

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

Sampah merupakan material sisa yang tidak diinginkan setelah berakhirnya suatu proses. Sampah merupakan didefinisikan oleh manusia menurut derajat keterpakaianya, dalam proses-proses alam sebenarnya tidak ada konsep sampah, yang ada hanya produk-produk yang dihasilkan setelah dan selama proses alam tersebut berlangsung. Akan tetapi karena dalam kehidupan manusia didefinisikan konsep lingkungan maka Sampah dapat dibagi menurut jenis-jenisnya. (Wikipedia, 2012)

Sampah dapat diklasifikasikan berdasarkan jenisnya menjadi :

1. Sampah organik - dapat diurai (*degradable*)

Sampah organik adalah sampah yang mengandung senyawa-senyawa organik yang tersusun dari unsur-unsur karbon, hydrogen dan oksigen. Sampah organik mudah membusuk seperti sisa makanan, sayuran, daun-daun kering, dan sebagainya. Sampah ini dapat diolah lebih lanjut menjadi kompos.

2. Sampah anorganik - tidak terurai (*undegradable*)

Sampah Anorganik, yaitu sampah yang tidak mudah membusuk, seperti plastik wadah pembungkus makanan, kertas, plastik mainan, botol dan gelas minuman, kaleng, kayu, dan sebagainya. Sampah ini dapat dijadikan sampah komersil atau sampah yang laku dijual untuk dijadikan produk lainnya. Beberapa sampah anorganik yang dapat dijual adalah plastik wadah pembungkus makanan, botol dan gelas bekas minuman, kaleng, kaca, dan kertas, baik kertas koran, HVS maupun karton.

Berdasarkan data yang ada pada Dinas Kebersihan Kota Medan adapun komposisi unsur-unsur dari sampah organik basis kering dapat dilihat dalam tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Komposisi Sampah Organik

Bahan Organik	Persentase, %
Sampah dedaunan	32
Makanan	16,2
Kertas	17,5
Kayu	4,5

(Dinas Kebersihan Kota Medan, 2005)

Adapun komposisi sampah berdasarkan unsurnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.2 Komposisi Sampah berdasarkan Unsur

Komponen Sampah	Persentase Massa (Berat Kering)					
	Carbon	Hidrogen	Oksigen	Nitrogen	Sulfur	Abu
Dedaunan	47,80	6,00	38,00	3,40	0,30	4,50
Makanan	48,00	6,40	37,60	2,60	0,10	5,30
Kertas	43,50	6,00	44,00	0,30	0,20	6,00
Kayu	49,50	6,00	42,70	0,20	0,10	1,50

(Dinas Kebersihan Kota Medan, 2005)

2.2 Gas Bio

Gas bio adalah gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya kotoran manusia, kotoran hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah organik (*biodegradable*) atau setiap limbah organik yang *biodegradable* dalam kondisi anaerobik. Kandungan utama dalam gas bio adalah metana dan karbon dioksida. Gas bio dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan maupun untuk menghasilkan listrik.

Gas bio yang dihasilkan oleh aktivitas mikroba anaerobik dengan mengolah limbah *biodegradable* sangat populer digunakan. karena bahan bakar dapat dihasilkan sambil menghancurkan bakteri patogen dan sekaligus mengurangi volume limbah buangan. Metana dalam gas bio, bila terbakar akan relatif lebih bersih

daripada batu bara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Pemanfaatan gas bio memegang peranan penting dalam manajemen limbah karena metana merupakan gas rumah kaca yang lebih berbahaya dalam pemanasan global bila dibandingkan dengan karbon dioksida. Karbon dalam gas bio merupakan karbon yang diambil dari atmosfer oleh fotosintesis tanaman, sehingga bila dilepaskan lagi ke atmosfer tidak akan menambah jumlah karbon di atmosfer bila dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar fosil (Wikipedia, 2012).

Saat ini, banyak negara maju meningkatkan penggunaan gas bio yang dihasilkan baik dari limbah cair maupun limbah padat atau yang dihasilkan dari sistem pengolahan biologi mekanis pada tempat pengolahan limbah.

Adapun komposisi gas bio secara umum dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Komposisi Gas Bio

Komponen	Persentase, %
Metana (CH ₄)	55-75
Karbon Dioksida (CO ₂)	25-45
Nitrogen (N ₂)	0-0,3
Hidrogen (H ₂)	1-5
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	0-3
Oksigen (O ₂)	0,1-0,5

(Wikipedia, 2012)

Nilai kalori dari 1 meter kubik Gas bio sekitar 6.000 Watt jam yang setara dengan setengah liter minyak diesel. Oleh karena itu Gas bio sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah, LPG, butana, batu bara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil (Setiarto, 2010).

