

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM  
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA**



**PRA DESAIN PABRIK  
“PURIFIKASI BIOGAS PT. ENERO DARI STEEL SLAG DENGAN METODE  
KARBONASI (*PACKED BED REACTOR*)”**

**Disusun Oleh:**

**Amelia Safitri**  
NRP. 0221164000008

**Muhammad Chandra K.**  
NRP. 0221164000028

**Pembimbing:**  
**Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng**  
NIP. 195209161980031002  
**Dr. Siti Machmudah, S.T., M.Eng**  
NIP. 197305121999032001

**LABORATORIUM MEKANIKA FLUIDA DAN PENCAMPURAN  
SURABAYA  
2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Desain Pabrik Kimia dengan Judul :

### “PRA-DESAIN PABRIK PURIFIKASI BIOGAS PT. ENERO DENGAN KARBONASI MINERAL $\text{Ca}(\text{OH})_2$ DARI STEELSLAG (PACKED 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 :

**Amelia Safitri**

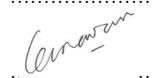
**0221164000008**

**Muhammad Chandra K.**

**02211640000028**

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. Suci Madhanita, S.T., M.T.  
(Penguji I)
4. Setiyo Gunawan S.T., Ph.D, IPM  
(Penguji II)
5. Dr. Rendra Panca Anugraha., S.T.  
(Penguji III)



Surabaya  
Januari 2020

## INTISARI

Cadangan energi di Indonesia sangatlah melimpah, salah satu sumber cadangan energi terbesar berasal dari fosil. Berbagai macam potensi sumber daya energi fosil yaitu minyak bumi, gas bumi dan batubara. Berdasarkan *Indonesia Energy Outlook 2019*, data cadangan energi fosil pada tahun 2014 ialah 3,6 miliar barel minyak bumi, 100,3 TCF gas dan 32,27 miliar ton batubara, namun di sisi lain, energi fosil tersebut merupakan energi yang tidak terbarukan. Berdasarkan rasio R/P (*Reserve/Production*) tahun 2013 sebesar 0,53 padahal idealnya 1, maka minyak bumi, gas bumi dan batu bara akan habis. Dengan laju pertumbuhan PDB (Produk Domestik Bruto) rata-rata 5,6% per tahun. Di masa depan, pengembangan energi akan bergeser dari energi berbasis fosil menjadi energi baru terbarukan. Hal ini disebabkan karena energi fosil merupakan sumber daya yang tidak dapat diperbarui sehingga dapat habis serta kebutuhan energi semakin meningkat seiring pertumbuhan penduduk. Oleh karena itu diperlukan energi baru terbarukan sebagai alternatif dari energi fosil yang banyak digunakan oleh masyarakat dan industri di Indonesia.

Bersumber dari *Indonesia 2050 Pathway Calculator*, berdasarkan jenis energinya, energi baru terbarukan hanya menyumbang 4% dari total energi primer di Indonesia. Salah satu energi baru terbarukan tersebut adalah *biomethane* atau biogas. *Biomethane* atau biogas adalah gas yang dihasilkan oleh bakteri apabila bahan organik mengalami proses fermentasi dalam biodigester dalam kondisi anaerob (tanpa udara). Pemanfaatan *biomethane* merupakan bagian dari energi terbarukan yang menjadi program pemerintah dalam rangka meningkatkan akses energi bagi masyarakat melalui pemanfaatan Energi Baru dan Energi Terbarukan (EBT) khususnya bioenergy. Hal tersebut tertera pada Kebijakan Energi Nasional No.79 Tahun 2014 yang menargetkan kontribusi EBT mencapai 23% dari total bauran energi nasional pada tahun 2025. Dari target baruan energi sebesar 23% tersebut, bioenergy diharapkan untuk 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 m<sup>3</sup> biogas. Kesamaan komposisi *biomethane* dengan gas bumi ini dapat menjadikan *biomethane* sebagai energi alternatif pengganti gas bumi. Di Indonesia, penggunaan gas bumi semakin meningkat yang diiringi menurunnya kemampuan ekspor gas bumi. *Shale gas* meskipun berpotensi untuk dikembangkan namun belum dipertimbangkan pemanfaatannya dalam BPPT-OEI 2016 ini

karena belum ada kepastian untuk eksplorasi lebih lanjut. Sehingga produksi *biomethane* memiliki prospek yang baik dalam pemenuhan kebutuhan energi di Indonesia.

Salah satu produsen terbesar biogas di Indonesia adalah PT. Enero Agro Nusantara dengan kapasitas produksi. Biogas memiliki komponen antara lain *Methane* ( $\text{CH}_4$ ), karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan *hydrogen sulfide* ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Biogas pada PT. Enero Agro Nusantara,  $\text{CH}_4$  memiliki persentase 55-65%,  $\text{CO}_2$  memiliki presentase 30-40% dan sisanya  $\text{H}_2\text{S}$  sebanyak 1-2%.  $\text{CO}_2$  dalam biogas dapat menghambat serta menurunkan kadar  $\text{CH}_4$  sehingga nilai kalor dari biometana menurun. Meski  $\text{H}_2\text{S}$  pada biogas hanya dalam jumlah kecil, namun  $\text{H}_2\text{S}$  memiliki sifat korosif yang dapat merusak alat. Maka  $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{CO}_2$  merupakan impurities yang harus dihilangkan agar biogas memiliki kemurnian yang tinggi.

$\text{H}_2\text{S}$  dapat dihilangkan dengan cara adsorpsi menggunakan *soil laterite*. *Soil laterite* yang digunakan berasal dari Kabupaten Halmahera, Maluku dimana sebagian besar kandungannya adalah  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yakni sebesar 69% dimana kandungan tersebut dapat mengikat  $\text{H}_2\text{S}$ . *Soil laterite* digunakan karena ketersediaanya di alam dalam jumlah banyak serta memiliki harga yang murah.

$\text{CO}_2$  pada biogas dapat dihilangkan dengan metode karbonasi menggunakan  $\text{CaO}$  yang berasal dari steel slag. Steel slag yang digunakan adalah Granulated Blast Furnace Slag diperoleh dari PT. Krakatau Steel dengan kadar  $\text{CaO}$  pada steel slag sebesar 45,2%. Steel slag digunakan karena *steel slag* termasuk limbah B3 yang berbahaya jika tidak diolah dahulu. Biomethane yang dihasilkan memiliki kemurnian hingga 96%. Biomethane dengan kemurnian tinggi dikompresi hingga menjadi CBG (*Compressed Biomethane Gas*) yang digunakan untuk alat transportasi, industri dan rumah tangga.

Selain menghasilkan Biomethane, dari adanya proses karbonasi  $\text{CaO}$  dengan  $\text{CO}_2$  juga dapat menghasilkan PCC (*Precipitated Calcium Carbonat*). Serbuk PCC dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti: kesehatan, makanan, dan industri. Pada bidang industri, serbuk  $\text{CaCO}_3$  dimanfaatkan dalam pembuatan kertas, plastik, mantel, tinta, cat, dan pipa polimer. Maka mengacu pada pertimbangan tersebut, dibuatlah pra desain pabrik “**Purifikasi Biogas PT. Enero dengan Karbonasi Mineral  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dari Steel slag menggunakan Packed Bed Reactor**”

Pabrik ini rencananya akan dibangun di Desa Gempolkerep, Kecamatan Gedeg Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur. Pemilihan lokasi ini dengan pertimbangan bahwa dekat dengan sumber biogas, yaitu PT Enero. Pemilihan lokasi tidak dilakukan dekat dengan pabrik baja karena mahalnya biaya transportasi gas dengan pipa. Penyediaan utilitas dan sumber listrik mudah karena dekat dengan pabrik PT. Enero dan disuplai oleh PT. PLN. Kabupaten Mojokerto memiliki UMK 2019 sebesar Rp 2.263.665, sedangkan pengangguran di Kabupaten Mojokerto (2018) berjumlah 2.430 orang atau sejumlah 3,61 persen.

Dari analisa ekonomi, *Internal Rate Return* (IRR) yang diperoleh sebesar 29,92% dimana dengan IRR tersebut mengindikasikan bahwa pabrik layak untuk didirikan dengan suku bunga sebesar 12% dan diperoleh *Pay Out Time* (POT) sebesar 3,32 tahun. Perhitungan analisa ekonomi didasarkan pada *discounted cash flow*. Modal yang dibutuhkan untuk mendirikan sebesar Rp 405.790.760.870 Sedangkan *Break Even Point* (BEP) yang diperoleh sebesar 16,08%. Dilakukan juga perhitungan NPV (*Net Present Value*), dimana diperoleh nilai Rp 846.314.539.936. Harga *Net Present Value* yang diperoleh bernilai positif (NPV>0). Hal ini menunjukkan bahwa proyek akan menambah nilai bagi pemegang saham sehingga proyek pembangunan pabrik ini layak untuk dilaksanakan.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Pra Desain Pabrik berjudul Purifikasi Biogas PT. Enero dengan Karbonasi Mineral  $\text{Ca(OH)}_2$  dari Steel Slag (Packed Bed Reactor) dengan sebaik-baiknya sebagai salah satu tugas akhir di Teknik Kimia ITS.

Tugas Pra Desain Pabrik ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Departemen Teknik Kimia ITS, namun demikian penulis berharap laporan ini tak hanya sebagai pemenuh kewajiban tapi lebih dari itu akan bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan umumnya bagi yang membaca terlebih pada bidang keteknikkimiaan dan aplikasinya dalam bidang industri.

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

1. Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng, selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran dan Dr. Siti Machmudah, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing 2 atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
2. Dr. Suci Madhania, S.T., M. Eng, Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.Eng, serta Dr. Kusdianto, ST., M.Sc.Eng selaku Dosen Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran.
3. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan baik moral maupun material, serta kasih sayang tulus, motivasi, bimbingan, dan doanya.
4. Teman - teman Departemen Teknik Kimia angkatan 2016 serta Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran khususnya yang berjuang bersama dalam menyelesaikan tugas pra desain pabrik kimia yang selalu memberi semangat dan dukungan.
5. Serta semua pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan penulis satu persatu yang telah membantu selama penulisan laporan.

Penulis menyadari bahwa laporan pra desain pabrik ini masih terdapat kekurangan oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan oleh penulis. Kami selaku penulis memohon maaf kepada semua pihak, apabila dalam penyusunan laporan ini terdapat kesalahan.

Surabaya, 13 Januari 2020

Penulis

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Peta Indonesia .....	II-5
Gambar II.2	Peta Kabupaten Mojokerto .....	II-6
Gambar II.3	Peta Lokasi PT. Energi Agro Nusantara.....	II-6
Gambar II.4	Lokasi Pabrik .....	II-7
Gambar III.1	Skema Proses Purifikasi Biogas dan <i>Precipitated Calcium Carbonate</i> ...	III-8
Gambar III.2	Proses Pembuatan PCC dengan Metode Double Decomposition.....	III-9
Gambar III.3	Proses Pembuatan PCC dengan Metode Karbonasi .....	III-10
Gambar III.4	Pembuatan PCC Pada Plant Dhaka.....	III-11
Gambar III.5	Uraian Proses Purifikasi Biogas dan Produksi PCC .....	III-15
Gambar III.6	<i>Packed Bed Reactor</i> .....	III-18
Gambar VI.1	Bagan Struktur Organisasi Perusahaan.....	VI-6

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Data Impor PCC tahun 2016.....	II-2
Tabel II.2	Data Ekspor PCC Tahun 2016.....	II-2
Tabel II.3	Komposisi <i>Compressed Biogas</i> (CBG) .....	II-11
Tabel III.1	Kelebihan dan Kekurangan Metode dalam <i>Pre-Treatment Steel Slag</i> .....	III-1
Tabel III.2	Kelebihan dan Kekurangan Pelarut yang Digunakan untuk Metode Ekstraksi.....	III-2
Tabel III.3	Metode <i>H2S Removal</i> pada <i>Biomethane</i> .....	III-3
Tabel III.4	Jenis-jenis Adsorben untuk <i>H2S Removal</i> .....	III-6
Tabel III.5	Perbandingan Proses Pembuatan PCC.....	III-12
Tabel III.6	Perbandingan Jenis <i>Solid-Liquid Separator</i> .....	III-13
Tabel III.7	Perbandingan Jenis <i>Dryer</i> .....	III-14
Tabel III.8	Jenis-jenis Pompa dan Kelebihannya .....	III-14
Tabel III.9	Jenis-jenis Kompresor.....	III-15
Tabel IV.1	Komposisi <i>Steel Slag</i> .....	IV-1
Tabel IV.2	Neraca Massa <i>Mix Point</i> .....	IV-2
Tabel IV.3	Neraca Massa Reaktor <i>Pre-Treatment NH4Cl</i> .....	IV-2
Tabel IV.4	Neraca Massa <i>Plate and Frame Filter Press</i> .....	IV-3
Tabel IV.5	Tabel Komposisi Biogas.....	IV-4
Tabel IV.6	Tabel Komposisi <i>Soil Laterite</i> .....	IV-4
Tabel IV.7	Neraca Massa <i>Fixed Bed Coloumn</i> .....	IV-5
Tabel IV.8	Neraca Massa <i>Packed Bed Reactor</i> .....	IV-5
Tabel IV.9	Neraca Massa <i>Knockout Drum</i> .....	IV-6
Tabel IV.10	Neraca Massa <i>Thickner</i> .....	IV-7
Tabel IV.11	Neraca Massa <i>Recycle Solvent Tank</i> .....	IV-8
Tabel IV.12	Neraca Massa <i>Plate and Frame Filter Press</i> .....	IV-9
Tabel IV.13	Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> .....	IV-10
Tabel IV.14	Neraca Massa <i>Cyclone</i> .....	IV-11
Tabel IV.15	Neraca Massa <i>Mix Point</i> .....	IV-12
Tabel IV.16	Neraca Energi <i>Mix Point</i> .....	IV-13
Tabel IV.17	Neraca Energi Reaktor <i>Pre-Treatment NH4Cl</i> .....	IV-13
Tabel IV.18	Neraca Energi <i>Plate and Frame Filter Press</i> .....	IV-14



Tabel IV.19	Neraca Energi <i>Compressor</i> .....	IV-14
Tabel IV.20	Neraca Energi <i>Fixed Bed Coloumn Adsorber</i> .....	IV-14
Tabel IV.21	Neraca Energi <i>Heater</i> .....	IV-15
Tabel IV.22	Neraca Energi <i>Packed Bed Reactor</i> .....	IV-15
Tabel IV.23	Neraca Energi <i>Thickener</i> .....	IV-16
Tabel IV.24	Neraca Energi <i>Recycle Solvent Tank</i> .....	IV-16
Tabel IV.25	Neraca Energi <i>Plate and Frame Filter Press</i> .....	IV-17
Tabel IV.26	Neraca Energi <i>Rotary Dryer</i> .....	IV-17
Tabel IV.27	Neraca Energi <i>Cyclone</i> .....	IV-18
Tabel IV.28	Neraca Energi <i>Mix Point</i> .....	IV-18
Tabel IV.29	Neraca Energi <i>Heater</i> .....	IV-18
Tabel IV.30	Neraca Energi <i>Compressor Multistage</i> .....	IV-19

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Cadangan energi di Indonesia sangatlah melimpah, salah satu sumber cadangan energi terbesar berasal dari fosil. Berbagai macam potensi sumber daya energi fosil yaitu minyak bumi, gas bumi dan batubara. Berdasarkan *Indonesia Energy Outlook 2019*, data cadangan energi fosil pada tahun 2014 ialah 3,6 miliar barel minyak bumi, 100,3 TCF gas dan 32,27 miliar ton batubara, namun di sisi lain, energi fosil tersebut merupakan energi yang tidak terbarukan. Berdasarkan rasio R/P (*Reserve/Production*) tahun 2013 sebesar 0,53 padahal idealnya 1, maka minyak bumi, gas bumi dan batu bara akan habis. Dengan laju pertumbuhan PDB (Produk Domestik Bruto) rata-rata 5,6% per tahun. Di masa depan, pengembangan energi akan bergeser dari energi berbasis fosil menjadi energi baru terbarukan. Hal ini disebabkan karena energi fosil merupakan sumber daya yang tidak dapat diperbarui sehingga dapat habis serta kebutuhan energi semakin meningkat seiring pertumbuhan penduduk. Oleh karena itu diperlukan energi baru terbarukan sebagai alternatif dari energi fosil yang banyak digunakan oleh masyarakat dan industry di Indonesia.

Bersumber dari *Indonesia 2050 Pathway Calculator*, berdasarkan jenis energinya, energi baru terbarukan hanya menyumbang 4% dari total energi primer di Indonesia. Salah satu energi baru terbarukan tersebut adalah *biomethane* atau biogas. *Biomethane* atau biogas adalah gas yang dihasilkan oleh bakteri apabila bahan organik mengalami proses fermentasi dalam biodigester dalam kondisi anaerob (tanpa udara). Pemanfaatan *biomethane* merupakan bagian dari energi terbarukan yang menjadi program pemerintah dalam rangka meningkatkan akses energi bagi masyarakat melalui pemanfaatan Energi Baru dan Energi Terbarukan (EBT) khususnya bioenergy. Hal tersebut tertera pada Kebijakan Energi Nasional No.79 Tahun 2014 yang menargetkan kontribusi EBT mencapai 23% dari total bauran energi nasional pada tahun 2025. Dari target bauran energi sebesar 23% tersebut, bioenergy diharapkan untuk berkontribusi sebesar 9,7% atau 23 MTOE (*Metric Ton Oil Equivalent*) dengan rincian sebesar 13,8 juta kiloliter *Biofuel*, 8,4 juta ton biomassa dan 489,8 juta m<sup>3</sup> biogas. Kesamaan komposisi *biomethane* dengan gas bumi ini dapat menjadikan *biomethane* sebagai energi alternatif pengganti gas bumi. Di Indonesia, penggunaan gas bumi semakin meningkat yang diiringi menurunnya kemampuan ekspor gas bumi. *Shale gas* meskipun berpotensi untuk dikembangkan namun

belum dipertimbangkan pemanfaatannya dalam BPPT-OEI 2016 ini karena belum ada kepastian untuk eksplorasi lebih lanjut. Sehingga produksi *biomethane* memiliki prospek yang baik dalam pemenuhan kebutuhan energi di Indonesia.

