuk	MCR	=	30	°C
	GAS	=	94	°C
Suhu Keluar	MCR	=	60	°C
	GAS	=	45	°C
Shell Side (Sales)	ID	=	17,25	in
	Baffle Space	=	13,8	in
	Passes	=	2	
	ΔP	=	0,0001	psi
Tube Side (MCR)	OD	=	1,5	in
	Jumlah Tube	=	44	
	BWG	=	18	
	Pitch	=	1,875	in
	a"	=	0,3925	ft ² /ft

	a'	=	1,54	in ²
	Passes	=	2	
	ΔP	=	1,5093	psi
Rd	0,0746905		hr.ft ² .°F/Btu	
Luas Area	396,6287972		ft ²	
Jumlah Alat	(satu buah)		Unit	

V.1.3 Kolom Adsorber *Fixed Bed Soil Laterite (D-110)*



Kesimpulan

Spesifikasi Alat

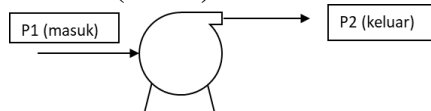
Spesifikasi : Soil Laterite Fixed Bed (D-110)
 Material : SA 167 type 304 grade 3
 Jumlah : 2 unit

Fungsi : Menghilangkan kandungan H₂S yang terkandung pada aliran biogas dengan menggunakan laterite soil.

Tipe : Silinder packing dengan tutup atas dan bawah berbentuk dish head.

Jenis Sambungan	:	Double welded butt		
OD	:	132,0000 in	=	3,3528 m
ID	:	126,2420 in	=	3,2065 m
H bed	:	605,9597 in	=	15,3914 m
Tinggi shell	:	757,4519 in	=	19,2393 m
Tebal Shell	:	0,375 in	=	0,0095 m
Tebal tutup atas	:	0,375 in	=	0,0095 m
Straight flange (sf)	:	3 in	=	0,0762 m
Tinggi tutup atas	:	26,0437 in	=	0,6615 m
Tebal tutup bawah	:	0,38 in	=	0,0095 m
Tinggi tutup bawah	:	26,0437 in	=	0,6615 m
Tinggi tangki total	:	809,5394 in	=	20,5623 m

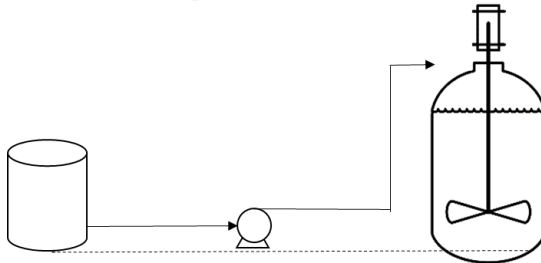
V.1.4 Biogas *Blower* (G-211)



Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	:	Blower
Kode Alat	:	G-211
Type	:	<i>Centrifugal blower</i>
Fungsi	:	Mengalirkan biogas ke reaktor
Jumlah stage	:	1 buah blower
Kondisi operasi	:	Psuction = 1,8 bar Pdischarge = 2,07 bar
Bahan	:	<i>Cast Iron</i>
Kapasitas	:	1.197,94
Power	:	100,00

V.1.5 Mixer Tank Pump (L-122)



Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	: Mixer TankPump
Kode Alat	: L-122
Fungsi Alat	:Memompa air menuju mixer tank
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan	: <i>Cast iron</i>
Kapasitas	: 5096,8
Pipa	: Pipa 2 in sch 40
Power	: 0,646
Head	: 10 m
Jumlah	: 2 unit

V.1.6 Storage Limbah Asetilena (F-121)

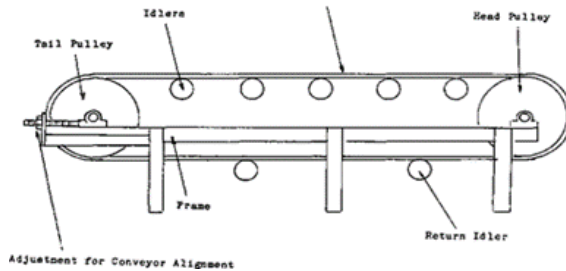


Kesimpulan Spesifikasi Alat

Tipe	: Bangunan balok
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 551,4295988 m ³
Dimensi	: P :5,6857742 m

	L	: 2,8428871 m
	T	: 4,2643306 m
Bahan konstruksi	:	Semen dan batubara

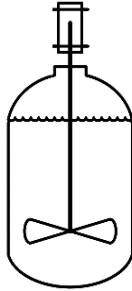
V.1.7 Mixer Tank Belt Conveyor (J-123)



Kesimpulan Spesifikasi Alat

Lebar belt	=	14	in	=	36	cm
Tinggi skrit plate	=	7	in	=	18	cm
Kecepatan normal conveying	=	200	ft/menit	=	3,33	ft/s
Kemiringan	=	25	°			
Kapasitas Maksimum	=	32	ton/jam			
Power	=	0,24	Hp			
Unit	=	2	unit			

V.1.8 Mixer Tank Limbah Asetilena (M-120)

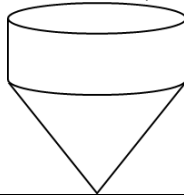


Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama alat	: <i>Mixer Tank</i>	
Kode Alat	: M-120	
Fungsi Alat	: Melarutkan limbah asetilen	
Tipe	: Tangki berpengaduk berbentuk silinder, tutup atas standard dish head dan tutup bawah conical	
Kapasitas	: 13645,69 ft ³ = 386 m ³	
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel 316</i>	
Jumlah tangki	: 2	Unit
Spek. Tangki	- Diameter (OD)	= 23,92 ft = 7,29 m
	- Diameter (ID)	= 23,88 ft = 7,28 m
Tinggi	: - Shell	= 35,87 ft = 10,93 m
	- tutup atas	= 4,04 ft = 1,23 m
	- tutup bawah	= 6,91 ft = 2,11 m
Tebal	: - Shell	= 3/16 in
	- tutup atas	= 1/4 in
	- tutup bawah	= 3/16 in
Spek Nozzle Aliran Utama		
	-Diameter (OD)	= 12 in
	- Jenis Pipa	= pipa 12 in sch 40
Spek Nozzle Aliran Air		
	-Diameter (OD)	= 12 in
	-Jenis Pipa	= Pipa 12 in sch 40
Spek. Pengaduk		