2.3 Mekanisme Penghasilan Gas Bio

Sampah Organik sayur-sayuran dan buah-buahan seperti layaknya kotoran ternak adalah substrat terbaik untuk menghasilkan gas bio. Proses pembentukan gas bio melalui pencernaan anaerobik merupakan proses bertahap, dengan 4 tahap utama yakni (Lettinga, et all, 1994) :

1. Tahap Hidrolisis

Dimana pada tahap ini bahan-bahan organik seperti karbohidrat, lipid, dan protein didegradasi oleh mikroorganisme hidrolitik menjadi senyawa terlarut seperti asam karboksilat, asam keton, asam hidroksi, keton, alkohol, gula sederhana, asam-asam amino, H_2 dan CO_2 .

2. Tahap Asidogenesis

Tahap asidogenesis merupakan tahap penguraian monomer-monomer dari Asam lemak rantai panjang, Gliserin, Asam amino, Glukosa, Purin dan Pyrimidin. Monomer tersebut diuraikan hingga menjadi Asam lemak volatil, alkohol, H_2S , CO_2 , N_2 , H_2 .

3. Asetogenesis

Hasil asidogenesis dikonversi menjadi hasil akhir bagi produksi metana berupa asetat, hidrogen, dan karbondioksida. Sekitar 70% dari COD semula diubah menjadi asam asetat. Pembentukan asam asetat kadang-kadang disertai dengan pembentukan karbondioksida atau hidrogen, tergantung kondisi oksidasi dari bahan organik aslinya.

4. Metanogenesis

Pada tahap metanogenesis, terbentuk metana dan karbondioksida. Metana dihasilkan dari asetat atau dari reduksi karbondioksida oleh bakteri asetotropik dan hidrogenotropik dengan menggunakan hidrogen.

Tiga tahap pertama di atas disebut sebagai fermentasi asam sedangkan tahap keempat disebut fermentasi metanogenik (Lettinga, et all, 1994). Tahap asetogenesis terkadang ditulis sebagai bagian dari tahap asidogenesis.

Berbagai studi tentang digesti anerobik pada berbagai ekosistem menunjukkan bahwa 70 % atau lebih metana yang terbentuk diperoleh dari asetat, jadi asetat merupakan intermediet kunci pada seluruh fermentasi pada berbagai ekosistem tersebut. Hanya sekitar 33% bahan organik yang dikonversi menjadi metana melalui jalur hidrogenotropik dari reduksi CO. Reaksi kimia pembentukan metan dari asam asetat dan reduksi CO_2 menggunakan H_2 (Marchaim, 1992).

2.4 Faktor yang Mempengaruhi Penghasilan Gas Bio

Proses pembentukan gas bio dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain (Anonim, 2009) :

1. Temperatur/Suhu,

Suhu udara maupun suhu di dalam tangki pencerna mempunyai andil besar di dalam memproduksi gas bio. Suhu udara secara tidak langsung mempengaruhi suhu di dalam tangki pencerna, artinya penurunan suhu udara akan menurunkan suhu di dalam tangki pencerna. Peranan suhu udara berhubungan dengan proses dekomposisi anaerobik.

2. Ketersediaan Unsur Hara,

Bakteri anaerobik membutuhkan nutrisi sebagai sumber energi yang mengandung nitrogen, fosfor, magnesium, sodium, mangan, kalsium dan kobalt (Space and McCarthy didalam Gunerson and Stuckey, 1986). Level nutrisi harus sekurangnya lebih dari konsentrasi optimum yang dibutuhkan oleh bakteri metanogenik, karena apabila terjadi kekurangan nutrisi akan menjadi penghambat bagi pertumbuhan bakteri. Penambahan nutrisi dengan bahan yang sederhana seperti glukosa, buangan industri, dan sisa sisa tanaman terkadang diberikan dengan tujuan menambah pertumbuhan di dalam digester.