Salah satu produsen terbesar biogas di Indonesia adalah PT. Enero Agro Nusantara dengan kapasitas produksi. Biogas memiliki komponen antara lain *Methane* (CH<sub>4</sub>), karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan *hydrogen sulfide* (H<sub>2</sub>S). Biogas pada PT. Enero Agro Nusantara, memiliki kandungan CH<sub>4</sub> sebanyak 61%, CO<sub>2</sub> sebanyak 37% dan sisanya H<sub>2</sub>S sebanyak 1%. CO<sub>2</sub> dalam biogas dapat menghambat serta menurunkan kadar CH<sub>4</sub> sehingga nilai kalor dari biometana menurun. Meski H<sub>2</sub>S pada biogas hanya dalam jumlah kecil, namun H<sub>2</sub>S memiliki sifat korosif yang dapat merusak alat. Maka H<sub>2</sub>S dan CO<sub>2</sub> merupakan impurities yang harus dihilangkan agar biogas memiliki kemurnian yang tinggi.

H<sub>2</sub>S dapat dihilangkan dengan cara adsorpsi menggunakan soil laterite. *Soil laterite* yang digunakan berasal dari Kabupaten Halmahera, Maluku Utara dimana sebagian besar kandungannya adalah FeO yakni sebesar 84,8% dengan ketersediaan yang melimpah di Indonesia.

CO<sub>2</sub> pada biogas dapat dihilangkan dengan metode karbonasi menggunakan CaO yang berasal dari *steel slag*. *Steel slag* yang digunakan adalah *Ground Granulated Blast Furnace Slag* diperoleh dari PT. Krakatau Steel dengan kadar CaO sebesar 45,2%. *Biomethane* yang dihasilkan memiliki kemurnian hingga 90%. *Biomethane* dengan kemurnian tinggi dikompresi hingga menjadi CBG (*Compressed Biomethane Gas*).

Dari adanya proses karbonasi CaO dengan CO<sub>2</sub> dapat menghasilkan PCC (*Precipitated Calcium Carbonat*) yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti kesehatan, makanan, dan industri. Pada bidang industri, serbuk CaCO<sub>3</sub> dimanfaatkan dalam pembuatan kertas, plastik, mantel, tinta, cat, dan pipa polimer. Maka mengacu pada pertimbangan tersebut, dibuatlah pra desain pabrik “**Purifikasi Biogas PT.Enero dengan Karbonasi Mineral dari Steel slag menggunakan *Packed Bed Reactor***”

## BAB II

### BASIS DESAIN DATA

#### II.1 Kapasitas Pabrik

Mendirikan pabrik purifikasi *biomethane* atau biogas dapat menjawab dua permasalahan negara ini yaitu menyediakan energi baru terbarukan dan mengurangi adanya *steelmaking slag* yang merupakan salah satu jenis limbah B3 yang berbahaya bagi lingkungan. Namun pembuatan *biomethane* atau biogas menghasilkan 31% CO<sub>2</sub>. Biogas masih mengandung CO<sub>2</sub> dalam kadar tinggi sehingga menyebabkan efisiensi panas yang dihasilkan berkurang dan menghasilkan jelaga, serta menimbulkan noda hitam pada peralatan dapur yang digunakan untuk memasak. (Paryanto, 2015).

Di sisi lain, produksi PCC (*Precipitated calcium carbonate*) memerlukan CO<sub>2</sub> dalam prosesnya. Sehingga CO<sub>2</sub> yang merupakan produk samping dari produksi *biomethane* dapat digunakan langsung pada produksi PCC. PCC merupakan kalsium karbonat yang dihasilkan dari proses presipitasi dengan kemurnian yang tinggi. Berdasarkan kelebihan *biomethane* sebagai energi terbarukan berbahan dasar limbah *vinnasse* dan menghasilkan produk samping yang akan dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi PCC, maka dibuatlah Pra desain pabrik **“Purifikasi Biogas dengan Karbonasi Mineral dari Steel Slag”**

Menurut data dari website [enero.co.id](http://enero.co.id) milik PT. Energi Agro Nusantara pada tahun 2019 adalah sebesar 1000 m<sup>3</sup>/jam. Maka kapasitas produksi kami menggunakan basis data sebagai berikut:

- Waktu Operasi : 330 hari kerja/tahun
- Waktu Kerja : 24 jam/hari
- Biomethane terolah : 7,920,000 m<sup>3</sup>/tahun

#### II.2 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan dan kelangsungan industri, baik pada masa sekarang maupun masa yang akan datang karena hal ini berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Pemilihan lokasi pabrik harus memberikan suatu perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta mempertimbangan aspek sosial masyarakat dari sekitar lokasi pabrik. Dalam pemilihan lokasi pabrik biogas terdapat pertimbangan yang perlu diperhatikan yaitu ketersediaan bahan baku yang berupa limbah cair hasil pengolahan pabrik kelapa sawit. Selain berdasarkan

ketersediaan bahan baku utama yang berupa limbah cair hasil pengolahan pabrik kelapa sawit, pemilihan lokasi pabrik dipengaruhi beberapa indikator lainnya.

Pabrik Purifikasi Biogas ini akan didirikan berdekatan dengan PT. Energi Agro Nusantara yang merupakan pabrik pembuatan biogas dimana sebagai pemasok utama bahan baku biogas yang berlokasi di Jl. Raya Suko Sewu, Desa Gempolkrep, Kecamatan Gedek, Mojokerto, Jawa Timur. Selain berdasarkan ketersediaan bahan baku utama yang berupa biomethana, pemilihan lokasi pabrik dipengaruhi beberapa indikator lainnya seperti adanya produk lain dari Pabrik Purifikasi Biogas yakni Precipitated Calcium Carbonat (PCC). PT. Energi Agro Nusantara terletak di Mojokerto, Provinsi Jawa Tmur yang berdekatan dengan kota Sidoarjo sebagai konsumen PCC yang akan memudahkan. Dengan beberapa pertimbangan pabrik “Purifikasi Biogas menggunakan Steel Slag dengan Metode Karbonasi” ini akan didirikan dekat dengan PT. Energi Agro Nusantara di daerah Gedeg, Kabupaten Mojokerto. Alasan pemilihan daerah ini sebagai lokasi disebabkan oleh beberapa faktor sebagai berikut :

#### 1. Persediaan Bahan Baku

Bahan utama pabrik ini adalah biomethane hasil produksi PT. Energi Argo Nusantara. Maka dari itu pemilihan lokasi pabrik harus dekat dengan pabrik biomethane sehingga memudahkan *supply* bahan baku dan mengurangi *cost* untuk transportasi dan penyimpanan. Pada daerah Gedeg, Mojokerto terdapat industri bioethanol yaitu PT. Energi Agro Nusantara.

#### 2. Pemasaran Hasil Produksi

Hasil produksi berupa gas metana dapat dijual ke pemerintah sebagai *pipeline gas* yang disalurkan ke rumah-rumah masyarakat dan juga untuk *gas engine*. Selain itu, produk samping berupa PCC dapat dijual di industri-industri di sekitar seperti Industri Kertas yaitu PT Tjiwi Kimia dan Industri Cat yang berada di Kabupaten Sidoarjo. Sarana Transportasi

Sarana dan prasarana transportasi sangat diperlukan untuk proses penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Letak pabrik ini dekat dengan jalan raya, sehingga mudah dijangkau. Selain itu pabrik ini berjarak 55 km dari Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya, sehingga mudah dalam pengangkutan dengan transportasi laut.

#### 3. Utilitas

Sarana pendukung seperti tersedianya air, energi listrik, dan udara dapat diperoleh dengan mudah. Air dapat diperoleh dengan mudah dari aliran Sungai Brantas. Sedangkan listrik dari PLN Mojokerto dan generator sebagai cadangan apabila ada pemadaman listrik

dari PLN dengan bahan bakar biomethane yang ada pada *storage* pabrik. Udara dapat diambil bebas dari lingkungan, sehingga tidak akan mengalami kesulitan dalam ketersediannya.

#### 4. Tenaga Kerja

Berdasarkan Badan Pusat Statistik Kabupaten Mojokerto pada tahun 2018, di wilayah Mojokerto terdapat 185.900 pekerja. Adapun tingkat pengangguran terbuka di perkotaan mencapai 6,84% dan 3,33% di desa.

#### 5. Karakteristik Lokasi

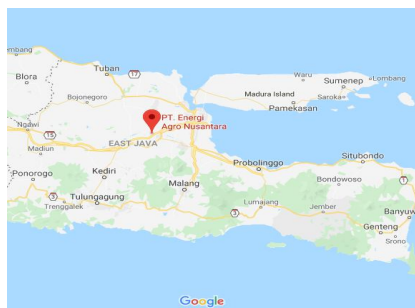
Kabupaten Mojokerto merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur, dimana luas wilayah seluruhnya adalah 969.360 km<sup>2</sup> atau sekitar 2,09% dari luas Provinsi Jawa Timur, dengan rincian penggunaan/pemanfaatan areal sebagai berikut:

- Pemukiman : 132,440 Km<sup>2</sup>
- Pertanian : 371,010 Km<sup>2</sup>
- Hutan : 289,480 Km<sup>2</sup>
- Perkebunan : 170,000 Km<sup>2</sup>
- Rawa-rawa/waduk : 0,490 Km<sup>2</sup>
- Lahan kritis : 0,200 Km<sup>2</sup>
- Padang rumput : 1,590 Km<sup>2</sup>
- Semak-semak/alang-alang : 0,720 Km<sup>2</sup>

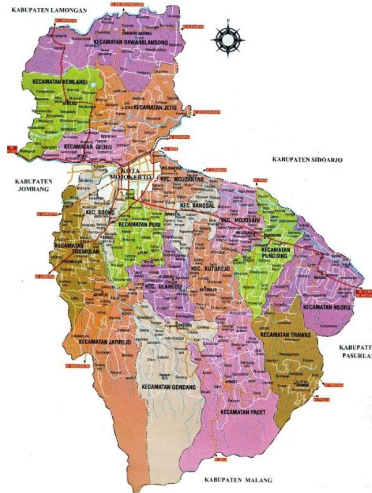
Secara geografis wilayah Kabupaten Mojokerto terletak antara 111°20'13" s/d 111°40'47" Bujur Timur dan antara 7°18'35" s/d 7°47" Lintang Selatan.

Secara administratif Kabupaten Mojokerto masuk Wilayah Kerja Badan Koordinasi Wilayah Pemerintahan dan Pembangunan Bojonegoro, sedangkan secara spatial Tata Ruang Jawa Timur adalah masuk dalam kawasan pengembangan “Gerbang Kertosusila”.

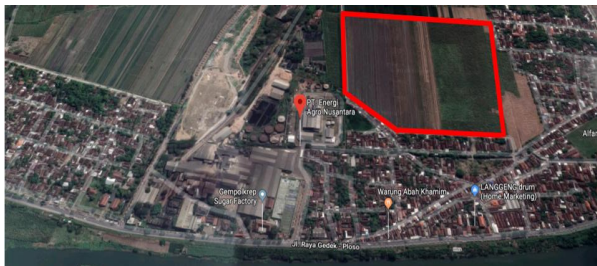
Selanjutnya peta kabupaten Mojokerto yang terletak di provinsi Jawa Timur, Indonesia dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar II.1 Peta Lokasi PT. Energi Agro Nusantara**



Gambar II.2 Peta Kabupaten Mojokerto



Gambar II.3 Lokasi Pabrik

(Sumber: *googlemap*)

## II.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk

### II.3.1 Bahan Baku

#### II.3.1.1 Biomethane

Biomethane yang produksi oleh PT. Energi Agro Nusantaradigunakan sebagai bahan baku utama pada Pabrik Purifikasi Biogas. Karakteristik dari bahan baku biomethane yang digunakan adalah sebagai berikut:

- pH = 7,5
- Suhu (°C) = 30

- Tekanan (bar) = 0,098
- Metana (CH<sub>4</sub>) = 61%
- Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)= 38%
- H<sub>2</sub>S = 1%

(www.enero.co.id)

### II.3.1.2 Steel Slag

Steel Slag adalah hasil samping (by product) dari proses pembuatan besi dan baja (iron and steelmaking) yang berupa kumpulan oksida dalam keadaan lebur dan terpisah dari fasa logam cair selama proses peleburan. Steel Slag merupakan bahan baku kedua yang akan digunakan sebagai sumber CaO pada proses pembuatan *Precipitated Calcium Carbonate*. Steel slag yang digunakan berasal dari PT. Krakatau Steel dengan jenis *Granulated Blast Furnace Slag*. Adapun karakteristik dari steel slag yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Wujud = Padat
- Ukuran = 3 mm
- Kadar Air = 4%
- Berat Volume = 0,963 kg/liter

Komposisi :

- Kalium Oksida (CaO) = 45,2%
- Silikon Oksida (SiO<sub>2</sub>) = 34,8%
- Aluminium Oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) = 14,79%
- Sulfur Oksida (SO<sub>3</sub>) = 1,74%
- Ferri Oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) = 1,34%
- Magnesium Oksida (MgO) = 0,99%
- Mangan Oksida (MnO) = 0,25%
- Phosphor Oksida (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) = 0,05%

([www.krakatausemenindonesia.com](http://www.krakatausemenindonesia.com))

### II.3.1.3 Ammonium Chloride (NH<sub>4</sub>Cl)

*Ammonium Chloride* merupakan senyawa anorganik berupa garam kristal putih mudah larut dalam air yang nantinya *chemical solvent* tersebut akan digunakan untuk



mengambil kandungan CaO dalam steel slag. Karakteristik *Ammonium Chlorida* yang digunakan adalah sebagai berikut:

- *Melting Point* (°C) = 338
- *Molecular Mass* (g/mol) = 53,49
- *Density* (kg/m<sup>3</sup>) = 1530
- *Appearance* = *White Solid and hygroscopic*
- *Odor* = *odorless*
- Sangat mudah larut dalam pelarut air namun tidak larut dalam pelarut alkohol dan *acetone*
- Tidak mudah terbakar

(*labchem.com*)

#### II.3.1.4 Air (H<sub>2</sub>O)

Air, H<sub>2</sub>O digunakan sebagai bahan baku produk pada proses pembuatan *Precipitated Calcium Carbonate* sebagai pelarut untuk melarutkan NH<sub>4</sub>Cl menjadi NH<sub>4</sub>OH untuk proses karbonasi.