- Jenis	: <i>Paddle Agitator</i>	
- Jumlah	: 2 unit	= 1,82 m
- Diameter	: 5,98 ft	= 0,36 m
- Lebar <i>blade</i> (W)	: 1,20 ft	= 0,46 m
- Panjang <i>blade</i> (L)	: 1,49 ft	= 0,61 m
- Power	: 1,99 ft	

V.1.9 Clarifier Limbah Asetilena(H-130)

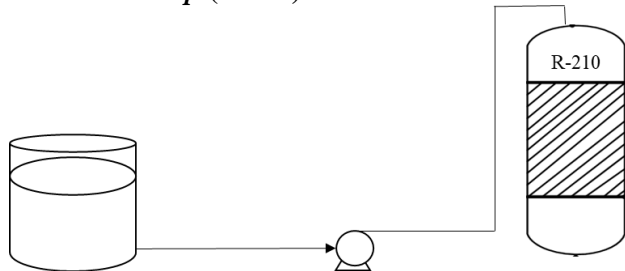


Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	: Clarifier	
Kode Alat	: H-130	
Fungsi Alat	:	
Tipe	: <i>Circular</i>	
Bahan		
Konstruksi	: <i>Carbon steel SA 302</i>	
Jumlah	: 1 unit	
Dimensi	: Tinggi	: 4,4
	: Diameter	: 20,0
	: Kapasitas	: 770.434
Kondisi operasi	: Suhu	: 28
	: Tekanan	: 0,987
Waktu tinggal	: 3,2 jam	

Daya thickener	: 3,43 kW
-------------------	-----------

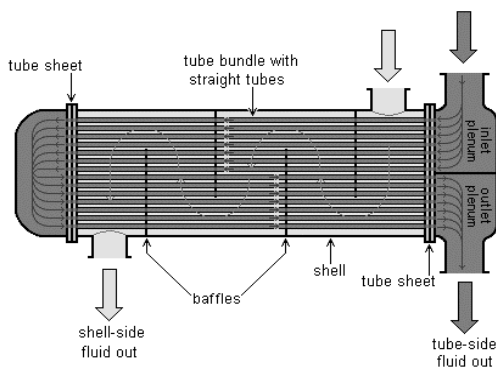
V.1.10 Reactor Pump (L-212)



Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	: Reactor Pump
Kode Alat	: L-212
Fungsi Alat	: Memompa larutan Ca(OH)_2 dengan air dari clarifier ke reaktor
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan	: <i>Cast iron</i>
Kapasitas	: 767844 kg/jam
Pipa	: Pipa 16 in sch 40
Power	: 39,03 hp
Head	: 8,57 m
Jumlah	: 1 unit

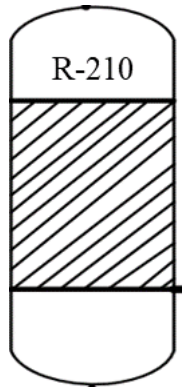
V.1.11 Heater (E-213)



Spesifikasi	Keterangan			
Fungsi	Menaikkan suhu larutan Ca(OH) ₂ sebelum masuk ke reaktor.			
Tipe	2-4 Shell and Tube Heat Exchanger			
Bahan	Carbon Steel SA-129 A			
Suhu Masuk	Sales Gas	=	150	°C
	MCR	=	28	°C
Suhu Keluar	Sales Gas	=	150	°C
	MCR	=	56,54593	°C
Shell Side (Sales)	Diameter Dalam	=	12	in
	Baffle Space	=	9,6	in
	Passes	=	1	
	ΔP	=	2,3999	psi
Tube Side (MCR)	Diameter Luar	=	1,5	in
	Jumlah Tube	=	19	
	BWG	=	18	

	Pitch	=	1,875	in
	a"	=	0,3925	ft ² /ft
	a'	=	1,54	in ²
	Passes	=	1	
	ΔP	=	14762,38	psi
Rd	0,1579680		hr.ft ² .°F/Btu	
Luas Area	71,71258971		ft ²	
Jumlah Alat	2		Unit	

V.1.12 Fixed Bed Reactor (R-210)

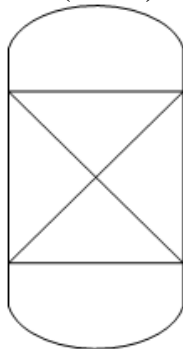


Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat : *Packed Bed Reactor*
 Kode Alat : R-210
 Fungsi : Mereaksikan CO₂ dengan Ca(OH)₂
 Jumlah : 1 Alat
 Kondisi
 Operasi : T = 58 °C ,P = 2,1 bar

Diameter			
Reaktor	:	8,086615	m
Tinggi			
Reaktor	:	5,430645	m
Pressure Drop	:	0,066504	bar
Diameter			
Packing	:	0,038	m
Jenis Packing	:	<i>Raschig Ring Ceramic</i>	
Tinggi			
Packing	:	4,211445	m
Waktu tinggal	:	29,2	menit

V.1.13 *Silica Gel Fixed Bed (D-310)*

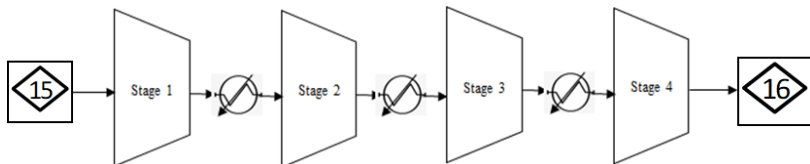


Kesimpulan Spesifikasi Alat

Spesifikasi	: <i>Fixed Bed Column Adsorber (D-310)</i>		
Material	: SA 167 type 304 grade 3		
Jumlah	: 2 unit		
Fungsi	: Menghilangkan kandungan H ₂ O yang terkandung pada aliran biogas		
Tipe	: Silinder packing dengan tutup atas dan bawah berbentuk torispherical dish head		
Jenis Sambungan	: <i>Double welded butt joint</i>		
OD	: 60,00 in	=	1,524 m
ID	: 59,06 in	=	1,5 m

H bed	: 188,98 in	= 5 m
Tinggi shell	: 236,22 in	= 6 m
Tebal Shell	: 0,25 in	= 0,006 m
Tebal tutup atas	: 0,25 in	= 0,006 m
Straight flange (sf)	: 2,0 in	= 0,051 m
Tinggi tutup atas	: 9,93 in	= 0,252 m
Tebal tutup bawah	: 0,25 in	= 0,006 m
Tinggi tutup bawah	: 9,93 in	= 0,252 m
Tinggi tangki total	: 260,58 in	= 6,62 m
Tebal grid support	: 0,19 in	= 0,005 m
Ukuran nozzle		
masuk	: 4 in sch 80	
Ukuran nozzle		
keluar	: 4 in sch 80	