3. Derajat Keasaman (pH),

Peranan pH berhubungan dengan media untuk aktivitas mikroorganisme. Bakteri-bakteri anaerob membutuhkan pH optimal antara 6,2 – 7,6, tetapi yang baik adalah 6,6 – 7,5. Pada awalnya media mempunyai pH \pm 6 selanjutnya naik sampai 7,5. Tangki pencerna dapat dikatakan stabil apabila larutannya mempunyai pH 7,5 – 8,5. Batas bawah pH adalah 6,2, dibawah pH tersebut larutan sudah toxic, maksudnya bakteri pembentuk gas bio tidak aktif. Pengontrolan pH secara alamiah dilakukan oleh ion NH_4^+ dan HCO_3^- . Ion-ion ini akan menentukan besarnya pH.

4. Rasio Carbon Nitrogen (C/N),

Proses anaerobik akan optimal bila diberikan bahan makanan yang mengandung karbon dan nitrogen secara bersamaan. CN ratio menunjukkan perbandingan jumlah dari kedua elemen tersebut. Pada bahan yang memiliki jumlah karbon 15 kali dari jumlah nitrogen akan memiliki C/N ratio 15 berbanding 1. C/N ratio

dengan nilai 30 ($C/N = 30/1$ atau karbon 30 kali dari jumlah nitrogen) akan menciptakan proses pencernaan pada tingkat yang optimum, bila kondisi yang lain juga mendukung. Bila terlalu banyak karbon, nitrogen akan habis terlebih dahulu. Hal ini akan menyebabkan proses berjalan dengan lambat. Bila nitrogen terlalu banyak (C/N ratio rendah; misalnya 30/15), maka karbon habis lebih dulu dan proses fermentasi berhenti.

5. Kandungan Padatan dan Pencampuran Substrat,

Walaupun tidak ada informasi yang pasti, mobilitas bakteri metanogen di dalam bahan secara berangsur – angsur dihalangi oleh peningkatan kandungan padatan yang berakibat terhambatnya pembentukan gas bio. Selain itu yang terpenting untuk proses fermentasi yang baik diperlukan pencampuran bahan yang baik akan menjamin proses fermentasi yang stabil di dalam pencernaan. Hal yang paling penting dalam pencampuran bahan adalah menghilangkan unsur – unsur hasil metabolisme berupa gas (metabolites) yang dihasilkan oleh bakteri metanogen, mencampurkan bahan segar dengan populasi bakteri agar proses fermentasi merata, menyeragamkan temperatur di seluruh bagian pencernaan, menyeragamkan kerapatan sebaran populasi bakteri, dan mencegah ruang kosong pada campuran bahan.

2.5 Metana Cair

Gas metana (CH_4) yang merupakan komponen utama dalam gas bio merupakan zat kriogenik yang mencair pada suhu rendah, pada temperatur sekitar $-259^{\circ}F$ ($-161,6^{\circ}C$) pada tekanan 1 atm. Oleh karena itu, diperlukan juga refrigerant yang bertemperatur sangat rendah untuk mencairkan gas tersebut.

Teknologi pencairan merupakan proses yang penting dalam produksi gas bio. Terdapat beberapa proses lisensi pencairan dengan berbagai tingkat penerapan dan pengalaman. Prinsip dasar untuk pendinginan dan pencairan gas menggunakan pendingin adalah termasuk menyesuaikan sedekat mungkin kurva pendinginan/ pemanasan gas proses dan pendingin. Hasilnya berupa proses termodinamika yang lebih efisien yang membutuhkan daya yang lebih efisien per unit LNG yang diproduksi. Hal ini berlaku pada semua proses pencairan.

Ada dua jenis proses pencairan secara umum (Smith, et all, 2005), yaitu:

1. Proses Pencairan Gas Metode Claude

- Gas di kompres dengan Kompresor sehingga tekanan naik menjadi 60 atm dan suhu menjadi 112°C .
- Gas kemudian dilewatkan ke Cooler untuk menurunkan suhu gas bio menjadi 27°C dengan air sebagai media pendingin.
- Selanjutnya gas dialirkan ke Heat Exchanger I untuk menurunkan suhu menjadi $-19,4^{\circ}\text{C}$.
- Sebelum masuk ke Heat Exchanger II, gas bio dialirkan ke Splitter untuk mengalihkan sebagian gas bio menuju Ekspander, yang keluarannya akan bercampur dengan gas bio yang tidak mencair dari Flash Drum untuk dipakai sebagai refrigeran.
- Gas bio yang tidak dialihkan oleh Splitter akan menuju Heat Exchanger II sehingga diperoleh suhu $-75,4^{\circ}\text{C}$.
- Selanjutnya CH_4 ini dialirkan ke Throttle untuk menurunkan tekanan ke 1 atm dan suhu menjadi -160°C (kondisi perubahan fasa gas metana menjadi cair) dan kemudian dialirkan ke Flash Drum.
- Pada Flash Drum, terjadi pemisahan antara gas CH_4 dan cairan CH_4 dengan efisiensi 11,3%, dimana gas CH_4 di-*recycle* sebagai media pendingin.