- Rumus kimia = H<sub>2</sub>O
- Berat molekul (g/mol) = 18,015

([www.lsbu.ac.uk](http://www.lsbu.ac.uk), [www.chemicaland21.com](http://www.chemicaland21.com); ChemCAD 5.2)

#### II.3.1.5 Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)

Karbondioksida, CO<sub>2</sub> digunakan sebagai bahan baku produk pada proses pembuatan *Precipitated Calcium Carbonate*. Spesifikasi karbondioksida yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Berat molekul (g/mol) = 44
- Densitas (g/L) = 1,976 (0°C dan 1 atm)
- ΔHf° (Kcal/Kmol) = -98.83357
- ΔGf° (Kcal/Kmol) = -92.19802
- Kelarutan dalam air = 1,45 g/L
- Specific gravity = 1,52
- Tidak berbau dan berwarna

([www.chemicaland21.com](http://www.chemicaland21.com); ChemCAD 5.2)

### II.3.1.6 Soil Laterite

*Soil Laterite* adalah tanah yang digunakan sebagai adsorben untuk *H<sub>2</sub>S removal* yang diambil dari Kabupaten Majalengka. Spesifikasi *soil laterite* yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Particle size = 21 mesh
- Particle density (g/cm<sup>3</sup>) = 3,5
- Bulk density (g/cm<sup>3</sup>) = 2,14
- Surface Area (m<sup>2</sup>/g) = 44,06
- Moisture content (%) = 27

#### Komposisi

- FeO = 84,88%
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 8,45%
- SiO<sub>2</sub> = 3,71%
- NiO = 1,38%
- MgO = 1,28%

## II.3.2 Spesifikasi Produk

### II.3.2.1 Gas Metana (CH<sub>4</sub>)

Pabrik purifikasi biogas ini akan menghasilkan gas metana dengan karakteristik sebagai berikut:

Sifat fisika dari gas CH<sub>4</sub>

- Berat molekul = 16,042

Sifat kimia dari gas metana:

- Tidak berbau dan berwarna
- Tidak larut dalam air
- Tidak beracun

### II.3.2.3 PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*)

- pH = 9,4
- Berat molekul (g/mol) = 100
- Kelarutan dalam air (mol/L) = 0,00015 (pada 25°)

### Komposisi

- $\text{CaCO}_3$  (%) = 96
- $\text{NH}_4\text{Cl}$ (%) = 0,7
- $\text{SiO}_2$  (%) = 1,1
- $\text{CaO}$  (%) = 0,85
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  (%) = 0,48
- $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (%) = 0,45

(Yamuna Calcium Pvt. Ltd. is an ISO 9001:2015)

Target produk yang dihasilkan yaitu proses purifikasi biogas dari pengotor-pengotornya diharapkan mampu memenuhi kualitas *Compressed Biomethane Gas* (CBG) yang bisa digunakan transportasi sebagai komposisi alternatif dari gas alam terkompresi (CNG)

**Tabel II.1** Komposisi *Compressed Biomethane Gas* (CBG)

No.	Karakteristik	Kebutuhan
1.	Methane ( $\text{CH}_4$ )	90% min
2.	Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ )	4% max
3.	Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ )	20 $\text{mg}/\text{m}^3$ max
4.	<i>Moisture content</i>	5 $\text{mg}/\text{m}^3$ max

(*Compressed Biomethane Gas IS 16087:2016*)

## BAB III

### SELEKSI DAN URAIAN PROSES

#### III.1. Macam-macam Proses

##### III.1.1 Proses *Pre-Treatment Steel Slag*

Steel slag dalam pabrik ini digunakan sebagai bahan baku sekunder yang memiliki komponen utama berupa CaO yang akan digunakan untuk karbonasi pada proses purifikasi biomethane. Dengan adanya kadar CaO dalam steel slag sebesar 45,2% dan sisanya berupa impuritis, diperlukan adanya pre treatment untuk steel slag agar didapatkan kandungan CaO. Proses *pre-treatment* CaO dapat dilakukan dengan berbagai macam metode, diantaranya ada metode kalsinasi, *slaking* dan karbonasi. Kelebihan dan kekurangan dari berbagai metode pengolahan tersebut dapat dilihat pada **Tabel III.1**

**Tabel III.1** Kelebihan dan Kekurangan Metode dalam Pre-Treatment Steel Slag

Metode Pengolahan	Kelebihan	Kekurangan
Kalsinasi	Tidak menggunakan <i>chemical solvent</i> untuk mendapatkan CaO dari steel slag sehingga tidak perlu alat untuk pembuangan residu.	Proses cukup rumit dan mahal dibandingkan dengan metode pengolahan lainnya, terutama pada alat serta konsumsi energi yang besar untuk calciner. Selain itu, diperlukan adanya CO <sub>2</sub> murni untuk membentuk CaCO <sub>3</sub> yang akan dipakai untuk kalsinasi dan juga masih terdapat impuritis yg ikut bereaksi dengan CO <sub>2</sub> sehingga yang terbentuk tidak hanya CaCO <sub>3</sub> .
Ekstraksi	Dapat menghasilkan high purity CaO dan menghilangkan semua impuritis yang ada pada steel slag sehingga yang tersisa hanya CaO	Menggunakan chemical solvent yang direaksikan dengan steel slag serta proses yang dijalankan lebih mahal dibanding metode slaking namun lebih murah dibandingkan metode kalsinasi.
Slaking	Proses yang dijalankan murah karena hanya menggunakan vessel	Masih terdapat impuritis lainnya yang ikut bercampur dengan H <sub>2</sub> O

	sebagai slaker serta H <sub>2</sub> O untuk merubah steel slag menjadi slurry Ca(OH)	
--	--	--

Bedasarkan harga alat untuk pre-treatment steel slag dan tingkat kemurnian CaO yang dihasilkan, metode pengolahan ekstraksi memiliki keuntungan yang lebih besar dibanding metode yang lainnya karena mampu menghasilkan high purity CaO dan mampu menghilangkan kandungan impuritis yang ada pada steel slag. Metode ekstraksi pada pengolahannya membutuhkan *chemical solvent* untuk dapat melarutkan kandungan CaO pada steel slag. Pelarut yang digunakan bisa berasal dari asam lemah maupun garam. Kelebihan dan kekurangan pelarut yang digunakan pada metode ekstraksi dapat dilihat pada **Tabel III.2**

**Tabel III.2** Kelebihan dan Kekurangan Pelarut yang digunakan untuk Metode Ekstraksi

<b>Chemical Solvent</b>	<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
NH <sub>4</sub> Cl	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mampu mengekstrak CaO sebesar 41% dengan <i>solid liquid ratio</i> 100 gr CaO/liter NH<sub>4</sub>Cl.</li> <li>- Pada suhu 60°C NH<sub>4</sub>CL mampu bereaksi dengan CaO. NH<sub>4</sub>CL tersedia dalam harga yang murah</li> <li>- Setelah proses karbonasi dihasilkan NH<sub>4</sub>Cl yang dapat direcycle dan dapat digunakan kembali untuk ekstraksi CaO</li> </ul>	Tidak seluruh kandungan CaO dalam steel slag mampu tereskraksi sehingga sebagian CaO akan menjadi residu.
CH <sub>3</sub> COOH	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mampu mengekstrak CaO sebesar 90%</li> </ul>	Masih adanya impuritis pada steel slag seperti MgO, SiO <sub>3</sub> dan Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> yang larut pada CH <sub>3</sub> COOH sehingga memerlukan adanya hidroksida untuk menghilangkan impuritis tersebut.

		Selain itu, proses yang dijalankan relative mahal karena setelah metode karbonasi $\text{CH}_3\text{COOH}$ yang dihasilkan tidak dapat <i>direcycle</i>
--	--	---

Berdasarkan kadar CaO yang terekstraksi,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  akan digunakan sebagai pelarut pada metode ekstraksi. Impuritis lain yang tidak larut dalam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  akan dikeluarkan melalui proses filtrasi sebagai residu. Selain itu,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang digunakan untuk ekstraksi tidak hanya berasal dari *fresh solvent*, namun juga berasal dari suplai  $\text{NH}_4\text{Cl}$  hasil reaksi pada proses karbonasi yang akan *direcycle* dan digunakan ulang untuk tahapan ekstraksi sehingga mampu menghemat biaya untuk pembelian  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

### III.1.2 Proses Purifikasi Biogas

Macam-macam proses purifikasi biogas dapat dibedakan sebagai berikut:

#### III.1.2.1 Proses $\text{H}_2\text{S}$ Removal

Kadar  $\text{H}_2\text{S}$  dalam Biomethane memiliki kadar 1%. Meski dalam jumlah kecil,  $\text{H}_2\text{S}$  perlu dihilangkan karena memiliki sifat korosif terhadap logam yang nantinya akan merusak peralatan industri dan rumah tangga. Beberapa metode dalam menghilangkan kandungan  $\text{H}_2\text{S}$  dalam biomethane serta kelebihan dan kekurangannya dapat dilihat pada **Tabel III.3**

**Tabel III.3** Metode  $\text{H}_2\text{S}$  removal pada *Biomethane*

Metode	Penjelasan	Kelebihan	Kekurangan
<i>Wet Scrubber</i>	<i>Scrubber</i> yang digunakan adalah $\text{H}_2\text{O}$ , dimana biogas yang mengandung $\text{H}_2\text{S}$ di spray dengan air menggunakan nozzle yang ditempatkan pada bagian tengah atas dimana inlet gas masuk dibuat pada posisi tangensial	Memiliki efisiensi 95% untuk partikel yang lebih besar dari $5\mu\text{m}$ .	Membutuhkan waktu yang cukup lama agar $\text{H}_2\text{S}$ terserap sempurna. Harga alat mahal.

	terhadap silinder scrubber. Hal ini mengakibatkan gas yang mengalir bertambah kecepatan alirannya.		
<i>Adsorber</i>	Penyerapan H <sub>2</sub> S dari Biogas dilakukan dengan sistem adsorpsi dengan mereaksikan H <sub>2</sub> S dimana menggunakan adsorber sebagai penyerapan H <sub>2</sub> S. Adsorber bekerja menyerap H <sub>2</sub> S menggunakan beberapa metode diantaranya <i>active carbon</i> , zeolit, <i>soil laterite</i> (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) dan <i>pressure swing adsorption</i> .	Mampu menyerap 99,9% H <sub>2</sub> S yang ada dalam biogas.	Menghasilkan limbah baru yang berasal dari adanya adsorber jenuh
<i>Chemical Solvent</i> (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <i>Absorben</i>	Absorpsi H <sub>2</sub> S menggunakan Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> sehingga dihasilkan reaksi sebagai berikut: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{Fe}_2\text{S}_3 + 3\text{H}_2\text{O}.$ Absorpsi tersebut dilakukan menggunakan kolom absorpsi	Metode yang sederhana, karena hanya mengontakkan H <sub>2</sub> S dengan Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . Memiliki efficiency removal sebesar 99%.	Sensitif terhadap air, biaya operasional yang mahal karena Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> perlu adanya pre-treatment sebelum digunakan dan Fe <sub>2</sub> S <sub>3</sub> yang dihasilkan bersifat racun.

	Biogas yang mengandung H <sub>2</sub> S di spray lalu dikontakan dengan Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> yang masuk. Absorpsi merupakan metode dengan penyerapan H <sub>2</sub> S oleh permukaan absorbernya.		
Absorpsi dengan Amine		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efisiensi tinggi sebesar 90%</li> <li>- Dapat diperbarui</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses mahal</li> <li>- Skema aliran rumit</li> <li>- Menyebabkan foaming</li> <li>- Memerlukan treatment untuk regenerasi.</li> </ul>
Absorpsi dengan Fe <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- H<sub>2</sub>S hilang semuanya.</li> <li>- Tingkat efisiensi dan reaksi yang tinggi dibandingkan dengan water scrubbing</li> <li>- Konsumsi energi yang rendah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memerlukan solvent tambaha</li> <li>- Pengolahan limbah yang rumit.</li> </ul>
Adsorpsi dengan FeO		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tidak menimbulkan polusi dan bau dari stream</li> <li>- Parameter suhu dan tekanan mempengaruhi efisiensi tinggi</li> <li>- Biaya rendah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memerlukan tambahan pelarut kimia tambahan</li> </ul>



		- Konsumsi energi yang rendah	
<i>Membrane</i>		- Konsumsi energi yang rendah - Persyaratan pemeliharaan rendah - Pemrosesan yang mudah - Efisiensi 68%	- <i>Yield methane</i> rendah - <i>Harga membrane</i> mahal
<i>Reverse Osmosis menggunakan Thin Hydrophillic Composite</i>		- Efisiensi sebesar 98% - Selektivitas tinggi - CH <sub>4</sub> rendah di permeable	· Loss expensive

**Tabel III.4** Jenis-Jenis Adsorben untuk *H<sub>2</sub>S Removal*

<b>Adsorben</b>	<b>Kapasitas Adsorpsi (mg H<sub>2</sub>S/gram adsorben)</b>
Activated Carbon + NaOH	0,4
Activated Carbon + Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1,56
Activated Carbon + KOH	1,58
FeO	475
Soil Laterite	15

Maka dipilih soil laterite sebagai adsorben dengan pertimbangan:

1. Kapasitas adsorpsi yang paling tinggi di antara adsorben yang lain
2. Ekonomis dibanding FeO
3. Mudah diperoleh di Indonesia

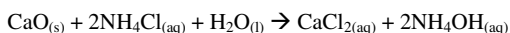
#### 4. Dapat direaksikan pada suhu ruangan

Berdasarkan tingkat efisiensi removal terhadap H<sub>2</sub>S serta biaya operasional, maka metode H<sub>2</sub>S removal yang paling efektif dan efisien adalah menggunakan *soil laterite*. *Soil laterite* mampu menyerap 99% H<sub>2</sub>S dalam biogas sehingga nantinya akan menaikkan kadar CH<sub>4</sub> dalam biogas. Di era ini, *soil laterite* juga masih jarang dalam penggunaannya untuk H<sub>2</sub>S removal, sehingga kami ingin memberikan inovasi baru berupa adsorber pengganti *zeolite* dan *aktif karbon*. Terdapat berbagai macam jenis adsorben yang dapat digunakan dalam menghilangkan kandungan H<sub>2</sub>S pada biogas, seperti *activated carbon*, *silica gel*, dan *zeolit*.

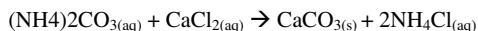
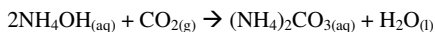
### III.1.2.2 Proses CO<sub>2</sub> Removal

Pemurnian biogas disini dimaksudkan sebagai upaya untuk menghilangkan unsur-unsur penghambat (*impurities*) yang terkandung dalam biogas. Gas CO<sub>2</sub> dalam biogas perlu dihilangkan karena gas tersebut dapat mengganggu proses pembakaran atau mengurangi nilai kalor pembakaran biogas. Pada tahap ini gas yang dihilangkan adalah CO<sub>2</sub> sebagai produk samping dari reaksi pembentukan biogas. Ada beberapa metode pemurnian biogas (CO<sub>2</sub> removal), antara lain: absorpsi fisika, absorpsi kimia, adsorpsi, pemisahan dengan membran, cryogenic dan konversi kimia menjadi senyawa lain. Pada pabrik ini, pemurnian biogas dilakukan dengan metode karbonasi yakni mereaksikan CO<sub>2</sub> dengan CaO yang telah diekstrak oleh NH<sub>4</sub>Cl dengan reaksi sebagai berikut:

- Tahap Ekstraksi

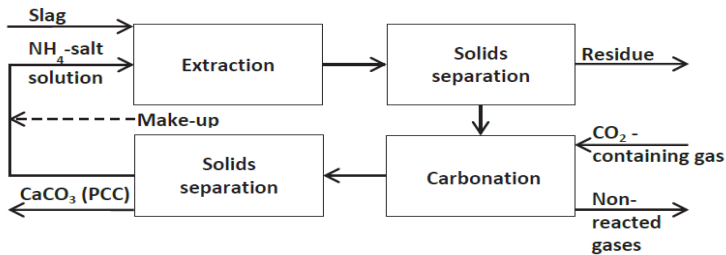


- Tahap Karbonasi



Pada tahap karbonasi, biogas direaksikan dengan larutan hasil ekstraksi. Setelah tahapan karbonasi perlu dilakukan adanya separasi untuk memisahkan *solid* CaCO<sub>3</sub> dengan liquid NH<sub>4</sub>Cl dan H<sub>2</sub>O. Kemudian NH<sub>4</sub>Cl yang dihasilkan bisa *directly* atau digunakan kembali sebagai *solvent* untuk mengekstraksi CaO pada steel slag. Dari tahapan karbonasi untuk menyerap CO<sub>2</sub> maka akan menghasilkan produk berupa CaCO<sub>3</sub> dengan jenis *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC). *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) adalah senyawa kimia yang memiliki rumus CaCO<sub>3</sub>. Akan tetapi PCC memiliki struktur kristal yang berbeda yang biasa disebut dengan kalsit. Bentuk lain adalah struktur struktur yang biasa

disebut dengan aragonite, yang lebih sedikit ditemukan. Blok diagram dalam proses purifikasi biogas hingga mampu menghasilkan PCC dalam dilihat pada gambar III.1



**Gambar III.1** Skema Proses Purifikasi Biogas dan *Precipitated Calcium Carbonated*

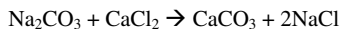
### III.1.2.3 Proses Pembentukan PCC

Precipitated Calcium Carbonate (PCC) adalah senyawa kimia yang memiliki rumus  $\text{CaCO}_3$ . Akan tetapi PCC memiliki struktur kristal yang berbeda yang biasa disebut dengan kalsit. Bentuk lain adalah struktur struktur yang biasa disebut dengan aragonite, yang lebih sedikit ditemukan. Precipitated Calcium Carbonate (PCC) dapat dihasilkan melalui beberapa proses sebagai berikut:

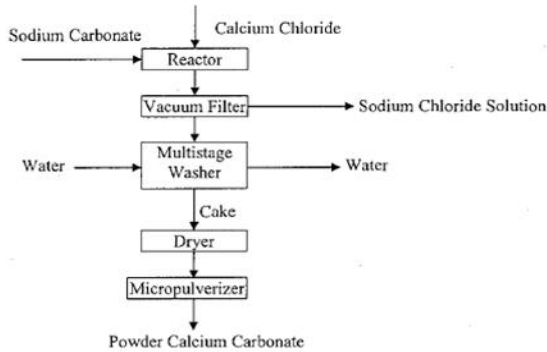
1. Proses *Calcium Chloride-Sodium Carbonate Double Decomposition (Calcium Chloride Process)*
2. Proses Lime-Soda
3. Proses Karbonasi

#### III.1.2.3.1 *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.2**

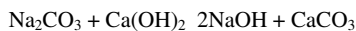


**Gambar III.2** Proses Pembuatan PCC dengan Metode Double Decomposition (Shahinoor, 2007)

Proses ini adalah yang paling sederhana dibanding tiga proses lainnya. Namun membutuhkan kalsium klorida dengan biaya rendah agar menarik secara ekonomi. Plant komersial berada di Solvay dengan fasilitas proses *synthetic 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.1.2.3.2 Lime-Soda

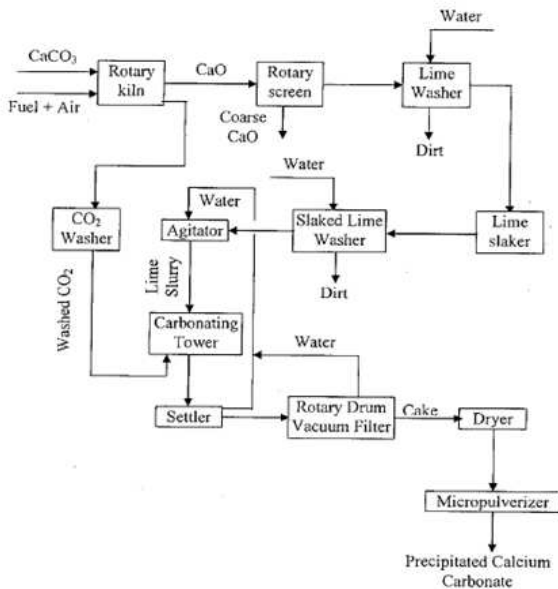
Proses Lime-Soda, disebut juga kausitasi, merupakan metode klasik untuk menghasilkan soda kaustik (soda hidroksida). Proses ini biasanya digunakan oleh pabrik alkali, dimana tujuan utamanya adalah me-recovery sodium hidroksida sedangkan *precipitated calcium carbonate* mentah hanya sebagai *by-product*. Pada proses ini, larutan sodium karbonat direaksikan dengan kalsium hidroksida berlebih untuk menghasilkan sodium hidroksid cair dan *by-product* berupa *precipitated calcium carbonate* (PCC). Proses berlangsung pada suhu 30-60°C dengan konversi rata-rata <90 %. Kualitas PCC yang dihasilkan dari proses ini kurang baik karena distribusi ukuran partikel PCC sangat beragam serta kandungan residu Ca(OH)<sub>2</sub> yang berlebih. Selain itu, pembuatan kaustik soda dengan metode ini mulai digantikan dengan metode elektrolisis.