V.1.14 CBG *Multistage Compressor (G-321)*



Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	: <i>Multistage Compressor</i>
Kode Alat	: G-321
Type	: <i>Centrifugal Compressor</i>
Fungsi	: Menaikkan tekanan biogas dari knock out drum untuk
Jumlah Stage	: 4 stage
Kondisi Operasi	: $P_{suction} = 1,97 \text{ atm} = 20\text{bar}$ $P_{discharge} = 197 \text{ atm} = 200 \text{ bar}$
Ratio	: 3,16228
Bahan	: Cast Iron

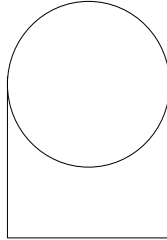
Kapasitas	: 489,79 kg/jam	
Mechanical		
Efisiensi	: 95%	
Power	: 68,9798 kW	= 92 hp

V.1.15 CBG Cooler (E-322)



Kesimpulan Spesifikasi Alat			
Nama Alat	: Cooler		
Kode Alat	: E-322		
Fungsi	: Menurunkan suhu biogas		
Tipe	: Double Pipe Heat Exchanger		
Kapasitas	: Massa Fluida Panas	458,668 kg/jam	
	: Massa Fluida Dingin	259,353 kg/jam	
	: Jumlah	1 alat	
Ukuran	: <i>Annulus</i>	: ID	= 2,067 in
		: Flow area	= 0,008 ft ²
	: <i>Inner Pipe</i>	: OD	= 1,66 in
		: Flow area	= 0,01 ft ²
Panjang	: 160 ft		
Hairpin	: 5 ft hairpin in series		
Bahan	: Carbon Steel		
ΔP	: Annulus	= 3,952403 psi	
	: Pipe	= 0,037333 psi	
Dirt Factor	: 0,00385		

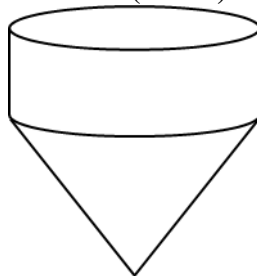
V.1.16 Tangki Penyimpanan *Compressed Biomethane Gas* (F-320)



Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	: Biogas <i>Storage Tank</i>
Kode Alat	: F-320
Fungsi Alat	: Menyimpan biogas yang dihasilkan
Tipe	: <i>Spherical Storage</i>
Kapasitas	: $6634,00 \text{ ft}^3 = 187,8537 \text{ m}^3$
Bahan Konstuksi	: <i>High Alloy Steel SA 240 Grade B</i>
Jumlah Tangki	: 20 unit
Spek Tangki	: Diameter Tangki (OD) = 7,22548 m Tebal = 0,3334 m

V.1.17 PCC *Sludge Thickener* (H-330)

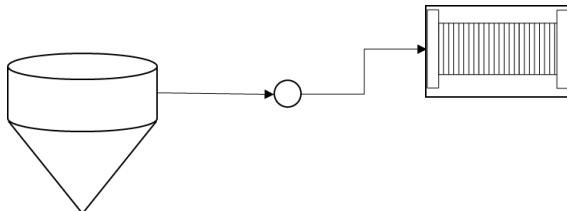


Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	: Thickener
Kode Alat	: H-330

Fungsi Alat	: Mengendapkan dan memekatkan PCC pada larutan	
Tipe	: <i>Circular</i>	
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel SA 302</i>	
Jumlah	: Thickener	
Dimensi	: 1 unit	
	: Tinggi	= 4,4 m
	: Diameter	= 20,0 m
Kondisi operasi	: Kapasitas	= 768.537 m ³ /jam
	: Suhu	= 28 °C
	: Tekanan	= 0,987 atm
Waktu tinggal	: 3,2 jam	
Daya thickener	: 3,43 kW	

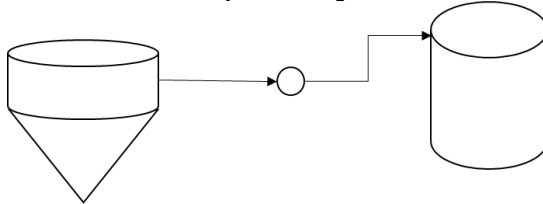
V.1.18 PCC Plate and Frame Filter Press Sludge Pump (L-331)



Kesimpulan Spesifikasi Alat	
Nama Alat	: Pompa Plate and Filter
Kode Alat	: L-331
Fungsi Alat	: Mengalirkan Sludge dari Thickener ke Plate and Frame Filter Press
Tipe	: <i>Positive Displacement Pump</i>
Bahan	: <i>Cast iron</i>
Kapasitas	: 9323,3 kg/jam
Pipa	: Pipa 1 1/2 in sch 40
Power	: 1,08 hp
Head	: 9,9 m

Jumlah : 1 unit

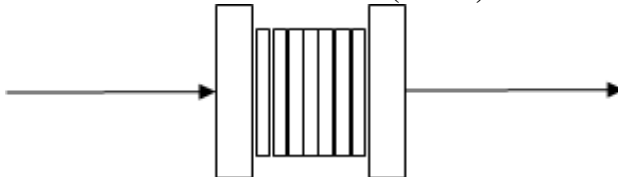
V.1.19 PCC Thickener Recycle Pump (L-332)



Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat : *Thickener Recycle Pump*
Kode Alat : L-332
Fungsi Alat : Memompa air recycle dari thickener menuju Ca(OH)₂ Mixer Tank
Tipe : *Centrifugal pump*
Bahan : *Cast iron*
Kapasitas : 759214,1 kg / jam
Pipa : Pipa 16 in sch 40
Power : 31,65 hp
Power total : 25,00 hp
Head : 8,53 m
Jumlah : 2 unit

V.1.20 Plate and Frame Filter Press (H-340)