2. Proses Pencairan Gas Metode Linde

- Proses pencairan gas Linde hampir sama dengan proses Claude, tetapi Linde tidak mengalihkan sebagian gas menuju Ekspander dan hanya menggunakan satu buah Heat Exchanger saja.

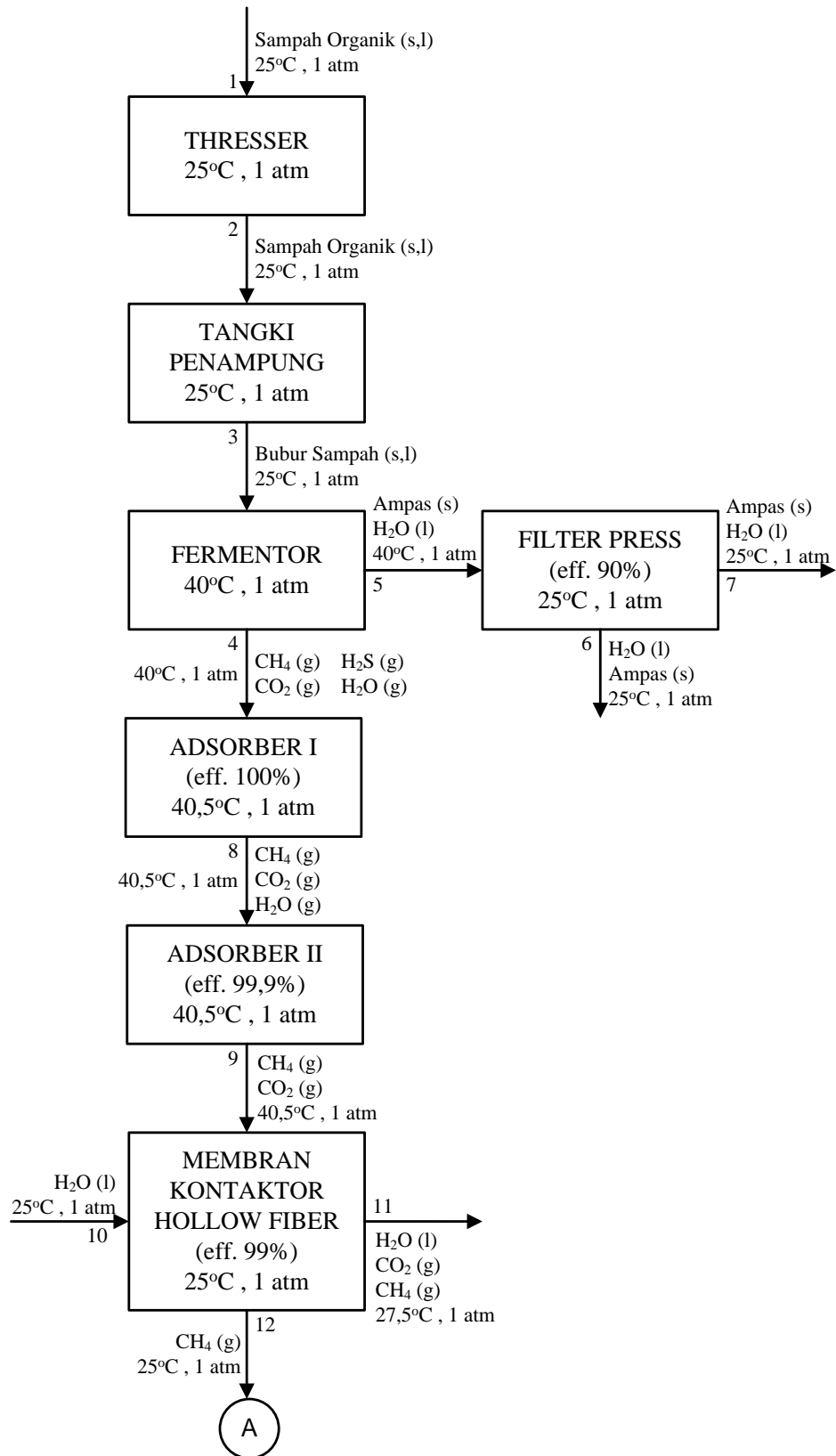
Dari kedua proses diatas, proses Claude terbukti lebih efektif dan efisien dalam mencairkan gas bio, sehingga untuk pra rancangan pabrik pembuatan metana cair dari sampah organik ini akan dipakai proses pencairan gas metode Claude (Smith, et all, 2005).