(Shahinoor, 2007)

### III.1.2.3.3 Carbonation Method

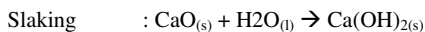
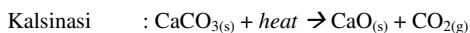
Limestone dikalsinasi di dalam kiln untuk membentuk karbon dioksida dan *quicklime*. Secara umum, produk-produk ini dipurifikasi secara terpisah sebelum digabungkan kembali. *Quicklime* dicampur dengan air sehingga menghasilkan *milk of lime* atau *dry hydrated lime* dimana keduanya adalah kalsium hidroksida. Ketika *dry hydrate* digunakan pada proses selanjutnya maka air akan ditambahkan untuk menghasilkan *milk of lime slurry*. **Gambar III.3** menunjukkan proses produksi PCC dengan metode karbonasi.



**Gambar III.3** 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 peengukur pH. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :





### III.1.3 Seleksi Proses Pembuatan *Precipitated Calcium Carbonated*

#### III.1.3.1 Seleksi Pembentukan PCC

Di antara proses pembuatan PCC, perbandingan proses dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel III.5** Perbandingan Proses Pembuatan PCC

<b>Pembanding</b>	<b>Proses <i>Double Decomposition</i></b>	<b>Proses Lime Soda</b>	<b>Proses Karbonasi dan Kalsinasi</b>
<b>Suhu Reaksi</b>	65°C	55°C	30-60 <sup>0</sup> C
<b>Tekanan Operasi</b>	Atmosferik	Atmosferis atau bertekanan	Atmosferis atau 2-10 atm
<b>Konversi</b>	80%	<90%	95%
<b>Bahan Baku</b>	CaCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>

Sehingga untuk pembuatan PCC proses yang dipilih adalah karbonasi.

Dibandingkan dengan dua proses lainnya, karbonasi memiliki beberapa kelebihan yaitu:

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

### III.1.4 Seleksi Alat Proses

#### III.1.4.1 Pemilihan *Solid-Liquid Separator*

Produk keluaran pada reaktor karbonasi, CaCO<sub>3</sub> masih menyatu dengan liquid NH<sub>4</sub>Cl maka perlu dipisahkan terlebih dahulu untuk mendapatkan CaCO<sub>3</sub> murni sedangkan NH<sub>4</sub>Cl akan direcycle dan digunakan lagi pada tahap ekstraksi. Dalam proses pemisahan produk PCC dengan liquid, terdapat beberapa metode yang digunakan seperti pada **Tabel II.9** berikut:

**Tabel III.6** Perbandingan Jenis *Solid-Liquid Separator*

<b>Jenis Separator</b>	<b><i>Liquid in Solid Product</i></b>	<b>Konsentrasi Padatan Feed</b>	<b>Ukuran Partikel</b>	<b>Biaya</b>
<i>Vacuum drum filter</i>	Baik	Tinggi – Sedang	Sedang	Sedang – Tinggi
<i>Disc filter</i>	Baik	Sedang	Halus	Sedang – Tinggi
<i>Clarifier</i>	Buruk	Rendah	Halus	Sangat rendah
<i>Plate and Frame Filter Press</i>	Baik	Rendah – Sedang	Halus	Sedang
<i>Centrifugati on solid bowl</i>	Sedang	Sedang – Tinggi	Sedang – Halus	Sedang – Tinggi
<i>Thickener</i>	Buruk	Sedang	Sedang	Sangat Rendah
<i>Cyclones</i>	Buruk – Sedang	Rendah – Sedang	Sedang – Halus	Rendah – Sedang
<i>Screens</i>	Buruk-Cukup	Sedang-Tinggi	Kasar	Sedang-Tinggi
<i>Ultrafiltrati on</i>	Sedang	Rendah	Sangat Halus	Sangat Tinggi

(Sebastian Teir, 2016)

Bedasarkan perbandingan di atas, jenis separator yang digunakan adalah

1. *Thickener* digunakan terlebih dahulu untuk mengurangi konsentrasi *liquid* yang masih sangat tinggi dengan biaya yang sangat rendah.
2. Kemudian digunakan *Plate and Frame Filter Press* untuk mendapatkan ukuran partikel yang lebih halus.

#### **III.1.4.2 Pemilihan Dryer**

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



**Tabel III.7** Perbandingan Jenis Dryer

Jenis Dryer	Kebutuhan Energi, 10 <sup>9</sup> MJ/y	Drying Efficiency, %	Fase	Ukuran Partikel	Moisture Content
Conveyor	1.9	40-90	Solid	Intermediate to large	Moderate to high
Drum	2.4	85	Liquid	Intermediate to large	-
Fluidized Bed	23	40-80	Solid	Small	Moderate to high
Rotary (direct)	53	78-90	Solid	Small	Moderate to high
Spray	9.5	50	Liquid	-	-
Vacuum tray	<1	60	Solid	Small	Moderate to high
Microwave to dielectric	<1	60	Solid	Small	Low

(Fellow, 1988)

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

1. Efisiensi yang tinggi mencapai hingga 90%
2. Fase dari *feed* yang masuk berupa *solid* dengan *moisture content* yang tinggi (mencapai sekitar 95%) serta ukuran partikel yang kecil.

#### III.1.4.3 Pemilihan Pompa

**Tabel III.8** Jenis-Jenis Pompa dan Kelebihannya

Tipe	Jenis	Efficiency (%)	Kapasitas (gpm)	Viskositas (cp)	Advantages
Centrifugal	Single Stage	80	5000	0 - 750	Biaya murah
	Multi stage	85	11000		Untuk kapasitas tinggi

<i>Peristaltic</i>		85	2000	>1000	Dapat mengalirkan <i>slurry</i>
<i>Reciprocating</i>	<i>Piston</i>	85	10000	>1000	Untuk tekanan tinggi
	<i>Metering</i>	20	10		Untuk kapasitas rendah
	<i>Diaphragm</i>	20	100		Perawatan mudah

(*Chemical Proses and Design*)

Berdasarkan tabel perbandingan pompa diatas, maka *centrifugal pump single stage* dipilih untuk mengalirkan *slurry* yang memiliki viskositas sebesar 0,49 cp sehingga termasuk dalam range viskositas untuk *Centrifugal Pump*. Jenis pompa yang digunakan pada pabrik ini adalah *Centrifugal Pump*.

#### III.1.4.4 Pemilihan Kompresor

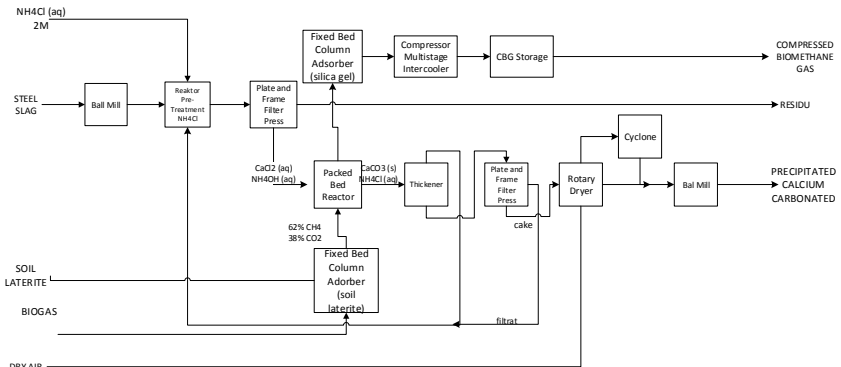
**Tabel III.9** Jenis-Jenis Kompresor

Jenis	<i>Efficiency (%)</i>	<i>Max Pressure (bar)</i>	<i>Specific ratio Compression</i>
<i>Blower</i>	60	0,2	1,1-1,2
<i>Fan</i>	55	0,1	<1,1
<i>Centrifugal</i>	75-80	340	>1,2
<i>Axial Flow</i>	75	9	
<i>Reciprocating</i>	70	2400	
<i>Rotary</i>	80	6	

(*Chemical Proses and Design*)

Pemilihan kompresor didasarkan pada kebutuhan kenaikan tekanan untuk mengalirkan gas dari suatu alat, ke alat yang lain. *Centrifugal compressor* dipilih karena memiliki tekanan yang cukup tinggi untuk menaikkan tekanan sesuai kebutuhan dengan efisiensi yang tinggi sekitar 75-80% dengan menggunakan *compressor single stage*.

## III.2 Uraian Proses



Gambar III.5 Uraian Proses Purifikasi Biogas dan Produksi PCC

### III.2.1 Proses H<sub>2</sub>S Removal

#### III.2.1.1 Pre-Treatment Soil Laterite

Biogas memiliki kandungan H<sub>2</sub>S dan CO<sub>2</sub> sebagai impuritis. Pemurnian biogas dari H<sub>2</sub>S perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum dilakukan karbonasi untuk menghilangkan CO<sub>2</sub>. Salah satu cara menghilangkan H<sub>2</sub>S dari biogas adalah dengan metode adsorpsi. *Soil laterite* digunakan sebagai adsorben pada *fixed bed column adsorber* (D-110 A/B) untuk menyerap H<sub>2</sub>S. *Soil laterite* yang digunakan berasal dari Halmahera, Maluku Utara dengan ukuran sebesar 21 mesh atau 814,2 µm dengan *moisture content* sebesar 18,68% dan kandungan FeO sebesar 84,8%. *Soil laterite* yang digunakan memiliki masa jenuh setelah 7 hari penggunaan, sehingga diperlukan *fixed bed column adsorber* cadangan. *Soil laterite* yang telah jenuh akan di ganti dengan *soil laterite* yang baru mengingat harga *soil laterite* yang murah yakni Rp. 8000/kg sehingga adsorber yang jenuh akan ditreatment oleh Badan Pengolahan Limbah.

#### III.2.1.2 Adsorpsi

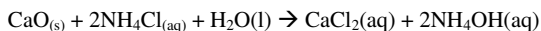
Biogas awal dari PT. Enero memiliki kandungan 61% CH<sub>4</sub>, 38% CO<sub>2</sub> dan 1% H<sub>2</sub>S. Biogas tersebut memiliki tekanan sebesar 1 atm dengan suhu 28°C. Pada saat proses adsorpsi, biogas dari PT. Enero dialirkan menggunakan *compressor* (G-111) untuk menaikkan tekanan biogas dari 1 atm menjadi 2,2 atm. Kemudian biogas yang telah dikompresi dialirkan menuju *fixed bed column adsorber* (D-110 A/B) untuk melakukan proses *H<sub>2</sub>S removal* oleh *soil laterite*. Alasan dinaikkannya tekanan biogas menjadi 2,2 bar adalah untuk menghindari adanya *pressure drop* dari *fixed bed column adsorber* (D-110 A/B). Proses adsorpsi

berlangsung selama 1 jam. Menggunakan *fixed bed column adsorber* (D-110 A/B) mampu menambah waktu kontak biogas dengan *soil laterite* agar penyerapan H<sub>2</sub>S lebih maksimal. *Soil Laterite* dalam *column* memiliki waktu jenuh saat setelah 7 hari. Kemudian biogas yang bebas dari H<sub>2</sub>S dialirkan menuju *packed bed reactor* (R-230) untuk lanjut ke tahap karbonasi. Biogas yang keluar dari *fixed bed column adsorber* (D-110 A/B) memiliki suhu sebesar 48°C sehingga dibutuhkan *heater* (H-231) untuk menaikkan suhu biogas menjadi 55°C dan selanjutnya dialirkan menuju *packed bed column reactor* (R-230)

### III.2.2. Proses CO<sub>2</sub> Removal

#### III.2.2.1 Ekstraksi

Biogas sebagai feed untuk pabrik purifikasi ini, terbentuk dari proses biodigester oleh PT. Enero dengan kemurnian CH<sub>4</sub> sebesar 61% dimana sisanya berupa impuritis seperti CO<sub>2</sub> sebesar 38%. Impuritis tersebut harus dihilangkan untuk mendapatkan *high purity biomethane* dengan metode purifikasi. Purifikasi biogas berawal dari *H<sub>2</sub>S removal* oleh *soil laterite* yang kemudian akan dilanjutkan untuk pengurangan kadar CO<sub>2</sub> pada biogas atau *CO<sub>2</sub> Removal* menggunakan limbah *steel slag* dari PT. Krakatau Steel yang ada di Cilegon. *Steel slag* yang digunakan adalah jenis *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS). GGBFS memiliki kandungan diantaranya berupa kalsium oksida sebesar 45,2% yang akan digunakan sebagai feed memiliki ukuran sebesar 3 mm. *Steel slag* dari *storage* dibawa dengan *belt conveyor* (J-212) menuju *ball mill* (C-213) untuk digrinding hingga ukuran 20µm. *Steel slag* kemudian dibawa menuju *reaktor pre-treatment NH<sub>4</sub>Cl* (R-210) menggunakan *screw conveyor* (J-214) untuk diekstraksi dengan NH<sub>4</sub>Cl pada suhu 60°C di *reaktor pre-treatment* (R-210) dengan *radial flow impeller* jenis *pitched blade turbine* 45° dan waktu tinggal 1 jam untuk menghasilkan *slurry* hasil reaksi CaO dengan NH<sub>4</sub>Cl. NH<sub>4</sub>Cl yang digunakan memiliki konsentrasi sebesar 2M yang dialirkan menggunakan *centrifugal pump* (L-217). Setiap 1 L NH<sub>4</sub>Cl yang digunakan mampu mengekstraksi 100 g *steel slag*. Dengan perbandingan tersebut, NH<sub>4</sub>Cl mampu mengekstraksi CaO sebesar 41%. Reaksi yang terjadi pada proses ekstraksi tersebut adalah sebagai berikut:

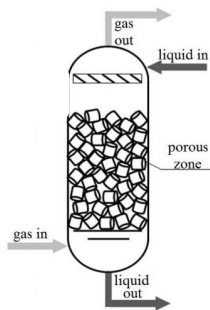
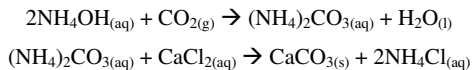


Suhu 60°C adalah suhu optimum CaO dapat larut dengan NH<sub>4</sub>Cl sehingga CaO bisa terekstraksi sempurna sedangkan kandungan lain selain CaO tidak ikut larut. Setelah tahap ekstraksi selesai, *slurry* hasil ekstraksi perlu di filtrasi untuk dipisahkan kandungan padatan atau *impuritis* yang ada didalamnya dengan menggunakan *Plate and Frame Filter Press* (H-220 A/B) dimana *slurry* tersebut dialirkan menggunakan *centrifugal pump* (L-221). *Plate and*

*Frame Filter Press* (H-220 A/B) yang digunakan memiliki efisiensi sebesar 99% dan dioperasikan semi batch dengan 2 alat. Pada tahap ini proses filtrasi berlangsung selama 4 jam dengan pencucian selama 40 menit dan pembongkaran selama 60 menit. *Plate and frame filter press* (H-220 A/B) dengan efisiensi 99% yang digunakan untuk memisahkan residu yang tidak larut dalam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dengan liquid. *Cake* hasil filtrasi keluar sebagai residu dan disalurkan ke *waste treatment* sedangkan filtratnya ditampung dalam *filtrate tank* (F-222) dialirkan ke *packed bed reactor* (R-230) dengan bantuan *centrifugal pump* (L-231)

### III.2.2.2 Karbonasi

Setelah proses filtrasi, filtrat  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{NH}_4\text{OH}$  dialirkan menuju *packed bed reactor* (R-230) dengan jenis bed *raschig ring ceramic* dengan. Biogas dari proses *H<sub>2</sub>S Removal* dialirkan menuju reaktor. Kondisi operasi reaktor yakni suhu  $60^\circ\text{C}$  dan tekanan 2 atm. Reaksi yang terjadi pada reaktor adalah sebagai berikut:



**Gambar III.6** *Packed Bed Reactor*

Tinggi reaktor yang digunakan sebesar 4,77 m dengan diameter reaktor 3,02 m. Aliran yang digunakan adalah *counter current* dengan larutan masuk dari atas kemudian dikontakan dengan gas dari bawah sehingga produk keluaran dari reaktor yang berupa slurry  $\text{CaCO}_3$  akan mengalir kebawah dan biogas akan keluar keatas. Gas yang keluar telah mengandung 83,6% massa metana yang masih mengandung 9,26%  $\text{CO}_2$  dan 7,2%  $\text{H}_2\text{O}$ . Gas tersebut dialirkan menuju *Fixed Bed Column Adsorber* (D-240 A/B) untuk dilakukan pemisahan biogas dengan  $\text{H}_2\text{O}$ , dimana efisiensi yang digunakan sebesar 98%. Biomethane yang keluar dari *Fixed Bed Column Adsorber* (D-240 A/B) memiliki kandungan  $\text{CH}_4$  92% massa,  $\text{CO}_2$  7,9% massa dan  $\text{H}_2\text{O}$  0,1% massa. Biomethane tersebut sudah sesuai dengan

spesifikasi *compressed biomethane gas* (CBG). Namun, biomethane tersebut masih memiliki tekanan sebesar 2 bar sehingga perlu di kompresi menjadi 200 bar sesuai dengan spesifikasi CBG di pasaran. Biogas tersebut dikompres menggunakan *compressor multistage* (G-245). Alasan penggunaan *compressor multistage* yakni adanya *ratio* kompresi dimana batas maksimal *ratio* kompresi sebesar 4 untuk *1 stage compressor*, sedangkan jika nilai  $R_c > 4$  maka *compressor* yang digunakan adalah *multistage* dengan ditambahkan *intercooler* untuk menjaga suhunya tidak naik secara signifikan. Setelah tahap tersebut, maka *biomethane* akan disimpan didalam *spherical storage tank* (F-246) untuk siap dipasarkan.