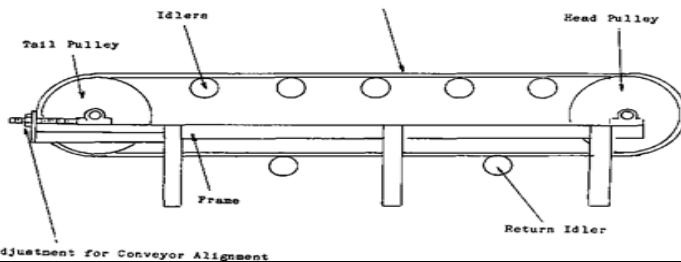


Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat : Plate and Frame Filter Press
Kode Alat : H-340

Fungsi	: Memisahkan cake PCC dengan filtrat
Tipe	: <i>Horizontal plate & frame</i>
Bahan Plate	: <i>Cast iron</i>
Dimensi	: Luas filter : 0.096 m ² Jumlah frame: 29 buah Jumlah plate : 28 buah
Jumlah cake / siklus	: 8.262 kg
Waktu tinggal	: 5 jam
Jumlah	: 1 unit

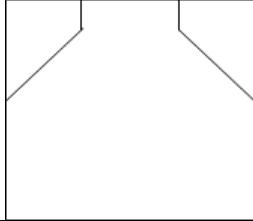
V.1.21 PCC Sludge Belt Conveyor (J-341)



Kesimpulan Spesifikasi Alat

Lebar belt	: 14 in = 36 cm
Luas pengangkutan	: 0,01 ft ²
Kecepatan normal conveying	: 1,52 m/s
Kemiringan	: 22.5°
Kapasitas Maksimum	: 32 ton / jam
Power	: 1 kW

V.1.22 PCC Cake Storage Tank (F-342)



Kesimpulan Spesifikasi Alat

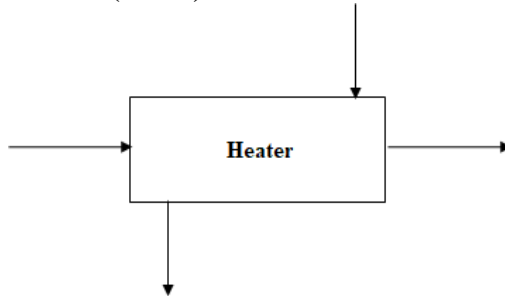
Nama Alat	: Cake storage tank
Kode Alat	: F-350
Fungsi Alat	: Tempat Penyimpanan PCC sementara
Tipe	: Storage dome, tutup atas conical dan bawah flat bottomed pada pondasi
Kapasitas	: $180,4\text{ft}^3 = 5,11\text{m}^3$
Bahan Konstruksi	: Carbon steel SA-283 grade C
Jumlah Tangki	: 1 unit
Spek Tangki	: Diameter tangki (OD) = 5ft = 1,52 m Diameter (ID) = 5ft = 1,51 m Tinggi: shell = 7,5 ft = 2,3 m tutup atas = 0,067ft = 0,2 m Tebal: shell = 3/16 in Tutup atas = 3/8 in

V.1.23 Rotary Dryer Screw Conveyor (J-343)



Kesimpulan Spesifikasi Alat

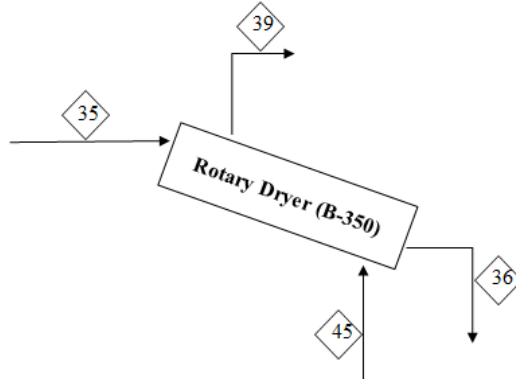
Nama Alat	: <i>Screw Conveyor</i>
Kode Alat	: J-343
Fungsi Alat	: Memindahkan PCC ke Rotary Dryer
Material Classification	: <i>III E</i>
Tipe Bearing Digunakan	: <i>Sealmaster Bearing</i>
Rotasi Screw	: 5,385 Rpm
Power Dibutuhkan	: 0,064 hp
Jumlah	: 1 unit

V.1.24 Air Heater (E-351)**Kesimpulan Spesifikasi Alat**

Nama Alat	: Air Heater
Kode Alat	: E-371
Fungsi Alat	: Menaikkan suhu udara pengering rotary dryer
Tipe	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan	
Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 302</i>
Tube	: ID = 3,07 in OD = 3,50 in Panjang = 288,00 in $\Delta PT = 2,5E-07$ psi
Shell	: de = 1,14in Hairpin = 12,00 buah

	ΔP_s	= 0,000psi
Rd		= 0,0010
Luas Area		= 264,10 ft ²
Jumlah		= 1 unit

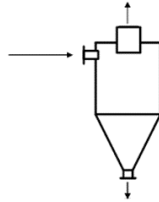
V.1.25 Rotary Dryer (B-350)



Kesimpulan spesifikasi alat

Nama Alat	: Rotary Dryer
Kode Alat	: B-350
Fungsi Alat	: Mengeringkan PCC setelah dari Plate and Frame
Tipe	: Direct Continuous Rotary Dryer
Bahan	: Carbon Steel
Kapasitas	: 4554 lb/jam
Panjang	: 13,41 m
Diameter	: 1,22 m
Putaran	: 5,6 rpm
Kemiringan	: 2,29 derajat
Waktu Tinggal	: 30,288 jam

V.1.26 Cyclone Separator (H-351)



Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat : *Cyclone*

Kode Alat : H-352

Fungsi : Memisahkan padatan CaCO_3 yang masih terkandung aliran udara pengering keluar dari rotary dryer

Jumlah Alat : 1 unit

Kondisi

Operasi : P = 1,01 atm

T = 45°C

Bc : 0,069m

Dc : 0,276m

De : 0,138m

Hc : 0,138m

Lc : 0,551m

Zc : 0,551m

Jc : 0,069m

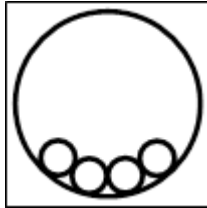
Sc : 0,034m

V.1.27 Ball Mill Screw Conveyor (J-352)



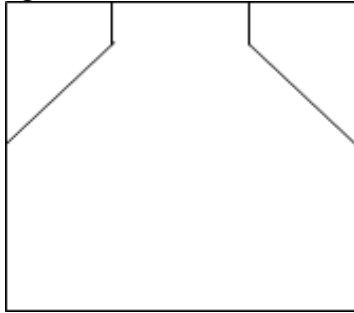
Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat : *Screw Conveyor*
Kode Alat : J-352
Fungsi Alat : Memindahkan PCC dari rotary Dryer
Material : III E
Classification : III E
Tipe Bearing : *Sealmaster Bearing*
Power : 1 hp
Jumlah : 1 unit