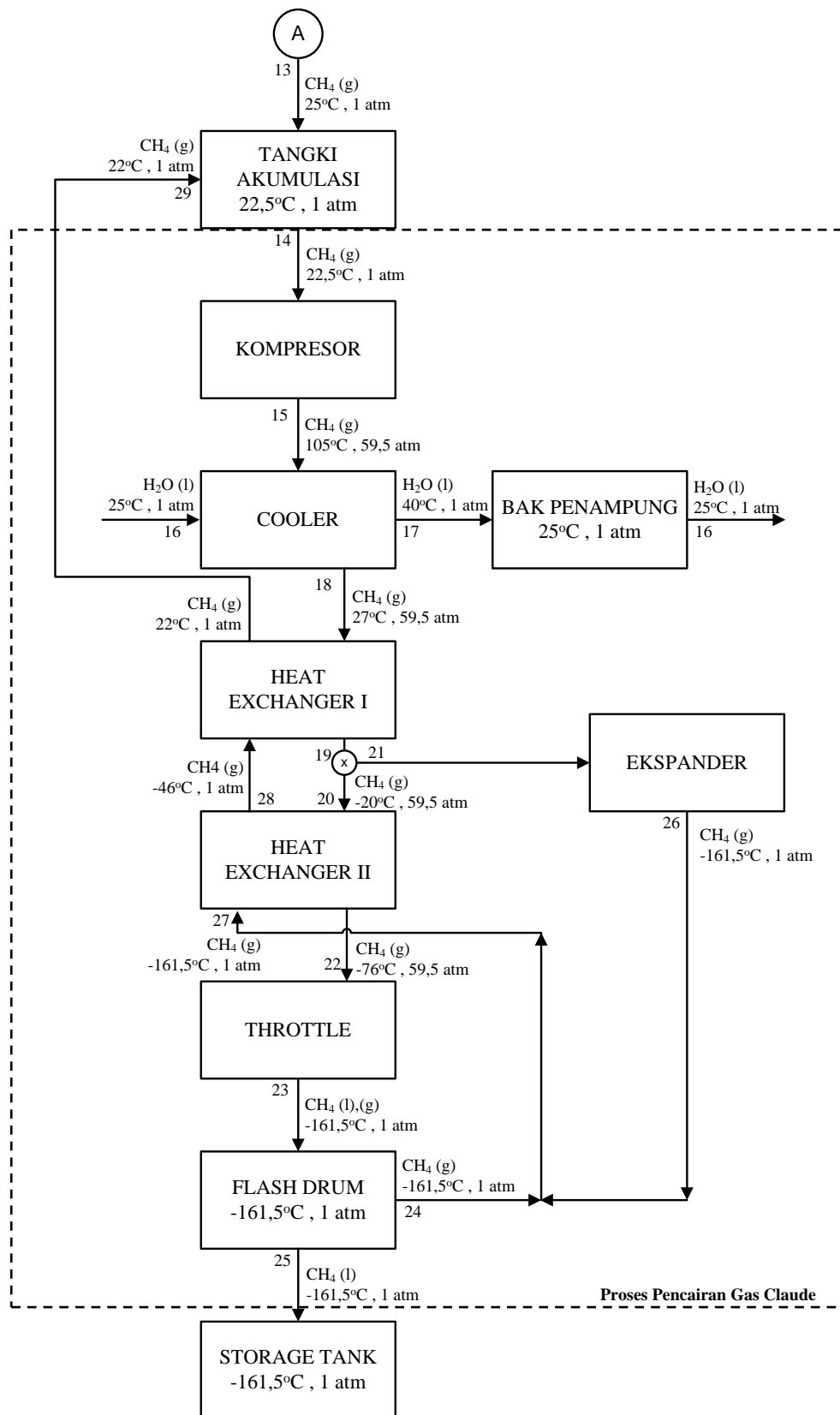
2.6 Deskripsi Proses

- Sampah organik dipisahkan dari sampah non-organik (besi, kaca, pasir, plastik, dll.) secara manual.
- Sampah organik kemudian diangkut dengan elevator (J-111) menuju thresher (C-110) untuk memperkecil ukurannya sampah menjadi 0,1-0,5 cm.
- Selanjutnya, sampah organik diangkut screw conveyor 1 (J-121) dan dimasukkan ke dalam Tangki Penampung (F-120) untuk mengumpulkan sementara bahan baku sebelum difermentasi.
- Setelah itu, bubur sampah diangkut oleh screw conveyor 2 (J-211) dan dimasukkan ke dalam Fermentor (R-210). Waktu tinggal bubur sampah dalam tangki Fermentor (R-210) adalah selama 20 hari, dengan suhu 40°C.
- Lumpur (ampas+air) sisa fermentasi akan dipompa ke Filter Press (H-220) untuk diolah menjadi pupuk padat dan pupuk cair. Sedangkan gas metana yang dihasilkan dari fermentor masih mengandung gas-gas lain seperti H₂O, H₂S, CO₂, sehingga perlu dilakukan proses adsorpsi untuk memurnikan gas metana tersebut.
- Gas hasil fermentasi dialirkan ke dalam Adsorber I (D-310) untuk memisahkan H₂S dari gas bio dengan menggunakan *sponge iron*, dengan efisiensi 99%.
- Gas bio keluaran Adsorber I (D-310) yang masih mengandung uap air dan CO₂ dimasukkan ke Adsorber II (D-320) untuk memisahkan uap airnya menggunakan silika gel, dengan efisiensi 99,9%.
- Gas bio keluaran Adsorber II (D-320) yang masih mengandung CO₂ dimasukkan ke Membran Kontaktor *Hollow Fiber* (D-330) untuk memisahkan CO₂ nya menggunakan membran kontaktor *hollow fiber* (D-330) dan air, dengan efisiensi 99%.
- Kemudian gas bio yang dihasilkan dikumpulkan pada Tangki Akumulasi (F-410) pada suhu 22,5°C dan tekanan 1 atm.
- Proses Pencairan Gas dengan Metode Claude:
 - Gas di kompres dengan Kompresor (G-421) sehingga tekanan naik menjadi 59,5 atm dan suhu menjadi 105°C.

- Gas kemudian dilewatkan ke Cooler (E-420) untuk menurunkan suhu menjadi 27°C dengan air sebagai media pendingin.