### III.2.2.3 Pemurnian PCC

Slurry  $\text{CaCO}_3$  keluar menuju ke *Thickener* (H-310) yang digunakan untuk meningkatkan konsentrasi padatan  $\text{CaCO}_3$ . Didalam thickener, solid pada *slurry* tersebut diendapkan dan *liquidnya* dialirkan *overflow* menuju *filtrat tank* (F-215) yang selanjutnya akan di *recycle* ulang menuju *reaktor pre-treatment*  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (R-210). Sludge hasil dari *thickener* (H-310) kemudian dipompa menggunakan *centrifugal pump* (L-311) menuju alat filtrasi berikutnya yakni *Plate and Frame Filter Press* (H-320) yang berfungsi untuk mengurangi kandungan liquid lebih banyak dengan efisiensi 99% yang dijalankan secara semi batch dengan waktu filtrasi selama 4 jam, *washing* selama 40 menit dan pembongkaran selama 80 menit. *Cake* hasil filtrasi akan disalurkan menuju *Rotary Dryer* (B-330) dengan menggunakan *Screw Conveyor* (J-331) untuk menghilangkan kandungan  $\text{H}_2\text{O}$  dalam PCC. Sedangkan filtratnya, akan dialirkan menuju *filtrat tank* (F-215) untuk direcycle kembali menuju *reaktor pre-treatment*  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (R-210),

Sebelum memasuki *Rotary Dryer* (B-330), suhu *cake* PCC adalah  $56,5^\circ\text{C}$ . Udara kering yang digunakan berasal dari udara luar yang dipanaskan di *Heater* (E-332) menggunakan *steam* dengan suhu  $160^\circ\text{C}$  untuk menaikkan suhu udara dari  $30^\circ\text{C}$  menjadi  $120^\circ\text{C}$ . *Dry air* tersebut nantinya akan digunakan untuk menguapkan kandungan  $\text{H}_2\text{O}$  pada *cake*. Pengeringan ini dilakukan dengan sistem *direct drying*, dimana udara bersentuhan langsung dengan PCC selama proses pengeringan. Efisiensi *rotary dryer* yang digunakan sebesar 90% dengan asumsi bahwa 1% padatan terikut dengan *wet air* sehingga perlu adanya pemisahan dengan menggunakan *cyclone* (H-333). *Wet air* yang masuk kedalam *cyclone* (H-333) memiliki suhu sebesar  $41,3^\circ\text{C}$ . *Cyclone* dioperasikan dengan asumsi 100% padatan akan terpisahkan dan udara yang keluar sudah bebas dari solid PCC. PCC yang keluar dari *rotary dryer* maupun *cyclone* memiliki ukuran partikel sebesar  $5\ \mu\text{m}$ . Sehingga perlu Hasil dari proses ini adalah PCC dengan kemurnian 96% massa. Namun, PCC ini masih memiliki ukuran sebesar

5  $\mu$ m sedangkan PCC yang ada di pasaran memiliki kemurnian sebesar 2  $\mu$ m sehingga perlu adanya proses *size reduction* selanjutnya. Maka dari itu setelah keluar dari *Dryer*, PCC dibawa menuju *Ball Mill* (C-335) menggunakan *screw conveyor* (J-334). Setelah dari *Ball Mill*, PCC akan dibawa dengan *Screw Conveyor* (J-336) untuk selanjutnya disimpan ke dalam *PCC Storage* (F-337).

**BAB IV**  
**NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI**

**IV.1 Neraca Massa**

Perhitungan neraca massa meruakan prinsip dasar dalam perancangan desain sebuah pabrik. Dari neraca massa dapat ditentukan kapasitas produksi kebutuhan bahan baku menggunakan perhitungan manual dengan Microsoft Excel. Perhitungan naraca massa menggunakan neraca massa komponen dan neraca massa *overall*. Dalam perhitungan ini berlaku teori hukum Kekekalan Massa dengan asumsi *steady state*. Maka rumus yang digunakan:

$$\left( \begin{array}{c} \text{Aliran massa} \\ \text{(masuk dalam sistem)} \end{array} \right) - \left( \begin{array}{c} \text{Aliran massa} \\ \text{(keluar dalam sistem)} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{Akumulasi massa} \\ \text{dalam sistem} \end{array} \right)$$

Neraca massa Pabrik Purifikasi Biogas PT. Enero Menggunakan Steel Slag dihitung dengan data sebagai berikut

Basis : 1 jam operasi  
Waktu Operasi : 330 hari/tahun ( 1 hari = 24 jam)  
Jumlah kebutuhan Steel Slag : 4731,01 kg/jam  
37469,6 ton/tahun

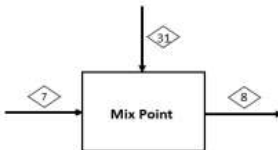
**Komposisi Limbah Blast Furnace Steel Slag PT Krakatau Steel**

Data komposisi steel slag disajikan dalam tabel A.2 dibawah ini:

**Tabel IV.1 Komposisi Steel Slag**

No	Komponen	Fraksi Massa	BM (g/mol)	Fraksi x BM	Mol	Massa (kg)
1	CaO	0,452	56	25,31	38186,01	2138,4
2	Fe2O3	0,0134	159,69	2,14	396,99	63,40
3	SiO2	0,348	60,084	20,91	27401,50	1646,39
4	MgO	0,0099	40,305	0,40	1162,06	46,84
5	Al2O3	0,1479	101,961	15,08	6862,59	699,72
6	K2O	0,0038	94	0,36	191,25	17,98
7	Na2O	0,0022	62	0,14	167,87	10,41
8	TiO2	0,0055	79,87	0,44	325,79	26,02
9	SO3	0,0174	80	1,39	1028,99	82,32
<b>TOTAL</b>		1		66,17	75723,06286	4731,01

**IV.1.1 Mix Point**





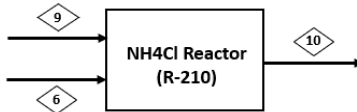
**Tabel IV.2 Neraca Massa Mix Point**

No.	Komponen	Masuk		Keluar
		Aliran <7>	Aliran <31>	Aliran <8>
		Massa (kg)		
1	CaO	0	1,377	1,377
2	Fe2O3	0	0,069	0,069
3	SiO2	0	1,796	1,796
4	MgO	0	0,051	0,051
5	Al2O3	0	0,763	0,763
6	K2O	0	0,020	0,020
7	Na2O	0	0,011	0,011
8	TiO2	0	0,028	0,028
9	SO3	0	0,090	0,090
10	NH4Cl	520,862	4541,319	5062,181
11	H2O	4569,480	39432,007	44001,488
12	CaCO3	0	153,706	153,706
<b>TOTAL</b>		<b>5090,34</b>	<b>44131,24</b>	<b>49221,58</b>

$$\begin{aligned}
 \text{Akumulasi} &= \text{in} - \text{out} + \text{generasi} - \text{konsumsi} \\
 &= ( 5090,34 + 44131 ) - 49221,6 + 0 + 0 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Massa Masuk (kg)		Massa Keluar (kg)	
Aliran <7>	5090,342	Aliran <8>	49221,581
Aliran <31>	44131,239		
<b>Total</b>	<b>49221,581</b>	<b>Total</b>	<b>49221,581</b>

**IV.1.2 Reaktor Pre-Treatment NH4Cl (R-210)**



**Tabel IV.3 Neraca Massa Reaktor Pre-Treatment NH4Cl**

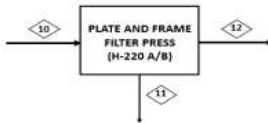
No.	Komponen	Masuk		Reaksi		Keluar
		Aliran <6>	Aliran <8>	Konsumsi	Generasi	Aliran <9>
		Massa (kg)				
1	CaO	2138,42	1,377	876,75	0	1263,04
2	Fe2O3	63,40	0,069	0	0	63,46
3	SiO2	1646,39	1,796	0	0	1648,19
4	MgO	46,84	0,051	0	0	46,89
5	Al2O3	699,72	0,763	0	0	700,48
6	K2O	17,98	0,020	0	0	18,00
7	Na2O	10,41	0,011	0	0	10,42
8	TiO2	26,02	0,028	0	0	26,05
9	SO3	82,32	0,090	0	0	82,41

10	NH4Cl	0	5062,181	1675,22	0	3386,96
11	H2O	0	44001,488	281,81	0	43719,68
12	CaCl2	0	0	0	1737,85	1737,85
13	NH4OH	0	0	0	1095,94	1095,94
14	CaCO3	0	153,706	0	0,00	153,71
<b>TOTAL</b>		<b>4731,48</b>	<b>49221,58108</b>	<b>2833,78</b>	<b>2833,783921</b>	<b>53953,06</b>

$$\begin{aligned}
 \text{Akumulasi} &= \text{in} - \text{out} + \text{generasi} - \text{konsumsi} \\
 &= ( 4731,5 + 49222 ) - 53953 + 2833,8 - 2833,8 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Massa Masuk (kg)		Massa Keluar (kg)	
Aliran <6>	4731,483	Aliran <9>	53953,064
Aliran <8>	49221,581	Konsumsi	2833,784
Generasi	2833,784		
<b>Total</b>	<b>56786,848</b>	<b>Total</b>	<b>56786,848</b>

#### IV.1.3 Plate and Frame Filter Press (H-220 A,B)



Tabel IV.4 Neraca Massa Plate and Frame Filter Press

No.	Komponen	Masuk	Keluar	
		Aliran <10>	Aliran <11>	Aliran <12>
		Massa (kg)		
1	CaO	1263,04	1250,41	12,63
2	Fe2O3	63,46	62,83	0,63
3	SiO2	1648,19	1631,71	16,48
4	MgO	46,89	46,42	0,47
5	Al2O3	700,48	693,48	7,00
6	K2O	18,00	17,82	0,18
7	Na2O	10,42	10,32	0,10
8	TiO2	26,05	25,79	0,26
9	SO3	82,41	81,59	0,82
10	NH4Cl	3386,96	338,70	3048,26
11	H2O	43719,68	4371,97	39347,71
12	CaCl2	1737,85	173,78	1564,06
13	NH4OH	1095,94	109,59	986,34
14	CaCO3	153,71	152,17	1,54
<b>TOTAL</b>		<b>53953,06</b>	<b>8966,56</b>	<b>44986,50</b>

$$\begin{aligned}
 \text{Akumulasi} &= \text{in} - \text{out} + \text{generasi} - \text{konsumsi} \\
 &= ( 53953,1 + 8966,6 ) - 44986,50 + 0 - 0 \\
 &= 17933,121
 \end{aligned}$$

Massa Masuk (kg)	Massa Keluar (kg)
------------------	-------------------

Aliran <10>	53953,06	Aliran <12>	44986,50
		Aliran <11>	8966,56
<b>Total</b>	<b>53953,06</b>	<b>Total</b>	<b>53953,06</b>

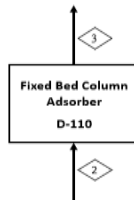
### Komposisi Biogas PT Enero

Data komposisi biogas disajikan dalam tabel A.1 dibawah ini:

**Tabel Komposisi Biogas**

No	Komponen	Fraksi Volume	Volume (m3)	BM (g/mol)	Mol	Massa (kg)
1	CH4	0,61	610	16	23809,7	380,95
2	CO2	0,38	380	44	14832,3	652,62
3	H2S	0,01	10	34	390,32	13,27
<b>TOTAL</b>		<b>1</b>	<b>1000</b>		<b>39032</b>	<b>1046,84</b>

#### IV.1.4. Fixed Bed Column Adsorber (D-110)



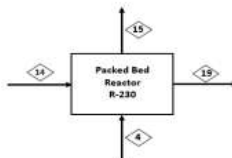
**Tabel IV.5 Neraca Massa Fixed Bed Column Adsorber**

No.	Komponen	Masuk	Keluar	
		Aliran <2>	H2S terserap	Aliran <3>
		Massa (kg)		
1	CH4	380,95	0	380,95
2	CO2	652,62	0	652,62
3	H2S	13,27	13,27	0
<b>TOTAL</b>		<b>1046,84</b>	<b>13,27</b>	<b>1033,57</b>

$$\begin{aligned}
 \text{Akumulasi} &= \text{in} - \text{out} \\
 &= 1046,84 - (13,27 + 1033,57) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Massa Masuk (kg)		Massa Keluar (kg)	
Aliran <2>	1046,84	Aliran <3>	1033,57
		H2S terserap	13,27
<b>Total</b>	<b>1046,84</b>	<b>Total</b>	<b>1046,84</b>

#### IV.1.5. Packed Bed Reactor (R-230)



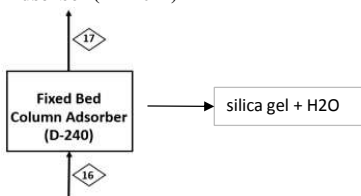
**Tabel IV.6 Neraca Massa Packed Bed Reactor**

No.	Komponen	Masuk		Reaksi		Keluar	
		Aliran <15>	Aliran <4>	Kons.	Gen	Aliran <28>	Aliran <16>
<b>Massa (kg)</b>							
1	CaO	12,63	0	0	0	12,63	0
2	Fe2O3	0,63	0	0	0	0,63	0
3	SiO2	16,48	0	0	0	16,48	0
4	MgO	0,47	0	0	0	0,47	0
5	Al2O3	7,00	0	0	0	7,00	0
6	K2O	0,18	0	0	0	0,18	0
7	Na2O	0,10	0	0	0	0,10	0
8	TiO2	0,26	0	0	0	0,26	0
9	SO3	0,82	0	0	0	0,82	0
10	NH4Cl	3048,25	0	0	1507,7	4555,94	0
11	H2O	39347,47	0	0	253,63	39558,91	42,18
12	CaCl2	1564,05	0	1564,05	0	0,00	0
13	NH4OH	986,34	0	986,34	0	0,00	0
14	CaCO3	1,54	0	0	1409,06	1410,59	0
15	CH4	0,00	380,95	0	0	0,00	380,95
16	CO2	0,00	652,62	619,98	0	0,00	32,63
<b>TOTAL</b>		<b>44986,23</b>	<b>1033,57</b>	<b>3170,37</b>	<b>3170,37</b>	<b>45564,03</b>	<b>455,77</b>

$$\begin{aligned}
 \text{Akumulasi} &= \text{in} - \text{out} + \text{generasi} - \text{konsumsi} \\
 &= ( 44986 + 1033,6 ) - ( 45564 + 455,8 ) \\
 &\quad + 3170,4 - 3170,4 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Massa Masuk (kg)		Massa Keluar (kg)	
Aliran <15>	44986,23	Aliran <28>	45564,03
Aliran <4>	1033,57	Aliran <16>	455,77
Generasi	3170,37	Konsumsi	3170,37
<b>Total</b>	<b>49190,17</b>	<b>Total</b>	<b>49190,17</b>

**IV.1.7 Fixed Bed Column Adsorber (D-240 A)**



**Tabel IV.7 Neraca Massa Fixed Bed Column Adsorber**

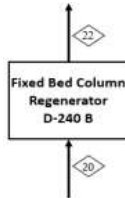
No.	Komponen	Masuk	Keluar	
		Aliran <16>	H2O terserap	Aliran <17>
<b>Massa (kg)</b>				
1	H2O	44,68	43,85	0,83
2	CH4	447,56	0	447,56