V.1.28 Ball Mill (C-360)**Kesimpulan Spesifikasi Alat**

Nama Alat : Ball Mill
Kode Alat : C - 360
Fungsi : Mengecilkan ukuran partikel
Tipe Bahan : *Horizontal Ball Mill*
Bahan : *Carbon Stell SA 302*
Power : 47,2 kW
Dimensi : Diameter Tube : 2,3 m
Panjang Tube : 4,59 m
Pengelasan : *Double Welded*
Kecepatan : 34, 1061 rpm
Jumlah : 1 unit

V.1.29 PCC Storage Tank (F-361)



Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	: Cake storage tank
Kode Alat	: F-361
Fungsi Alat	: Tempat penyimpanan PCC
Tipe	: Storage berbentuk dome dengan tutup atas berbentuk conical dan tutup bawah berbentuk flat-bottomed pada pondasi
Kapasitas	: $108,1 \text{ ft}^3 = 3,06 \text{ m}^3$
Bahan	: Carbon steel SA-283 grade C
Konstruksi	
Jumlah Tangki	: 1 unit
Spek. Tangki	: - Diameter tangki (OD) = 4,3 ft = 1,32 m - Diameter dalam (ID) = 4,3 ft = 1,32 m - Tinggi: shell = 6,5 ft = 2 m Tutup atas = 0,58 ft = 0,18m - Tebal: shell = 3/16 in Tutup atas = 3/18 in

BAB VI

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan salah satu parameter apakah suatu pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Untuk menentukan kelayakan suatu pabrik secara ekonomi, diperlukan perhitungan bahan baku yang dibutuhkan dan produk yang dihasilkan berdasarkan neraca massa yang telah tercantum di Bab 4. Harga peralatan untuk proses berdasarkan spesifikasi peralatan yang dibutuhkan seperti yang tercantum dalam appendiks C dihitung berdasarkan pada neraca massa dan energi. Selain yang telah disebutkan di atas, juga diperlukan analisa biaya yang diperlukan untuk beroperasi dan utilitas, jumlah dan gaji karyawan serta pengadaan lahan untuk pabrik. Faktor-faktor yang perlu ditinjau antara lain :

- Laju Pengembalian Modal (*Rate of Return*)
- Lama Pengembalian Modal (*Pay Out Period*)
- Titik Impas (*Break Even Point / BEP*)

Dalam meninjau faktor di atas perlu dilakukan penaksiran beberapa aspek, yaitu :

- a. Penaksiran Modal Industri (*Total Capital Investment / TCI*)
 - Modal Tetap (*Fixed Capital Investment / FCI*)
 - Modal Kerja (*Working Capital Investment / WCI*)
- b. Penentuan Biaya Produksi Total (*Total Production Cost / TPC*)
 - Biaya Fabrikasi (*Manufacturing Cost / MC*)
 - Biaya *Plant Overhead* (*Plant Overhead Cost / POC*)
 - Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses / GE*)
- c. Total Pendapatan

VI.1 Struktur Organisasi

VI.1.1 Umum

Bentuk Perusahaan	: PT (Perseroan Terbatas)
Status Perusahaan	: PMDN (Swasta)
Lapangan Usaha	: Pabrik Biogas dan PCC
Lokasi	: Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur
Kapasitas Produksi	: 3632 ton biogas per tahun & 13.131 ton PCC per tahun

Pada awal berdiri, suatu perusahaan maupun bentuk organisasi lainnya pasti memiliki tujuan organisasi. Proses pengorganisasian (*organization process*) merupakan suatu upaya pembagian langkah-langkah (aktivitas) dalam membentuk pekerjaan yang harus dilakukan demi tercapainya tujuan organisasi. Pembagian secara cepat dan tepat yang diterapkan kepada seluruh karyawan perusahaan akan menghasilkan suatu mekanisme sebagai pengkoordinasi setiap aktivitas-aktivitas perusahaan yang telah ditetapkan sebelumnya. Salah satu hasil dari proses ini adalah struktur organisasi. Secara fisik, struktur organisasi suatu perusahaan dapat dinyatakan dalam bentuk gambaran grafik atau bagan yang memperlihatkan hubungan unit-unit organisasi dan garis-garis wewenang yang ada.

VI.1.2 Bentuk Perusahaan

Pabrik Purifikasi Biogas ini adalah anak perusahaan dari PT.Enero yang direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan suatu persekutuan yang menjalankan perusahaan dengan modal usaha yang terbagi beberapa saham, dimana tiap sekutu (disebut juga persero) turut mengambil bagian sebanyak satu atau lebih saham. Dasar-dasar kepemilikan bentuk perusahaan ini sebagai berikut :

1. Terbatasnya tanggung jawab Perseroan Terbatas sebagai badan hukum dan tanggung jawab pemegang saham. Tiap pemegang saham mungkin hanya menderita kerugian sebesar jumlah uang yang ditanamnya.

2. Pemilik dan pengusaha adalah terpisah satu sama lain. Pemilik Perseroan Terbatas adalah para pemegang saham, sedangkan pengurus adalah jajaran Direksi. Pelaksanaan suatu Perseroan Terbatas diberikan kepada orang-orang yang sanggup untuk melaksanakan tugas itu. Dengan demikian, kemampuan perusahaan untuk mendapatkan keuntungan semakin besar. Tanggung jawab pemegang saham terbatas oleh pemimpin perusahaan.
3. Mudah mendapatkan modal, yaitu dengan memperoleh modal dari bank dan penjualan saham-saham, dengan membagi modal atas jumlah saham-saham. Perseroan Terbatas dapat menarik modal dari banyak uang.
4. Kehidupan Perseroan Terbatas lebih terjamin. Ini berarti suatu Perseroan terbatas mempunyai potensi hidup yang lebih permanen dari bentuk perusahaan lainnya. Meninggalkan seorang pemilik saham, seorang direksi, seorang anggota komisaris, atau pegawai/karyawan tidak begitu mempengaruhi jalannya suatu perusahaan.
5. Adanya efisiensi jalannya suatu perusahaan. Tiap bagian dalam Perseroan Terbatas dipegang oleh orang ahli di bidangnya dan mempunyai tugas jelas sehingga ada dorongan untuk mengerjakan dengan sebaik-baiknya.
6. Kekayaan perusahaan terpisah dari kekayaan pemegang saham.