- Selanjutnya gas bio dialirkan ke Heat Exchanger I (E-430) untuk menurunkan suhu menjadi -20°C .
- Sebelum masuk ke Heat Exchanger II (E-440), gas bio dialirkan ke Splitter (K-441) untuk mengalihkan sebagian gas bio menuju Ekspander (G-442), yang keluarannya akan bercampur dengan gas bio yang tidak mencair dari Flash Drum (F-450) untuk dipakai sebagai refrigeran.
- Gas bio yang tidak dialihkan oleh Splitter (K-441) akan menuju Heat Exchanger II (E-440) untuk menurunkan suhu menjadi -76°C .
- Selanjutnya CH_4 dingin ini dialirkan ke Throttle (K-451) untuk menurunkan tekanan kembali ke 1 atm dan suhu menjadi $-161,5^{\circ}\text{C}$ (kondisi perubahan fasa gas metana menjadi cair) dan kemudian dialirkan ke Flash Drum (F-450).
- Pada Flash Drum (F-450), terjadi pemisahan antara gas CH_4 dan cairan CH_4 , dimana gas CH_4 di-*recycle* sebagai media pendingin.
- Metana cair dialirkan ke Tangki Penampung (F-510) untuk disimpan dan siap untuk dijual.

2.7 Blok Diagram Alir Pra-Rancangan Pabrik Pembuatan Metana Cair dari Sampah Organik





Gambar 2.1 Blok Diagram Alir Pra-Rancangan Pabrik Pembuatan Metana Cair dari Sampah Organik

2.8 Sifat-Sifat Bahan Baku dan Produk

2.8.1 Metana (CH₄)

Merupakan komponen terbesar di dalam gas bio, yaitu sebesar 70 %.

1. Berat molekul : 16,043 g/mol
2. Temperatur kritis : -82,7 °C
3. Tekanan kritis : 45,96 bar
4. Fasa padat
 - Titik cair : -182,5 °C (1atm)
 - Panas laten : 58,68 kJ/kg
5. Fasa cair
 - Densitas cair : 500 kg/m³
 - Titik didih : -161,5 °C (1 atm)
 - Panas laten uap : 510 kJ/kg
6. Fasa gas
 - Densitas gas : 0,717 kg/m³
 - Faktor kompresi : 0,998
 - Spesifik graviti : 0,55
 - Spesifik volume : 1,48 m³/kg
 - C_p : 0,035 kJ/mol.°K
 - C_v : 0,027 kJ/mol.°K
 - Viskositas : 0,0001027 Poise
 - Kelarutan : 0,054 vol/vol

(Gas Encyclopedia, 2010)

2.8.2 Karbon Dioksida (CO₂)

Merupakan salah satu komponen di dalam gas bio, yaitu sebesar 30 %.