3	CO2	14,06	0	14,06
TOTAL		506,30	43,85	462,45

$$\begin{aligned}
 \text{Akumulasi} &= \text{in} - \text{out} + \text{generasi} - \text{konsumsi} \\
 &= 506,30 - (43,9 + 462,45) + 0 - 0 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Massa Masuk (kg)		Massa Keluar (kg)	
Aliran <16>	506,30	Aliran <17>	43,85
		H2O terserap	462,45
<b>Total</b>	506,30	<b>Total</b>	506,30

#### IV.1.8 Fixed Bed Column Regenerator (D-240 B)



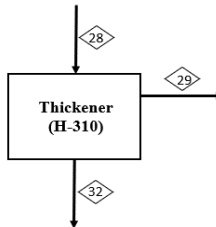
Tabel IV.8 Neraca Massa Fixed Bed Column Regenerator

No.	Komponen	Masuk		Keluar
		Aliran <20>	H2O di silica	Aliran <21>
Massa (kg)				
1	H2O	0,09	47,49	47,58
2	CH4	46,50	0	46,50
3	CO2	1,46	0	1,46
TOTAL		48,05	47,49	95,54

$$\begin{aligned}
 \text{Akumulasi} &= \text{in} - \text{out} \\
 &= (48,05 + 47,5) - 95,54 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Massa Masuk (kg)		Massa Keluar (kg)	
Aliran <17>	48,05	Aliran <18>	95,54
Aliran <19>	47,49		
<b>Total</b>	95,54	<b>Total</b>	95,54

#### IV.1.9 Thickener (H-310)



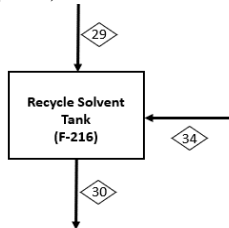
Tabel IV.9 Neraca Massa Thickener

No.	Komponen	Masuk	Keluar	
		Aliran <28>	Aliran <32>	Aliran <29>
		Massa (kg)		
1	CaO	12,63	11,37	1,26
2	Fe2O3	0,63	0,57	0,06
3	SiO2	16,48	14,83	1,65
4	MgO	0,47	0,42	0,05
5	Al2O3	7,00	6,30	0,70
6	K2O	0,18	0,16	0,02
7	Na2O	0,10	0,09	0,01
8	TiO2	0,26	0,23	0,03
9	SO3	0,82	0,74	0,08
10	NH4Cl	4555,96	202,00	4353,97
11	H2O	39559,16	1753,93	37805,22
12	CaCO3	1410,25	1269,22	141,02
	<b>TOTAL</b>	<b>45563,96</b>	<b>3259,88</b>	<b>42304,07</b>

$$\begin{aligned}
 \text{Akumulasi} &= \text{in} - \text{out} + \text{generasi} - \text{konsumsi} \\
 &= 45564 - (3259,9 + 42304) + 0 - 0 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Massa Masuk (kg)		Massa Keluar (kg)	
Aliran <28>	45563,96	Aliran <32>	3259,88
		Aliran <29>	42304,07
Total	45563,96	Total	45563,96

#### IV.1.10 Recycle Solvent Tank (F-216)



Tabel IV.10 Neraca Massa Recycle Solvent Tank

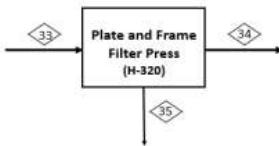
No.	Komponen	Masuk		Keluar
		Aliran <29>	Aliran <34>	Aliran <30>
		Massa (kg)		
1	CaO	1,26	0,114	1,377
2	Fe2O3	0,06	0,006	0,069
3	SiO2	1,65	0,148	1,797
4	MgO	0,05	0,004	0,051
5	Al2O3	0,70	0,063	0,764
6	K2O	0,02	0,002	0,020
7	Na2O	0,01	0,001	0,011
8	TiO2	0,03	0,002	0,028

9	SO3	0,08	0,007	0,090
10	NH4Cl	4353,97	187,353	4541,318
11	H2O	37805,22	1626,774	39431,997
12	CaCO3	141,02	12,692	153,717
<b>TOTAL</b>		<b>42304,07</b>	<b>1827,17</b>	<b>44131,24</b>

$$\begin{aligned} \text{Akumulasi} &= \text{in} - \text{out} + \text{generasi} - \text{konsumsi} \\ &= ( 42304,1 + 1827,2 ) - 44131,2 + 0 + 0 \\ &= 0 \end{aligned}$$

Massa Masuk (kg)		Massa Keluar (kg)	
Aliran <22>	42304,072	Aliran <26>	44131,239
Aliran <26>	1827,167		
<b>Total</b>	<b>44131,239</b>	<b>Total</b>	<b>44131,239</b>

#### IV.1.11 Plate and Frame Filter Press (H-320 A/B)



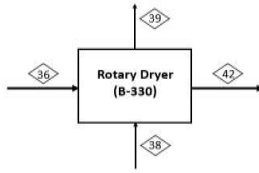
Tabel IV.11 Neraca Massa Plate and Frame Filter Press

No.	Komponen	Masuk	Keluar	
		Aliran <33>	Aliran <35>	Aliran <34>
		Massa (kg)		
1	CaO	11,37	11,25	0,11
2	Fe2O3	0,57	0,57	0,01
3	SiO2	14,83	14,69	0,15
4	MgO	0,42	0,42	0,0042
5	Al2O3	6,30	6,24	0,0630
6	K2O	0,16	0,16	0,0016
7	Na2O	0,09	0,09	0,0009
8	TiO2	0,23	0,23	0,0023
9	SO3	0,74	0,73	0,01
10	NH4Cl	202,00	14,64	187,35
11	H2O	1753,93	127,16	1626,77
12	CaCO3	1269,22	1256,53	12,69
<b>TOTAL</b>		<b>3259,88</b>	<b>1432,72</b>	<b>1827,17</b>

$$\begin{aligned} \text{Akumulasi} &= \text{in} - \text{out} + \text{generasi} - \text{konsumsi} \\ &= 3260 - ( 1432,7 + 1827 ) + 0 - 0 \\ &= 0 \end{aligned}$$

Massa Masuk (kg)		Massa Keluar (kg)	
Aliran <33>	3259,88	Aliran <35>	1432,72
		Aliran <34>	1827,17
<b>Total</b>	<b>3259,88</b>	<b>Total</b>	<b>3259,88</b>

#### IV.1.12. Rotary Dryer (B-330)



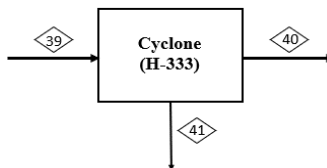
Tabel IV.12 Neraca Massa Rotary Dryer

No.	Komponen	Masuk		Keluar	
		Aliran <36>	Aliran <38>	Aliran <42>	Aliran <39>
Massa (kg)					
1	CaO	11,25	0	11,14	0,11
2	Fe2O3	0,57	0	0,56	0,01
3	SiO2	14,69	0	14,54	0,15
4	MgO	0,42	0	0,41	0,004
5	Al2O3	6,24	0	6,18	0,06
6	K2O	0,16	0	0,16	0,00160
7	Na2O	0,09	0	0,09	0,00093
8	TiO2	0,23	0	0,23	0,00232
9	SO3	0,73	0	0,73	0,01
10	NH4Cl	14,64	0	14,50	0,15
11	H2O	127,16	3,25	5,81	124,59
12	CaCO3	1256,53	0	1130,88	125,65
13	N2	0	2533,03	0	2533,03
14	O2	0	32,47	0	32,47
15	CO2	0	681,97	0	681,97
<b>TOTAL</b>		<b>1432,72</b>	<b>3250,727</b>	<b>1185,23</b>	<b>3498,22</b>

$$\begin{aligned}
 \text{Akumulasi} &= \text{in} - \text{out} + \text{generasi} - \text{konsumsi} \\
 &= ( 1432,7 - 3250,7 ) - ( 1185,2 + 3498,2 ) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Massa Masuk (kg)		Massa Keluar (kg)	
Aliran <28>	1432,72	Aliran <34>	1185,23
Aliran <30>	3250,73	Aliran <31>	3498,22
<b>Total</b>	<b>4683,44</b>	<b>Total</b>	<b>4683,44</b>

#### IV.1.13 Cyclone (H-333)



Tabel IV.13 Neraca Massa Cyclone

		Masuk	Keluar
--	--	-------	--------

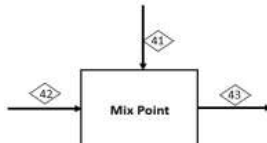


No.	Komponen	Aliran <39>	Aliran <40>	Aliran <41>
		Massa (kg)		
1	CaO	0,11	0	0,11
2	Fe2O3	0,01	0	0,01
3	SiO2	0,15	0	0,15
4	MgO	0,00	0	0,00
5	Al2O3	0,06	0	0,06
6	K2O	0,002	0	0,0016
7	Na2O	0,001	0	0,0009
8	TiO2	0,002	0	0,0023
9	SO3	0,007	0	0,01
10	NH4Cl	0,146	0	0,15
11	H2O	124,59	124,59	0
12	CaCO3	125,65	0	125,65
13	N2	2533,03	2533,03	0
14	O2	32,47	32,47	0
15	CO2	681,97	681,97	0
<b>TOTAL</b>		<b>3498,22</b>	<b>3372</b>	<b>126,14</b>

$$\begin{aligned}
 \text{Akumulasi} &= \text{in} - \text{out} + \text{generasi} - \text{konsumsi} \\
 &= 3498,22 - ( 3372,1 + 126,1 ) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Massa Masuk (kg)		Massa Keluar (kg)	
Aliran <39>	3498,22	Aliran <40>	3372,07
		Aliran <41>	126,14
<b>Total</b>	<b>3498,22</b>	<b>Total</b>	<b>3498,22</b>

#### IV.1.14 Mix Point



Tabel IV.14 Neraca Massa Mix Point

No.	Komponen	Masuk		Keluar
		Aliran <42>	Aliran <41>	Aliran <43>
		Massa (kg)		
1	CaO	11,141	0,113	11,254
2	Fe2O3	0,560	0,006	0,565
3	SiO2	14,539	0,147	14,685
4	MgO	0,414	0,004	0,418
5	Al2O3	6,179	0,062	6,241
6	K2O	0,159	0,002	0,160
7	Na2O	0,092	0,001	0,093
8	TiO2	0,230	0,002	0,232

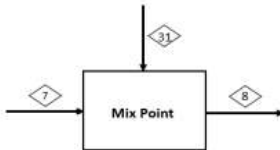
9	SO3	0,727	0,007	0,734
10	NH4Cl	14,498	0,146	14,645
11	H2O	5,813	0,000	5,813
12	CaCO3	1130,878	125,653	1256,531
<b>TOTAL</b>		<b>1185,228</b>	<b>126,143</b>	<b>1311,371</b>

$$\begin{aligned}
 \text{Akumulasi} &= \text{in} - \text{out} + \text{generasi} - \text{konsumsi} \\
 &= ( 1185,23 + 126,14 ) - 1311,371399 + 0 - 0 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Massa Masuk (kg)		Massa Keluar (kg)	
Aliran <34>	1185,228	Aliran <35>	1311,371
Aliran <33>	126,143		
<b>Total</b>	<b>1311,371</b>	<b>Total</b>	<b>1311,371</b>

## IV.2 Neraca Energi

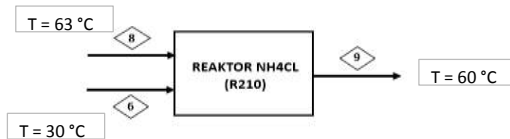
### IV.2.1. Mix Point



Tabel IV.15 Neraca Energi Mix Point

No.	Energi Aliran Masuk	Energi Aliran Keluar
1	Aliran <9>	Aliran <10>
	6034,305	6031,92
3	Aliran <23>	
	22,507	
<b>Total</b>		<b>Total</b>
<b>6056,811</b>		<b>6031,917</b>

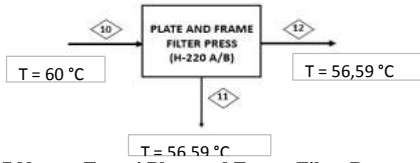
### IV.2.2. Reaktor Pre-Treatment NH4Cl (R-210)



Tabel IV.16 Neraca Energi Reaktor Pre-Treatment NH4Cl

No.	Energi Aliran Masuk	Energi Aliran Keluar
1	Aliran <10>	Aliran <11>
	7186,25	6794,262
2	Aliran <8>	Aliran air pendingin
	17,84	1042679,991
3	Aliran air pendingin	
	208536,00	
4	Entalpi Reaksi	
	833734,17	
<b>Total</b>		<b>Total</b>
<b>1049474,25</b>		<b>1049474,25</b>

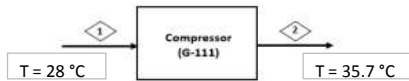
### IV.2.3. Plate and Frame Filter Press (H-220 A,B)



**Tabel IV.17 Neraca Energi Plate and Frame Filter Press**

No.	Energi Aliran Masuk (kJ/jam)		Energi Aliran Keluar (kJ/jam)	
1.	Aliran <12>	6794,262	Aliran <13>	697,800
			Aliran <14>	5417,038
2.			Q <sub>loss</sub>	679,426
	<b>Total</b>	<b>6794,262</b>	<b>Total</b>	<b>6794,263</b>

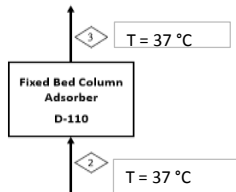
#### IV.2.4 Compressor (G-111)



**Tabel IV.18 Neraca Energi Compressor**

No.	Energi Aliran Masuk		Energi Aliran Keluar	
1	Aliran <1>	4,221	Aliran <2>	15,215
2	W	10,994		
	<b>Total</b>	<b>15,215</b>	<b>Total</b>	<b>15,215</b>

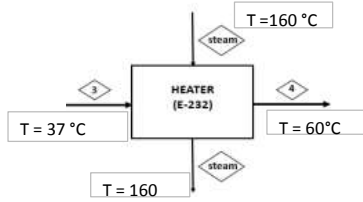
#### IV.2.5. Fixed Bed Column Adsorber (D-110 A/B)



**Tabel IV.19 Neraca Energi Fixed Bed Column Adsorber**

No.	Masuk		Keluar	
1	Aliran <2>	15,215	Aliran <3>	51,685
2	Enthalpi Reaksi	36,470		
	<b>Total</b>	<b>51,685</b>	<b>Total</b>	<b>51,685</b>

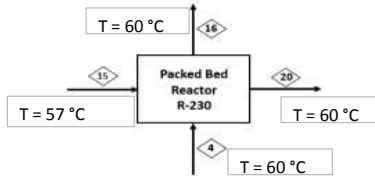
IV.2.6 Heater (E-232)



Tabel IV.20 Neraca Energi Heater

No.	Energi Aliran Masuk	Energi Aliran Keluar
1	Aliran <3>	Aliran <4>
2	Steam in	Kondensat out
	<b>Total</b>	<b>Total</b>
	60,35	60,35

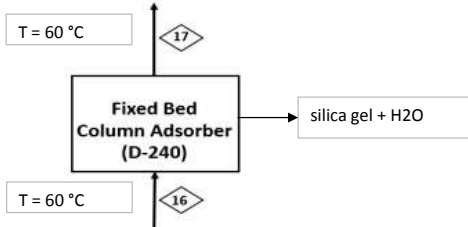
IV.2.7. Packed Bed Reactor (R-230)



Tabel IV.21 Neraca Energi Packed Bed Reactor

No.	Energi Aliran Masuk	Energi Aliran Keluar
1	Aliran <4>	Aliran <16>
2	Aliran <15>	Aliran <20>
3	Enthalpi Reaksi	Aliran Air pendingin
4	Aliran air pendingin	
	<b>Total</b>	<b>Total</b>
	4407794,26	4407794,26

IV.2.8. Fixed Bed Column Adsorber (D-240)

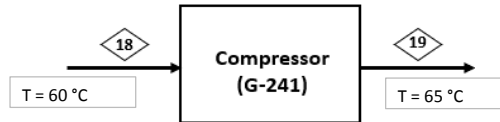


Tabel IV.20 Neraca Energi Fixed Bed Column Adsorber

No.	Energi Aliran Masuk	Energi Aliran Keluar
1	$\Delta H$ in	$\Delta H$ out
	41,644	41,644

Total	41,644	Total	41,644
-------	--------	-------	--------

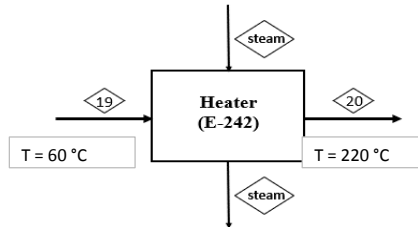
#### IV.2.9. Compressor (G-241)



Tabel IV.21 Neraca Energi Compressor

No.	Energi Aliran Masuk		Energi Aliran Keluar	
1	Aliran <18>	3,712	Aliran <19>	4,438
2	W	0,726		
	<b>Total</b>	<b>4,438</b>	<b>Total</b>	<b>4,438</b>

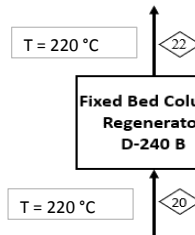
#### IV.2.10. Heater



Tabel IV.22 Neraca Energi Heater

No.	Energi Aliran Masuk		Energi Aliran Keluar	
1	Aliran <19>	3,722	Aliran <20>	62,74
		6,945		
3	Steam in	101,89	Kondensat Out	49,81
	<b>Total</b>	<b>112,55</b>	<b>Total</b>	<b>112,55</b>