VI.1.3 Struktur Organisasi

Gerak majunya sistem perindustrian menuntut adanya keterpaduan antara sistem organisasi kerja dengan sistem manajemen. Hal ini berkaitan dengan kebijaksanaan/pengaturan dalam mencapai hasil yang baik dan efektif. Hal ini perlu didukung oleh adanya organisasi yang mantap.

Struktur organisasi merupakan tatanan kerangka kerja dalam menjalankan semua aktifitas perusahaan. Struktur menjadi pedoman bagi pimpinan dalam mengatur posisi karyawan sesuai dengan kemampuan, pengalaman, dan kecakapannya. Struktur organisasi perusahaan, menunjukkan bagaimana perusahaan

dikelola, yaitu bagaimana pendelegasian kekuasaan dan tingkat pengawasannya.

Sistem organisasi perusahaan adalah sistem garis dan staf. Dalam hal ini, pimpinan pabrik atau pimpinan perusahaan dipegang oleh direktur utama yang bertanggung jawab langsung pada dewan komisaris. Anggota-anggota dewan komisaris ini merupakan wakil-wakil dari para pemegang saham. Alasan pemilihan dan penggunaan sistem tersebut adalah sebagai berikut :

1. Bentuk organisasi mudah dipahami dan dilaksanakan karena sederhana
2. Sering digunakan dalam perusahaan yang berproduksi secara massal
3. Biasanya digunakan oleh organisasi yang cukup besar dengan produksi kontinyu
4. Terdapat kesatuan dalam pelaksanaan dan perintah, sehingga mempermudah pemeliharaan disiplin dan tanggung jawab kerja lebih baik
5. Pengambilan keputusan dapat dilaksanakan secara cepat karena komunikasi menjadi lebih mudah
6. Masing-masing kepala bagian atau kepala manager secara langsung bertanggung jawab atas suatu aktivitas yang diperlukan untuk mencapai tujuan perusahaan
7. Pimpinan tertinggi pabrik atau perusahaan dipegang oleh seorang direktur utama yang bertanggung jawab kepada dewan komisaris. Anggota dewan komisaris merupakan wakil-wakil daripada pemegang saham

VI.1.4 Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab

1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah pemilik perusahaan yang mempunyai kekuasaan dalam perusahaan, sesuai jumlah yang dimiliki dan tergantung besarnya penyertaan modal saham yang dimilikinya. Sedangkan kekayaan pribadi dari pemegang saham tidak dipertanggung-jawabkan sebagai jaminan atas hutang-piutang perusahaan. Pemegang saham harus menanamkan saham-sahamnya paling sedikit satu tahun dan dapat diperpanjang.

Kekuasaan yang tertinggi terletak pada pemegang saham, dan merekalah yang memilih dewan komisaris melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) serta menentukan gaji direktur tersebut.

Tugas dan wewenang pemegang saham adalah :

- Memilih, mengangkat, dan memberhentikan Dewan Komisaris yang dilaksanakan dalam rapat tahunan
 - Menetapkan gaji direktur
 - Meminta pertanggung-jawaban kepada Dewan Komisaris
 - Mengadakan Rapat Umum sedikitnya satu kali dalam setahun
2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris adalah wakil dari pemegang saham. Semua keputusan ditentukan oleh rapat persero. Komisaris diangkat sesuai ketentuan perjanjian dan diberhentikan setiap waktu RUPS, jika ia bertindak bertentangan dengan kepentingan perseroan. Ketua Dewan Komisaris adalah pemegang saham yang mempunyai modal mayoritas dan dipilih dari RUPS. Tugas dan wewenang Dewan Komisaris adalah :

- Memilih dan memutuskan siapa yang menjabat sebagai direktur utama dan menetapkan kebijakan perusahaan (*Organizing*)
- Mengawasi kinerja direktur agar tidak merugikan perusahaan (*Controlling*)
- Mengawasi kinerja hasil yang diperoleh perusahaan (*Analizing*)
- Menyetujui ataupun menolak rancangan kerja yang diajukan direktur (*Planning*)
- Memberikan nasehat pada direktur utama bila ingin mengadakan perubahan dalam perusahaan (*Staffing*)
- Mengadakan rapat berkala atau pertemuan (*Doing*)
- Menentukan besarnya *devident* (*Directing*)

3. Direktur Utama

Direktur utama adalah pemegang kepemimpinan perusahaan, merupakan pimpinan perusahaan yang bertanggung jawab langsung pada dewan komisaris. Tugas dan wewenang Direktur Utama adalah :

- Menetapkan strategi perusahaan, merumuskan rencana dan cara pelaksanaannya
 - Memberikan instruksi kepada bawahan untuk melaksanakan tugasnya
 - Bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris mengenai segala pelaksanaan dari anggaran belanja dan pendapatan perusahaan
 - Mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan
 - Mengangkat dan memberhentikan pegawai atau karyawan
 - Bertanggung jawab atas kelancaran perusahaan
4. Direktur

Direktur bertanggung jawab kepada Direktur Utama. Direktur bertugas untuk mengarahkan dan menyelenggarakan kegiatan sesuai bidang yang dibawahinya. Selain itu, direktur juga harus berkoordinasi dengan Direktur lain agar tercipta keselarasan dalam pekerjaan. Dalam pabrik purifikasi biogas ini terdapat dua direktur yaitu direktur produksi dan pengembangan serta direktur keuangan dan pemasaran. Tugas dan wewenang Manager adalah :

- Mengkoordinasikan aktivitas baik intra & antar bidang yang dibawahinya
 - Melaksanakan kebijaksanaan Direktur Utama
 - Menjabarkan kebijaksanaan dan langkah yang diambil Direktur Utama
5. Manager

Manager bertanggung jawab kepada Direktur Utama. Selain sebagai pengontrol aktivitas departemen yang dibawahinya, juga harus berkoordinasi dengan Manager lain agar tercipta keselarasan dalam pekerjaan. Dalam pabrik Biogas ini terdapat tiga manager yaitu, manager produksi, manager keuangan dan pemasaran dan manager SDM. Tugas dan wewenang Manager adalah :