1. Berat molekul : 44,01 g/mol
2. Temperatur kritis : 31 °C
3. Tekanan kritis : 73,825 bar
4. Densitas kritis : 464 kg/m³
5. Fasa padat
 - Densitas padat : 1562 kg/m³

- Panas laten : 196,104 kJ/kg

5. Fasa cair

- Densitas cair : 1032 kg/m³
- Titik didih : -78,5 °C (1 atm)
- Panas laten uap : 571,08 kJ/kg
- Tekanan uap : 58,5 bar

6. Fasa gas

- Densitas gas : 2,814 kg/m³
- Faktor kompresi : 0,9942
- Spesifik graviti : 1,521
- Spesifik volume : 0,547 m³/kg
- C_P : 0,037 kJ/mol.°K
- C_V : 0,028 kJ/mol.°K
- Viskositas : 0,0001372 Poise
- Kelarutan : 1,7163 vol/vol

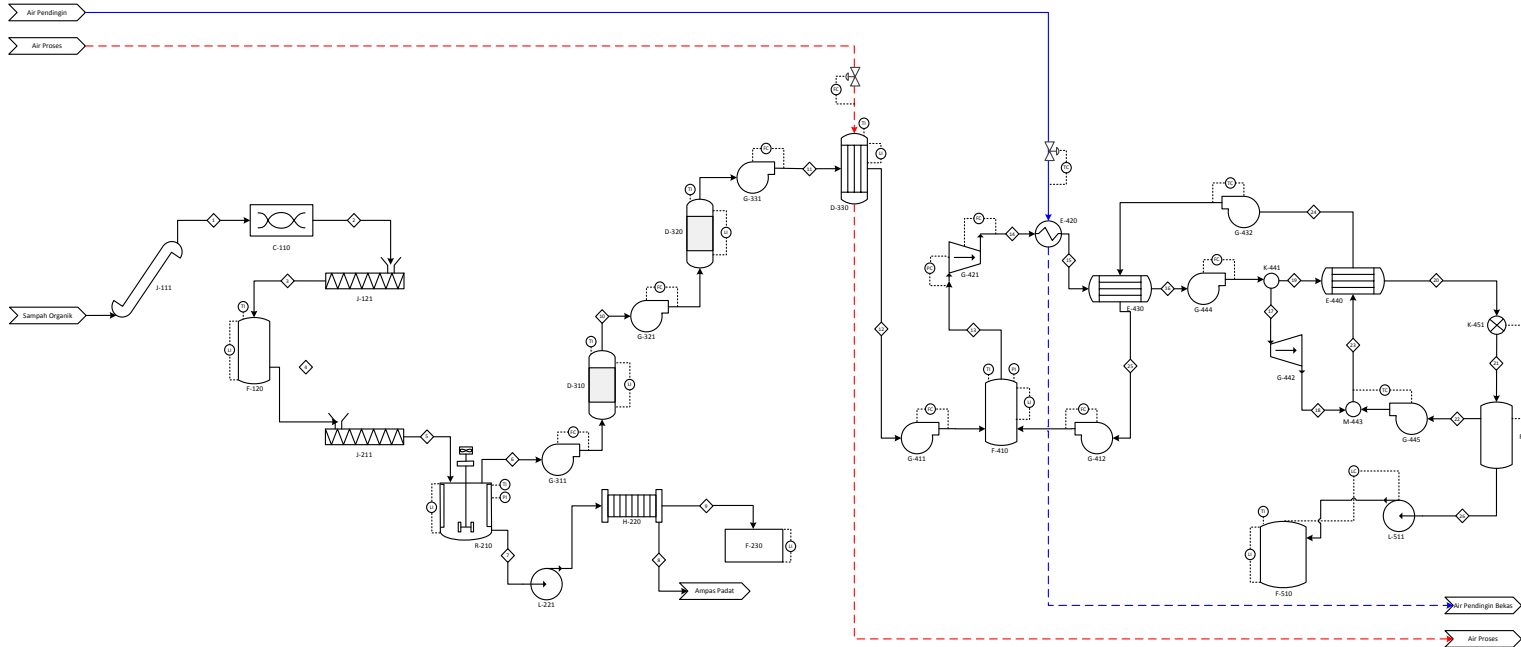
(Gas Encyclopedia, 2010)

2.8.3 Air (H₂O)

Fungsi: sebagai pelarut.