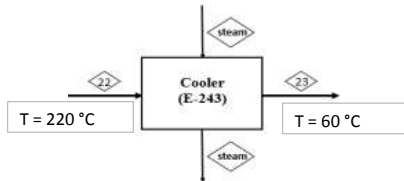
#### IV.2.11. Fixed Bed Coloumn Regenerator (D-240 B)



**Tabel IV.23 Neraca Energi Fixed Bed Column Adsorber**

No.	Energi Aliran Masuk		Energi Aliran Keluar	
1	$\Delta H$ in	62,717	$\Delta H$ out	62,717
	Total	62,717	Total	62,717

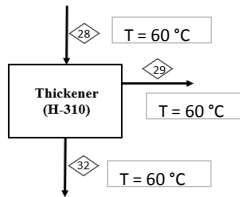
**IV.2.12. Cooler (E-243)**



**Tabel IV.24 Neraca Energi Cooler**

Masuk		Keluar		
1	$\Delta H$ in	62,717	$\Delta H$ out	10,664
2			Q air pendingin	52,053
	Total	62,717	Total	62,717

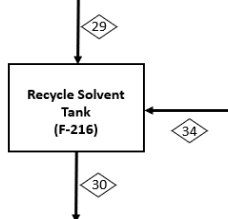
**IV.2.13 Thickener (H-310)**



**Tabel IV.25 Neraca Energi Thickener**

No.	Energi Aliran Masuk		Energi Aliran Keluar	
1	Aliran <28>	6060,220	Aliran <32>	274,90
2			Aliran <29>	5785,32
	Total	6060,220	Total	6060,220

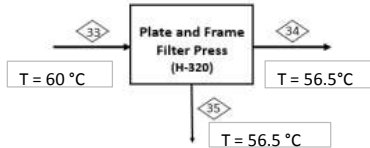
**IV.2.14 Recycle Solvent Tank (F-216)**



**Tabel IV.26 Neraca Energi Recycle Solvent Tank**

No.	Energi Aliran Masuk		Energi Aliran Keluar	
1	Aliran <29>	5785,32	Aliran <30>	6009,41
2	Aliran <34>	224,09		
	<b>Total</b>	<b>6009,41</b>	<b>Total</b>	<b>6009,411</b>

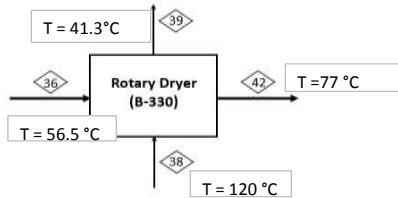
**IV.2.15 Plate and Frame Filter Press (H-320 A/B)**



**Tabel IV.27 Neraca Energi Plate&Frame Filter Press**

No.	Energi Aliran Masuk		Energi Aliran Keluar	
1	Aliran <33>	274,90	Aliran <34>	224,09
			Aliran <35>	23,32
			Q loss	27,49
	<b>Total</b>	<b>274,90</b>	<b>Total</b>	<b>274,90</b>

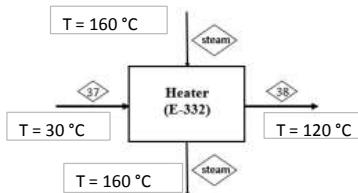
**IV.2.16 Rotary Dryer (B-330)**



**Tabel IV.28 Neraca Energi Rotary Dryer**

No.	Energi Aliran Masuk		Energi Aliran Keluar	
1	Aliran <36>	176810,84	Aliran <39>	267786,27
2	Aliran <38>	113776,11	Aliran <42>	22800,69
	<b>Total</b>	<b>290587,0</b>	<b>Total</b>	<b>290587,0</b>

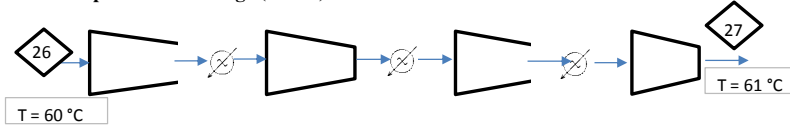
**IV.2.17 Heater (E-333)**



**Tabel IV.29 Neraca Energi Heater**

No.	Energi Aliran Masuk		Energi Aliran Keluar	
1	Aliran <37>	15,83	Aliran <38>	303,97
2	Steam in	381,61	Kondensat Out	93,47
	<b>Total</b>	<b>397,44</b>	<b>Total</b>	<b>397,44</b>

**IV.2.18 Compressor Multistage (G-245)**



**Tabel IV.30 Neraca Energi Compressor Multistage**

No.	Energi Aliran Masuk		Energi Aliran Keluar	
1	Aliran <26>	145076,61	Aliran <27>	146016,16
2	W kompresi	1285,50	Qh	21181,95
3	Qc	20836,00		
	<b>Total</b>	<b>167198,11</b>	<b>Total</b>	<b>167198,11</b>



**BAB V**  
**DAFTAR DAN HARGA PERALATAN**

**1. Fixed Bed Coloumn (D-110)**

<b>Kesimpulan Spesifikasi Alat</b>	
Nama Alat	: <b>Fixed Bed Column Adsorber</b>
Kode Alat	: D-110
Fungsi Alat	: Mengadsorpsi kandungan H <sub>2</sub> S pada aliran biogas
Tipe	: Silinder packing dengan tutup atas dan bawah berbentuk dish head.
Jenis Sambungan	: Double welded butt joined
Bahan Konstruksi	: SA 167 type 304 grade 3
Kapasitas	: 1046,84 kg/jam
Jumlah	: 1
Spek	: Tinggi bed = 14,976 m
	Tinggi shell = 18,720 m
	Tebal Shell = 0,010 m
	Tebal tutup atas = 0,010 m
	Tinggi tutup atas = 0,587 m
	Tebal tutup bawah = 0,010 m
	Tinggi tutup bawah = 0,010 m
	Tinggi tangki total = 19,893 m
	OD = 3,200 m
	ID = 3,120 m

Harga : \$ 59.868

**2. Biogas Compressor (G-111)**

<b>Kesimpulan Spesifikasi Alat</b>	
Nama Alat	: <b>Compressor</b>
Kode Alat	: G-111
Fungsi Alat	: Menaikkan tekanan biogas menuju <i>fixed bed column adsorber</i>
Tipe	: <i>Centrifugal compressor</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Cast Iron</i>
Kondisi Operasi	: P <sub>suction</sub> = 1,0 atm
	P <sub>discharge</sub> = 2,2 atm
Kapasitas	: 1046,84 kg/jam
Jumlah	: 1
Spek	: Mechanical Efisiensi = 75%
	Power = 37,19 kW = 49,87 hp

Harga : \$ 75.194

**3. Steel Slag Storage (F-211)**

<b>Kesimpulan Spesifikasi Alat</b>	
Nama Alat	: <b>Steel Slag Storage</b>
Kode Alat	: F-211
Fungsi Alat	: Menyimpan steel slag sebagai bahan baku yang akan digunakan

Bahan Konstruksi	:	Batu bata dan semen
Kapasitas	:	3406668,04 kg
Jumlah	:	1
Spek	:	Panjang = 14,223 m
		Lebar = 7,1115 m
		Tinggi = 10,667 m

Harga : \$ 48.086

#### 4. Belt Conveyor (J-212)

##### Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	:	<b>Belt Conveyor</b>
Jenis Alat	:	<i>Troughed belt on continuous plate</i>
Kode Alat	:	J-212
Fungsi Alat	:	Memindahkan Steel Slag Menuju Ball Mill
Power	:	0,29724 Hp
Kapasitas	:	4959,47 kg/jam
Jumlah	:	1
Spek	:	Lebar = 0,36 m
		Tinggi skrit pla = 17,78 m
		Kemiringan = 15 °
		Kecepatan = 200 ft/menit = 1,016 m/s

Harga : \$ 12.572

#### 5. Ball Mill (C-213)

##### Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	:	<b>Ball Mill</b>
Jenis Alat	:	Marcy ball mill
Kode Alat	:	C-213
Fungsi Alat	:	Memperkecil ukuran Steel Slag
Bahan Konstruksi	:	<i>Cast Iron</i>
Kapasitas	:	4731,48 kg/jam
Jumlah	:	1
Spek	:	Diameter Bola = 0,03886 m
		Kecepatan = 28,9835 rpm
		Pengelasan = <i>Double Welded Butt Joint</i>
		Power = 150 kW

Harga : \$ 43.105

#### 6. Screw Conveyor (J-214)

##### Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	:	<b>Screw Conveyor</b>
Kode Alat	:	J-214
Fungsi Alat	:	Memindahkan Steel Slag dari Ball Mill menuju reaktor NH4Cl
Bahan Konstruksi	:	II G,H,J
Kapasitas	:	173,51 ft3/jam
Jumlah	:	1

Spek	:	Tipe Bearing	=	<i>Sealmaster Bearing</i>
		Power Dibutuhkan	=	0,207 hp
		Rotasi Screw	=	30,98 rpm

Harga : \$ 4.191

### 7. *NH4Cl Storage Tank (F-215)*

<b>Kesimpulan Spesifikasi Alat</b>				
Nama Alat	:	<b>NH4Cl Storage Tank</b>		
Kode Alat	:	F-215		
Fungsi Alat	:	Menampung bahan baku NH4Cl sebelum masuk ke reaktor NH4Cl		
Bahan Konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>		
Kapasitas	:	2613,51	m <sup>3</sup>	
Jumlah	:	1		
Tinggi tutup atas	=	2,86		
Tebal tutup atas	=	0,07625		

Harga : \$ 242.825

### 8. *Recycle NH4Cl Tank (F-216)*

<b>Kesimpulan Spesifikasi Alat</b>				
Nama Alat	:	<b>Recycle NH4Cl Storage Tank</b>		
Kode Alat	:	F-216		
Fungsi Alat	:	Menampung aliran overflow dari Thickener yang akan di recycle menuju reaktor NH4Cl		
Bahan Konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>		
Kapasitas	:	810,27	m <sup>3</sup>	
Jumlah	:	1		
Spek	:	Tinggi Tutup Atas	=	1,84 m
		Tebal Tutup Atas	=	2,5 in = 0,0635 m
		Diameter Storage	=	14 m
		Tinggi Storage	=	5 m

Harga : \$ 463.499

### 9. *Recycle Pump (L-217)*

<b>Kesimpulan Spesifikasi Alat</b>				
Nama Alat	:	<b>Centrifugal Pump</b>		
Kode Alat	:	L-217		
Fungsi Alat	:	Memompa hasil recycle ke mix point		
Tipe	:	<i>Positive displacement pump</i>		
Bahan	:	<i>Cast iron</i>		
Kapasitas	:	44131	kg/jam	
Pipa	:	Pipa 5 in sch 40		
Power	:	1,85 hp		
Head	:	7,14 m		
Jumlah	:	1 unit		

Harga : \$ 49.092

### 10. Pre-Treatment Pump (L-218)

Kesimpulan Spesifikasi Alat	
Nama Alat	: Pre-Treatment Pump
Kode Alat	: L-218
Fungsi Alat	: Memompa pelarut NH <sub>4</sub> Cl ke Reaktor Pre-Treatment
Tipe	: Positive displacement pump
Bahan	: Cast iron
Kapasitas	: 49222 kg/jam
Pipa	: Pipa 5 in sch 40
Power	: 2,98 hp
Head	: 10,32 m
Jumlah	: 1 unit

Harga : \$ 50.289

### 11. Reaktor Ekstraksi (R-210)

Kesimpulan Spesifikasi Alat	
Nama Alat	: Reaktor Ekstraksi
Jenis Alat	: Continous Stirred Tank Reactor
Kode Alat	: R-210
Fungsi Alat	: Ekstraksi CaO pada steel slag menggunakan pelarut NH <sub>4</sub> Cl
Bahan Konstruksi	: Carbon steel SA-283 grade C
Kapasitas	: 69,7095 m <sup>3</sup>
Jumlah	: 1
Spek. Tangki	: <ul style="list-style-type: none"><li>- Diameter (OD) = 3,05 m</li><li>- Diameter (ID) = 3,04 m</li><li>- Tinggi shell = 4,55 m</li><li>- Tinggi tutup atas = 0,41 m</li><li>- Tinggi tutup bawah = 0,41 m</li><li>- Tebal shell = 0,01 m</li><li>- Tebal tutup atas = 0,02 m</li><li>- Tebal tutup bawah = 0,02 m</li></ul>
Spek. Nozzle Aliran Utama	: <ul style="list-style-type: none"><li>Jenis = pipa 5 in sch 40</li><li>Outside diameter of flange (A) = 0,25 m</li><li>Thickness of flange minimum (T) = 0,03 m</li><li>Outside diameter of raised face ( R) = 0,19 m</li><li>Diameter of hub at base (E) = 0,16 m</li><li>Diameter of hub at point of welding (K) = 0,14 m</li><li>Length through hub (L) = 0,09 m</li><li>Inside diameter of standard wall pipe (B) = 0,13 m</li></ul>
Spek. Nozzle Aliran NH <sub>4</sub> Cl	: <ul style="list-style-type: none"><li>Jenis = pipa 2 in sch 40</li><li>Outside diameter of flange (A) = 0,25 m</li><li>Thickness of flange minimum (T) = 0,03 m</li><li>Outside diameter of raised face ( R) = 0,19 m</li><li>Diameter of hub at base (E) = 0,16 m</li><li>Diameter of hub at point of welding (K) = 0,14 m</li><li>Length through hub (L) = 0,09 m</li></ul>

Spek. Pengaduk	Inside diameter of standard wall pipe (I=	0,13	m
	- Jenis	=	<i>pitched blade turbine</i>
	- Jumlah	=	2 unit
	- Diameter	=	0,91 m
	- Lebar blade (W)	=	0,18 m
	- Panjang blade (L)	=	0,23 m
	- Lebar Baffle (J)	=	0,25 m
	- Power	=	2,02 hp

Harga : \$ 251.806

### 12.1 Slurry CaCl<sub>2</sub>&NH<sub>4</sub>OH Pump (L-221)

<b>Kesimpulan Spesifikasi Alat</b>			
Nama Alat	:	<i>Centrifugal Pump</i>	
Kode Alat	:	L-221	
Fungsi Alat	:	Memompa larutan CaCl <sub>2</sub> dan NH <sub>4</sub> OH ke Plate and Frame Filter Press	
Tipe	:	<i>Positive displacement pump</i>	
Bahan	:	<i>Cast iron</i>	
Kapasitas	:	53953	kg/jam
Pipa	:	Pipa 5 in sch 40	
Power	:	15,63	hp
Head	:	52,50	m
Jumlah	:	1 unit	

Harga : \$ 50.768

### 13. Plate and Frame Filter Press (H-220)

<b>Kesimpulan Spesifikasi Alat</b>			
Nama Alat	:	<i>Plate and Frame Filter Press</i>	
Kode Alat	:	H-220	
Fungsi Alat	:	Memisahkan residu steel slag dengan NH <sub>4</sub> OH dan CaCl <sub>2</sub>	
Bahan Konstruksi	:	<i>Cast Iron</i>	
Kapasitas	:	53952,75	kg/jam
Jumlah	:	1	
Spek	:	Luas filter	= 3,7 m <sup>2</sup>
		Jumlah frame	= 15 buah
		Jumlah plate	= 14 buah
		Jumlah cake/siklus	= 53799 kg

Harga : \$ 161.045

### 14. Filtrat Tank (F-222)

<b>Kesimpulan Spesifikasi Alat</b>			
Nama Alat	:	<i>Filtrat Tank</i>	
Kode Alat	:	F-222	
Fungsi Alat	:	Menampung filtrat CaCl <sub>2</sub> dan NH <sub>4</sub> OH sebelum masuk ke packed bed reactor	
Bahan Konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>	
Kapasitas	:	166,82	m <sup>3</sup>

Jenis Pipa	:	Pipa 2,5 in sch 40		
Jumlah	:	1		
Spek	:	Tinggi Tutup Atas	=	1,02 m
		Tebal Tutup Atas	=	0,02 m
		Diameter Storage	=	7,62 m
		Tinggi Storage	=	3,66 m

Harga : \$ 134.464

### 15. *Centrifugal Pump (L-231)*

<b>Kesimpulan Spesifikasi Alat</b>				
Nama Alat	:	<i>Centrifugal Pump</i>		
Kode Alat	:	L-231		
Fungsi Alat	:	Mengalirkan Filtrat Plate and Frame ke <i>Packed bed Reactor</i>		
Tipe	:	<i>Positive Displacement Pump</i>		
Bahan	:	<i>Cast iron</i>		
Kapasitas	:	53953,1 kg/jam		
Pipa	:	Pipa 5 in sch 40		
Power	:	3,58 hp		
Head	:	11,3125 m		
Jumlah	:	1 unit		

Harga : \$ 45.500

### 16. *Heater (E-232)*

<b>Kesimpulan Spesifikasi Alat</b>				
Nama Alat	:	<i>Heater</i>		
Jenis Alat	:	1-2 Shell and Tube Heat Exchanger		
Kode Alat	:	E-232		
Fungsi Alat	:	Menaikkan suhu udara pengering rotary dryer		
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA-129 A		
Jumlah	:	6 unit disusun paralel		
Spek	:	<b>Shell Side</b>		
		Diameter Dalam	=	0,94 m
		Baffle Space	=	0,4699 m
		Passes	=	2
		$\Delta P$	=	0,068 atm
		<b>Tube Side</b>		
		Diameter Luar	=	0,0381 m
		Jumlah Tube	=	268
		BWG	=	18
		Passes	=	1 m
		$\Delta P$	=	0,0000023 atm