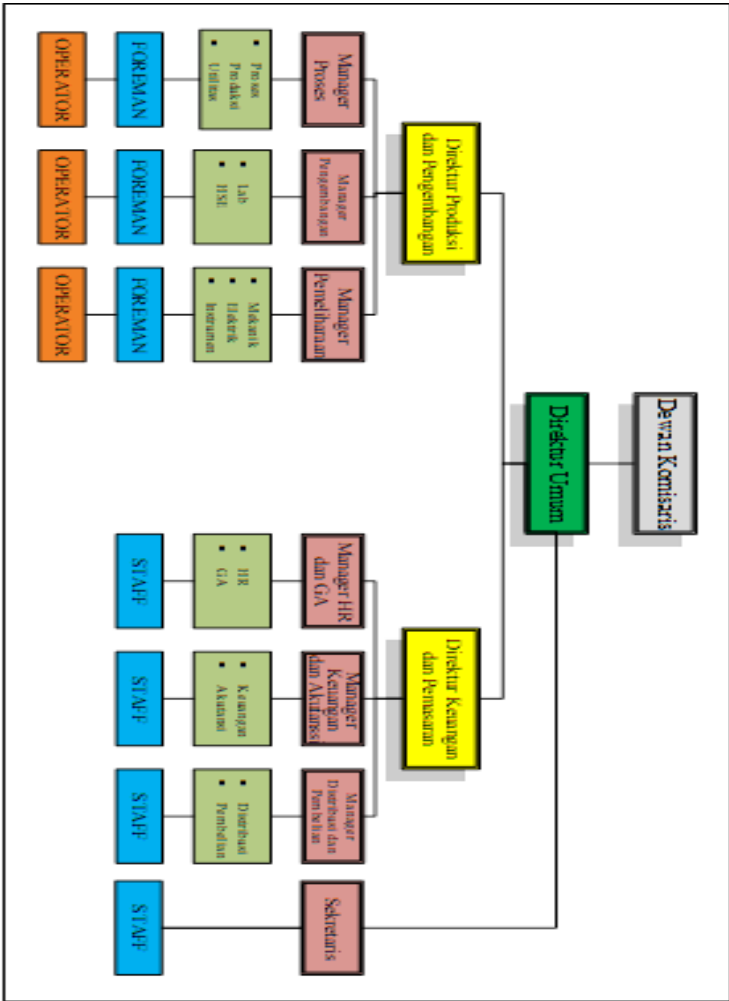
- Mengkoordinasikan aktivitas baik intra & antar departemen yang dibawahinya
- Meningkatkan efektivitas dan efisiensi kerja seluruh karyawannya

- Melaksanakan kebijaksanaan Direktur
- Menjabarkan kebijaksanaan dan langkah yang diambil Direktur

6. Kepala Bagian

Bertanggung jawab kepada manager. Tugas dan wewenang Kepala Bagian adalah :

- Membantu Manager dalam perencanaan dan pelaksanaan aktivitas di tiap seksi
- Memberi pengawasan dan pengarahan terhadap supervisor di bawahnya
- Memberikan saran-pertimbangan, melaksanakan tugas yang diberikan Manager
- Membantu Manager dalam mempersiapkan dan menyusun laporan



Gambar VI. 1 Bagan Struktur Organisasi Perusahaan

VI.2 Sistem Utilitas

Utilitas merupakan suatu sarana penunjang suatu industri, karena utilitas merupakan penunjang proses utama dan memegang peranan penting dalam pelaksanaan operasi dan proses. Sistem utilitas pabrik juga sebagai sarana penunjang agar proses produksi pabrik dapat berjalan sesuai target produksi. Sarana utilitas pada Pabrik Purifikasi Biogas PT. Enero dan PCC dari Limbah Asetilena ini meliputi :

VI.2.1 Unit Pengolahan Air

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

- Air Sanitasi, meliputi laboratorium dan karyawan.
Untuk unit penghasil air sanitasi diperlukan peralatan sebagai berikut : pompa air sungai, tangki Ca(OH)_2 , bak pengendap, bak penampung, pompa sand filter, tangki sand filter, bak penampung air bersih, bak penampung air sanitasi, tangki desinfektan, dan pompa air untuk sanitasi.
- Air proses, meliputi : air proses dan air pendingin.
Pada unit pengolahan air ini, peralatan yang digunakan meliputi : pompa air boiler, bak pendingin, kation-anion exchanger.

Pada umumnya, air sanitasi harus memenuhi syarat kualitas sebagai berikut :

- a. Bebas dari zat penyebab korosi, seperti asam dan oksigen terlarut
- b. Bebas dari zat penyebab kerak yang disebabkan oleh kesadahan dan suhu tinggi, biasanya berupa garam-garam kalsium, magnesium, dan silikat
- c. Bebas dari zat penyebab timbulnya buih/busanya, seperti zat organik, anorganik, dan minyak
- d. Kandungan logam dan pengotor seminimal mungkin

- e. Syarat fisik : di bawah suhu udara ambien, jernih, tidak berasa, tidak berbau
- f. Syarat kimia : tidak mengandung logam berat dan tidak beracun
- g. Syarat bakteriologis : tidak mengandung kuman dan bakteri patogen

VI.2.2 Unit Pembangkit Tenaga Listrik

Kebutuhan listrik yang diperlukan untuk Pabrik Purifikasi Biogas dari PT.Enero ini diambil dari PLN dan generator sebagai penghasil tenaga listrik. Distribusi listrik pada pabrik sebagai berikut :

- Untuk proses produksi diambil dari PLN dan generator jika sewaktu-waktu ada gangguan listrik dari PLN
- Untuk penerangan pabrik dan kantor diambil dari generator.

VI.2.3 Unit Pendingin

Unit penyediaan air bertugas untuk memenuhi kebutuhan air ditinjau dari segi panas. Penggunaan air sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas dikarenakan faktor berikut :

- Air dapat menyerap jumlah panas yang tinggi per satuan volume
 - Air merupakan materi yang mudah didapat dan relatif murah
 - Tidak mudah mengembang atau menyusut dengan adanya perubahan suhu
 - Mudah dikendalikan dan dikerjakan
 - Tidak mudah terdekomposisi
- Syarat air pendingin adalah tidak boleh mengandung :
- *Hardness* : yang memberikan efek pada pembentukan kerak
 - Besi : penyebab korosi
 - Silika : penyebab kerak
 - Minyak : dapat menyebabkan turunya *heat transfer*

Pada air pendingin ditambahkan zat kimia yang bersifat menghilangkan kerak, lumut, jamur, dan korosi.