1. Berat molekul : 18,016 g/gmol
2. Titik lebur : 0 °C (1 atm)
3. Titik didih : 100 °C (1 atm)
4. Densitas : 1 g/ml (4 °C)
5. Spesifik graviti : 1,00 (4 °C)
6. Indeks bias : 1,333 (20 °C)
7. Viskositas : 0,8949 cP
8. Kapasitas panas : 1 kal/g
9. Panas pembentukan : 80 kal/g
10. Panas penguapan : 540 kal/g
11. Temperatur kritis : 374 °C
12. Tekanan kritis : 217 atm

(Perry, 1997)



No.	Kode Alat	Nama Alat
1	J-111	Elevator
2	C-110	Thresher
3	J-121	Screw Conveyor 1
4	F-120	Tangki Penampung Sampah
5	J-211	Screw Conveyor 2
6	R-210	Reaktor Fermentasi
7	L-221	Pompa 1
8	H-220	Filter Press
9	F-230	Tangki Penampung Ampas Cair
10	G-311	Blower 1
11	D-310	Adsorber 1 (Sponge Iron)
12	G-321	Blower 2
13	D-320	Adsorber 2 (Silika Gel)
14	G-331	Blower 3
15	D-330	Membran Kontaklor Hollow Fiber
16	G-411	Blower 4
17	F-410	Tangki Akumulasi
18	G-421	Kompresor
19	E-420	Cooler
20	E-430	Heat Exchanger 1
21	G-444	Blower 5
22	K-441	Splitter
23	G-442	Ekspander
24	M-443	Mixer
25	E-440	Heat Exchanger 2
26	K-451	Throttle
27	F-450	Flash Drum
28	G-445	Blower 6
29	G-432	Blower 7
30	G-412	Blower 8
31	L-511	Pompa 2
32	F-510	Tangki Penampung Metana Cair


 DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
 MEDAN

DIAGRAM ALIR PABRIK PEMBUATAN METANA CAIR DARI SAMPAH ORGANIK
PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN METANA CAIR DARI SAMPAH ORGANIK DENGAN KAPASITAS SAMPAH ORGANIK 20.000 KUG/AM

Skala: Tanpa Skala	Tanggal	Tanda Tangan
Digambar Nama: Teddy Julius NIM: 070405039		
Disetujui/Diawasi 1. Nama: Prof. Dr. Ir. Setiyo Pradijo NIP: 1950011198021001 2. Nama: Dr. Maulida, S.T., M.Sc. NIP: 19700111199521001		

Komponen (kg/jam)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Sampah Organik	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C ₆ H ₁₂ O ₆ (s)	-	-	-	-	13.000,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H ₂ O (g)	-	-	-	-	6.000,00	30,06	-	-	-	29,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H ₂ O (l)	-	-	-	-	-	6.000,00	600,00	5.400,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO ₂ (g)	-	-	-	-	-	7.072,00	-	-	-	7.001,28	6.994,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H ₂ S (g)	-	-	-	-	-	1,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ampas (s)	-	-	-	-	1.000,00	3.600,00	3.240,00	360,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CH ₄ (g)	-	-	-	-	3.296,80	-	-	-	-	3.263,83	3.260,57	3.227,96	28.566,04	28.566,04	28.566,04	28.566,04	7.141,51	7.141,51	21.424,53	21.424,53	21.424,53	18.196,57	25.338,08	25.338,08	25.338,08	-
CH ₄ (l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.227,96
Total Massa (kg/jam)	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00	10.400,00	9.600,00	3.840,00	5.760,00	10.294,87	10.254,85	3.227,96	28.566,04	28.566,04	28.566,04	28.566,04	7.141,51	7.141,51	21.424,53	21.424,53	21.424,53	18.196,57	25.338,08	25.338,08	25.338,08	3.227,96
Suhu (°C)	25	25	25	25	25	40	40	25	25	40,5	40,5	25	22,5	105	27	-20	-20	-161,5	-20	-76	-161,5	-161,5	-161,5	-46	22	-161,5
Tekanan (atm)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	59,5	59,5	59,5	59,5	1	59,5	59,5	1	1	1	1	1	1