Harga : \$94.711

### 17. *Packed Bed Reactor (R-230)*

<b>Kesimpulan Spesifikasi Alat</b>		
Nama Alat	:	<i>Packed Bed Reactor</i>

Kode Alat	: R-230
Fungsi	: Mereaksikan CO2 dengan NH4OH dan CaCl2
Jumlah	: 1 Alat
Kondisi Operasi	: T = 60 °C P = 2 bar = 1,97433 atm
Diameter Reaktor	: 3,02381 m
Tinggi Reaktor	: 4,76952 m
Pressure Drop	: 0,0007 bar
Diameter Packing	: 0,038 m
Jenis Packing	: Raschig Ring Ceramic
Tinggi Packing	: 3,55032 m

Harga : \$ 198.643

### 18. Fixed Bed Column Adsorber (D-240)

#### Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	: Fixed Bed Column Adsorber (D-240)
Kode Alat	: D-240
Fungsi Alat	: Menghilangkan kandungan H2O yang terkandung pada aliran biogas
Tipe	: Silinder packing dengan tutup atas dan bawah berbentuk torispherical dish head
Jenis Sambungan	: Double welded butt joint
Bahan Konstruksi	: SA 167 type 304 grade 1
Jumlah	: 2
Spek	: Tinggi bed = 14 m
	Tinggi shell = 6 m
	Tebal Shell = 0,00794 m
	Tebal tutup atas = 0,01111 m
	Tinggi tutup atas = 0,25217 m
	Tebal tutup bawah = 0,01111 m
	Tinggi tutup bawah = 0,25217 m
	Tinggi tangki total = 6,68 m
	OD = 1,524 m
	ID = 2 m

Harga : \$ 9.579

### 19. Multistage Compressor (G-245)

#### Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	: Multistage Compressor
Kode Alat	: G-245
Tipe	: Centrifugal Compressor
Fungsi Alat	: Menaikan Tekanan Gas Untuk disimpan di CBG Storage
Bahan Konstruksi	: Cast Iron
Kapasitas	: 414,43 kg/jam
Kondisi Operasi	: P <sub>suction</sub> = 1,9 atm
	P <sub>discharge</sub> = 197,43 atm
Spek	: Mechanical Efisiensi = 95%
	Power = 94,6698 hp

Jumlah Stage = 4 stage buah  
Harga : \$ 728.596

#### 20. *CBG Storage (F-246)*

##### Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat : *CBG Storage*  
Kode Alat : F-246  
Fungsi Alat : Tempat penyimpanan produk Compressed Biomethane Gas  
Bahan Konstruksi : PVC bag pondasi beton  
Kapasitas : #REF! ft3  
Jumlah : 15 unit  
Spek : Diameter Tank = 2 m  
Tebal = 0,0762 m  
Pengelasan = *double welded butt joint*  
Material = *High Alloy Steel SA 240 Grade B*

Harga : \$ 64.658

#### 21. *Thickener (H-310)*

##### Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat : *Thickener*  
Kode Alat : H-310  
Fungsi Alat : Memisahkan liquid (H<sub>2</sub>O dan NH<sub>4</sub>Cl) dengan solid PCC  
Tipe : *Circular*  
Bahan : *Carbon Steel*  
Kapasitas : 45564 kg/jam  
Tinggi : 5,13 m  
Diameter : 6,15 m  
Daya : 0,47 hp  
Waktu Tinggal : 1 jam

Harga : \$ 33.526

#### 22. *Slurry CaCO<sub>3</sub> Pump (L-321)*

##### Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat : *Slurry CaCO<sub>3</sub> Pump*  
Kode Alat : L-321  
Fungsi Alat : Memompa cake PCC menuju Plate and Frame Filter Press  
Tipe : *Centrifugal Pump*  
Bahan : *Cast Iron*  
Kapasitas : 3260,7 kg/jam  
Pipa : Pipa size 10 inch sch 40  
Power : 0,4792 hp  
Head : 64,374 m  
Jumlah : 1 unit

Harga : \$ 56.037



### 23. Plate and Frame Filter Press (H-320)

#### Kesimpulan Spesifikasi alat

Nama Alat	:	<b>Plate and Frame Filter Press</b>
Kode Alat	:	H-320
Fungsi	:	Memisahkan cake PCC dengan filtrat yang tidak dipakai
Tipe	:	<i>Horizontal plate &amp; frame</i>
Bahan Plate	:	<i>Cast Iron</i>
Dimensi	:	Luas filter : 11,3699 m <sup>2</sup> Jumlah frame : 2 buah Jumlah plate : 1 buah
Jumlah cake/siklus	:	8598,43 kg
Waktu tinggal	:	6 jam
Jumlah Alat	:	1 buah

Harga : \$ 161.045

### 24. Cake Storage (F-322)

#### Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama alat	:	<b>Cake storage tank</b>
Kode Alat	:	F-322
Fungsi alat	:	Tempat penyimpanan cake PCC sementara sebelum masuk <i>rotary dryer</i>
Tipe	:	Storage berbentuk dome dengan tutup atas berbentuk conical dan tutup bawah berbentuk <i>flat bottomed</i> pada pondasi
Kapasitas	:	66,5707 ft <sup>3</sup> = 1,88508 m <sup>3</sup>
Bahan Konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Jumlah Tangki	:	1 unit
Spek. Tangki	:	- Diameter tangki (OD) = 3,65764 m - Diameter (ID) = 3,64494 m - Tinggi : shell = 5,46742 m tutup atas = 0,48833 m - Tebal : shell = 0,06 m tutup atas = 0,19 m

Harga : \$ 6.446

### 25.Screw Conveyor (J-331)

#### Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	:	<b>Screw Conveyor</b>
Kode Alat	:	J-331
Fungsi Alat	:	Memindahkan PCC dari Plate and Frame Filter Press ke rotary dryer
Bahan Konstruksi	:	III E
Kapasitas	:	1433,06 kg/jam
Jumlah	:	1
Spek	:	Tipe Bearing = <i>Sealmaster Bearing</i> Power Dibutuhkan = 0,03302 hp Rotasi Screw = 28,9416 rpm

Harga : \$ 4.191

### 26. Heater (E-332)

#### Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	:	<i>Heater</i>		
Jenis Alat	:	1-2 Shell and Tube Heat Exchanger		
Kode Alat	:	E-332		
Fungsi Alat	:	Menaikkan suhu udara sebelum rotary dryer		
Bahan Konstruksi	:	<i>Carbon Steel SA-129 A</i>		
Jumlah	:	6 unit disusun paralel		
Spek	:	<b>Shell Side</b>		
		Diameter Dalam	= 37 in =	0,9398 m
		Baffle Space	= 19 in =	0,4699 m
		Passes	=	2
		ΔP	= 0,35789198 psi =	#N/A atm
		<b>Tube Side</b>		
		Diameter Luar	= 1 1/2 in =	0,0381 m
		Jumlah Tube	=	268
		BWG	=	18
		Passes	=	1
		ΔP	= 5,42094E-06 psi =	#N/A atm

Harga : \$ 94.592

### 27. Rotary Dryer (B-330)

#### Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	:	<b>Rotary Dryer</b>
Kode Alat	:	B-330
Fungsi Alat	:	Mengeringkan PCC setelah dari Plate and Frame Filter Press
Tipe	:	<i>Direct Continuous Rotary Dryer</i>
Bahan	:	<i>Carbon Steel</i>
Kapasitas	:	1432,72 kg/jam
Panjang	:	9,49009 m
Diameter	:	1,51533 m
Putaran	:	6 rpm
Kemiringan	:	2,29183 derajat
Waktu Tinggal	:	1,7 jam

Harga : \$ 194.691

### 28.Screw Conveyor (J-334)

#### Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	:	<b>Screw Conveyor</b>
Kode Alat	:	J-334
Fungsi Alat	:	Mengalirkan PCC dari <i>Rotary Dryer</i> menuju <i>Ball Mill</i>
Bahan Konstruksi	:	III E
Kapasitas	:	1435,96 kg/jam
Jumlah	:	1

Spek	:	Tipe Bearing	=	<i>Sealmaster Bearing</i>
		Power Dibutuhkan	=	0,03224 hp
		Rotasi Screw	=	28,2569 rpm

Harga : \$ 4.191

### 29. Cyclone (H-332)

#### Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	:	<b>Cyclone</b>		
Kode Alat	:	(H-332)		
Fungsi Alat	:	Memisahkan padatan CaCO <sub>3</sub> yang masih terkandung aliran pada udara pengering keluar rotary dryer		
Kapasitas	:	3498,22	kg/jam	
Jumlah	:	1		
Spek	:	Tinggi Cyclone	=	1,10 m
		Diameter Cyclone	=	0,28 m
		Diameter Inlet	=	0,13774 m
		Diameter Dust Out	=	0,069 m
		Diameter Gas Out	=	0,13774 m

Harga : \$ 39.992

### 30. Ball Mill (C-335)

#### Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	:	<b>Ball Mill</b>		
Type	:	<b>Marcy ball mill</b>		
Kode Alat	:	C-335		
Fungsi Alat	:	Memperkecil ukuran produk Precipitated Calcium Carbonat		
Bahan Konstruksi	:	<i>Cast Iron</i>		
Kapasitas	:	1435,96	kg/jam	
Jumlah	:	1		
Spek	:	Diameter Bola	=	0,00152 m
		Kecepatan	=	31,2691 rpm
		Power	=	90 kW

Harga : \$ 658.909

### 31.Screw Conveyor (J-336)

#### Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	:	<b>Screw Conveyor</b>		
Kode Alat	:	J-336		
Fungsi Alat	:	Memindahkan PCC menuju ke PCC Storage		
Bahan Konstruksi	:	III E		
Kapasitas	:	1435,96	kg/jam	
Jumlah	:	1		
Spek	:	Tipe Bearing	=	<i>Sealmaster Bearing</i>
		Power Dibutuhkan	=	0,03224 hp
		Rotasi Screw	=	28,2569 rpm

Harga : \$ 2.874

### 32. PCC Storage (F-337)

#### Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama Alat	:	<b>PCC Storage</b>
Kode Alat	:	F-337
Fungsi Alat	:	Menyimpan produk Precipitated Calcium Carbonat (PCC)
Jumlah	:	1 unit
Kapasitas	:	1033894,661 kg
Waktu Tinggal	:	30 hari
Ukuran	:	P = 13,8689 m
		l = 6,93446 m
		t = 10,4017 m
Bahan Konstruksi	:	Batu bata dan semen

Harga : \$ 5.831

## **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 appendix 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 : 3282 ton biogas per tahun  
10383 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 Biogas dari Vinnase adalah perusahaan swasta nasional 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 memproduksi 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 *divident* (*Directing*)



### 3. Direktur Utama

Direktur utama adalah pemegang kepengurusan 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 Biogas dari Vinnase 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

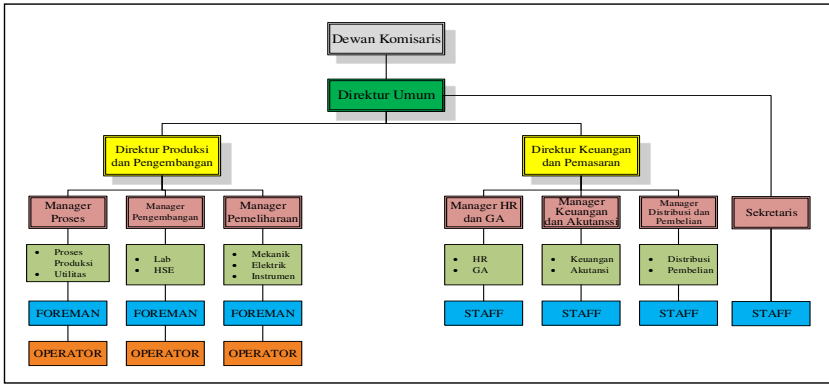
Manager bertanggung jawab kepada Direktur Utama. Selain sebagai pengontrol aktivitas departemen yang dibawahinya, juga harus berkoordinasi dengan Manager lain agar tercipta keselarasan dalam pekerjaan. Dalam pabrik Biogas dari Vinnase ini terdapat tiga manager yaitu, manager produksi, manager keuangan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

- Mengkoordinasikan aktivitas baik intra & antar departemen yang dibawahinya
- Mempertinggi 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 Sruktur 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 *Biomethane* dan PCC dari Vinnase Pabrik Bioethanol 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 *Putifikasi* Biogas dengan *Steel Slag* Metode Karbonasi menggunakan *Packed Bed Reactor* ini digunakan untuk kepentingan :

- Air proses, meliputi : air proses dan air pendingin.

Pada unit pengolahan air ini, peralatan yang digunakan meliputi : Pendingin pada tangki CSTR

Pada umumnya, air proses 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/busa, 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 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 *Putifikasi* Biogas dengan *Steel Slag* Metode Karbonasi menggunakan *Packed Bed Reactor* 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 Potensial Ekonomi (EP)**

Potensial ekonomi didefinisikan sebagai

$$\begin{aligned} EP &= (\text{Nilai Produk}) - (\text{Biaya Bahan Baku}) \\ &= \text{Rp } 316.253.678.400 - \text{Rp } 20.160.315.307 \\ &= \text{Rp } 296.093.363.093 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, maka pabrik ini memiliki potensi ekonomi yang cukup besar sehingga layak untuk didirikan.

#### **VI.4.2 Laju Pengembalian Modal (IRR)**

Dari hasil perhitungan pada Appendiks D, didapatkan harga  $i = 29,2\%$ . Harga  $i$  yang diperoleh lebih besar dari nilai bunga pinjaman modal sehingga pabrik ini layak didirikan.

#### **VI.4.3 Waktu Pengembalian Modal (POT)**

Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendiks D didapatkan bahwa waktu pengembalian modal minimum adalah 3 tahun 4 bulan.

#### **VI.4.4 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) = 16,08 %.

## 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 Steel Slag (Packed Bed Reactor) 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 Purifikasi Biogas PT. Enero dengan Karbonasi Mineral  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dari Steel Slag (Packed Bed Reactor) dapat didirikan di Kelurahan Gempolkerep, Kecamatan Gedeg, Kota Mojokerto, Jawa Timur dengan Kapasitas 38.511 ton *steel slag* dan 8.290 ton biogas per tahun, yang akan memproduksi 10.386 ton PCC per tahun dan 82.258 ton *biomethane* per tahun, dan pabrik beroperasi secara kontinyu 24 jam/hari, selama 330 hari dalam setahun.

#### 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 20,20% per tahun, dimana lebih besar dari suku bunga bank yang sebesar 12% per tahun.
- b. Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time/POT*) adalah 4,6 tahun.
- c. Titik Impas (*Break Even Point/BEP*) sebesar 29,64%.

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 Steel Slag (Packed Bed Reactor) ini layak untuk didirikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriliani, Nurul Fitria. 2016. *Studi Literatur Pcc (Precipitated Calcium Carbonate) Untuk Aplikasi Bidang Teknik*. Jurnal Teknik A Vol 8 No 1 Maret 2016. ISSN No. 2085 – 0859
- Balat, M., And H. Balat. 2009. *Biogas As A Renewable Energy Source - A Review. Energy Sources. Part A: Recovery, Utilization, And Environmental Effects. 31:14, 1280-1293*. Beil, Michael, And Wiebke Beyrich. 2013. "Biogas Upgrading To Bimethane." *In The Biogas Handbook*, By Arthur Wellinger, Jerry Murphy And David Baxter. 342-377. Woodhead Publishing Limited.
- Brownell, L.e. and Young, E.H., 1959. "Process Equipment Design". New Delhi : Wiley Eastern Limited.
- Budzianowski, Wojciech M., And Marlena Brodacka. 2016. "Biomethane Storage: Evaluation Of Technologies, End Uses, Business Models And Sustainability." *Energy Conversion Management*. Doi:10.1016/J.Enconman.2016.08.071.
- Dankkewerts, P.V. 1970 "Gas-Liquid Reaction". Mc Graw-Hill book Company : New York. *Engineering Data Book, Gpsa Engineering Data Book, 12<sup>th</sup> Edition.*, Gas Processors Suppliers, Association Tulsa, Ok, 2004a.
- Eloneva, Sanni. 2009. *Reduction of CO<sub>2</sub> emissions from Steel Plants by Using Steelmaking Slags for Production of Marketable Calcium Carbonate*. Finlandia
- Geankoplis, Christie John. 2003. *Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operation), 4th Edition*. USA : Pearson Education Inc
- Himmelblau, David. M. *Basic Principles And Calculations In Chemical Engineering 8<sup>th</sup> Edition*. United States: Pearson Education, Inc
- Kajian Supply Demand Energy 2012*. Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kern, Donald. 1950. "Process Heat Transfer". New York : McGraw-Hill Book Company.
- Kusnarjo. 2010. "Desain Alat Industri Kimia". Surabaya : ITS Press.
- Ludwig, Ernest. 2011. "Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants". San Fransisco : Elsevier.
- Mc Cabe, W.L., Julian Smith, Peter Hariot. 1993. "Unit Operation of Chemical Engineering 6<sup>th</sup> edition". Singapore: Mc Graw Hill, Inc.