VI.3 Harga Peralatan

Harga peralatan cenderung naik tiap tahun, maka untuk menentukan harga peralatan di tahun ini, harga tersebut ditaksir dari harga tahun-tahun sebelumnya berdasarkan indeks harga. Perhitungan harga peralatan dapat dilihat pada Appendiks D.

VI.4 Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui suatu pabrik yang direncanakan layak didirikan atau tidak. Pada pra desain Pabrik Biogas dari POME ini dilakukan evaluasi atau studi kelayakan dan penilaian investasi.

Faktor yang perlu ditinjau untuk memutuskan hal ini adalah :

1. Potensial Ekonomi (*Economic Potential / EP*)
2. Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return / IRR*)
3. Waktu Pengembalian Modal (*Minimum Pay Out Time / POT*)
4. Titik Impas (*Break Even Point / BEP*)

VI.4.1 Laju Pengembalian Modal (IRR)

Dari hasil perhitungan pada Appendiks D, didapatkan harga $i = 20,43\%$. Harga i yang diperoleh lebih besar dari nilai bunga pinjaman modal sehingga pabrik ini layak didirikan.

VI.4.2 Waktu Pengembalian Modal (POT)

Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendiks D didapatkan bahwa waktu pengembalian modal minimum adalah 2,2 tahun.

VI.4.3 Titik Impas (BEP)

Analisa titik impas digunakan untuk mengetahui besarnya kapasitas produksi dimana biaya produksi total sama dengan hasil penjualan. Biaya tetap (FC) dan biaya variable (VC), biaya semi variable (SVC) dan biaya total tidak dipengaruhi oleh kapasitas produksi. Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendiks D didapatkan bahwa Titik Impas (BEP) = 22,94%.

BAB VII

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pada bab-bab terdahulu maka dapat diambil kesimpulan dari analisa studi kelayakan pada Pra Desain Pabrik Purifikasi Biogas PT. Enero dengan Karbonasi Mineral $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dari Limbah Pabrik Asetilen menjadi *Bio-Methane* dan PCC ini. Studi kelayakan yang dimaksud meliputi studi kelayakan secara teknis maupun secara ekonomis. Secara singkat, evaluasi tersebut dapat disajikan sebagai berikut:

1. Secara Teknis
Pabrik *Biomethane* dan PCC dari POME Pabrik Bioethanol dapat didirikan di Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur, dengan menghasilkan 3632 ton Biogas/tahun dan 13131,36 ton PCC/tahun.
2. Secara Ekonomis
Berdasarkan analisa ekonomi dengan metode *Discounted Cash Flow* terhadap faktor ekonomi pra desain pabrik ini, maka diperoleh hasil sebagai berikut :
 - a. Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return/IRR*) sebesar 20,43% per tahun, dimana lebih besar dari suku bunga bank yang sebesar 12,5% per tahun.
 - b. Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time/POT*) adalah 2,2 tahun.
 - c. Titik Impas (*Break Even Point/BEP*) sebesar 22,94%.

Ditinjau dari aspek teknis dan ekonomis yang telah dijabarkan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa Pra Desain Pabrik Purifikasi Biogas PT. Enero dengan Karbonasi Mineral $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dari Limbah Pabrik Asetilen ini layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, A. S. 2012. *Palm Oil Mill Effluent: Waste or Raw Material*. Journal of Applied Sciences Research, 466-473.
- Anggraini, B. 2016. *Pembuatan PCC dari Limbah Cangkang Sotong dengan Variasi Konsentrasi Penambahan HNO₃*. Palembang. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Brownell, L. E., & Young, E. H. 1959. *Process Equipment Design*. New Delhi: Wiley Eastern Limited.
- Geankoplis, Christie John. 2003. *Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operation)*, 4th Edition. USA: Pearson Education Inc.
- Huang, Guan, et all. 2015. *Synthesis and Characterization of Fe₂O₃ for H₂S Removal at Low Temperature*. DOI: 10.1021/acs.iecr.5b01398.
- Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2012. *Kajian Supply Demand Energy*.
- Kern, D. 1950. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Kusnarjo. 2010. *Desain Alat Industri Kimia*. Surabaya: ITS Press.
- Lovane, P., Nanna, F., Ding, Y., Bikson, B., & Molino, A. 2014. Experimental test with polymeric membrane for the biogas purification from CO₂ and H₂S. *Fuel*. Vol. 135. No. 1. pp. 352– 358
- Maloney, J. O. 2008. *Perry's Chemical Engineer' Handbook*. 8th ed. USA: McGraw-Hill Companies Inc.
- McCabe, W.L., Julian Smith, Peter Hariot. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 6th edition*. Singapore: Mc Graw Hill, Inc.
- Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/Sr.140/10/2011 Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati Dan Pembenh Tanah
- Perry, H. Robert. 1997. *Chemical Engineering Handbook 7th Edition*. New York: McGraw-Hill.

- Peters, M. S. and Timmerhaus, Klaus D., 1991 *Plant Design and Economic for Chemical Engineering* 4th ed, International Edition. Singapore: McGraw-Hill Book Co Singapore.
- Peterson, Anneli. 2013. Biogas Cleaning. In the *Biogas Handbook*, By Arthur Wellinger, Jerry Murphy and David Baxter, 329-341. Woodhead Publishing Limited.
- Rahayu, A., et al. 2015. *Buku Panduan Konversi POME menjadi Biogas*. USAID Winrock International: Jakarta.
- Said, S. 2015. *Renstra KESDM*. Jakarta. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Seborg, Edgar, Melllichamp, & Doyle. 1990. *Process Dynamics and Control 3rd Edition*. Amerika: United States of Amerika.
- N. Tippayawong, N. & Thanompongchart, P. 2010. Biogas quality upgrade by simultaneous removal of CO₂ and H₂S in a packed column reactor. *Energy International Journal*. Vol. 35. pp. 4531-4535. No. 12.
10.1016/j.energy.2010.04.014
- Ulrich, G. D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics* New York: John Wiley.
- Van Ness, S. 1967. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 4th Edition*. Singapore: International Edition, McGraw-Hill Inc.
- Velma, S. & Klima, M. S. 2010. #valuation of a pilot-scale, plate-and-frame filter press for dewatering thickener underflow slurries from bituminous coal-cleaning plants. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*. Vol. 30. No. 1. pp. 1-9.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. USA: Butterworth-Heinemann.