

## SUBMISSION 37

# Perancangan Sistem Biodigester Untuk Bahan Bakar Biogas Rumah Hemat dan Mandiri Energi di Indonesia

Ir. Eka Maulana, MMT<sup>1</sup>, Muhammad Arif Herniko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Pancasila, Fakultas Teknik, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12640, Indonesia

<sup>2</sup>Universitas Pancasila, Fakultas Teknik, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12640, Indonesia

**Abstrak.** Sampah merupakan masalah mendasar dan dibutuhkan perhatian yang cukup serius untuk masalah ini di Indonesia. Penanggulangan sampah di Indonesia terkendala oleh kurangnya penampungan sampah di TPA (Tempat Pembuangan Akhir) akibat meningkatnya produksi sampah di Indonesia dan menumpuk. Jika di biarkan lambat laun TPA tidak mampu menampung sampah tersebut. Sedangkan untuk di rumah tangga, masih banyak warga yang membakar sampah dan menimbulkan polusi udara. Maka diperlukan rancangan alat pengolah sampah yang bersifat zero waste. Energi alternatif yang berasal dari sampah dirancang untuk mengurangi kesulitan warga dalam memasak sehari-hari. Demikian juga energi alternatif ini dapat mengurangi masalah kelangkaan LPG di wilayah Indonesia. Teknologi yang telah ada untuk proses pengolahan sampah ini menjadi gas adalah mengubahnya menjadi biogas melalui proses anaerobic digestion untuk kemudian digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak. *Anaerobic digestion* terjadi pada sistem di Biodigester. Prinsip pengolahan sampah pada Biodigester adalah dengan membusukkan sampah organik menggunakan bakteri anaerob pada suhu pembentukan mesophilic (30-40°C). Hasil dari proses pembusukkan tersebut berupa gas Metana, serta padatan (slurry) yang dapat digunakan untuk kompos. Hasil dari perancangan didapatkan dengan hasil perancangan varian nomor 1. Volume dan dimensi Biodigester akan disesuaikan sesuai kebutuhan rumah tangga di Indonesia. Selain itu output alat ini digunakan sebagai pakan ikan dan untuk pupuk tanaman hidroponik.

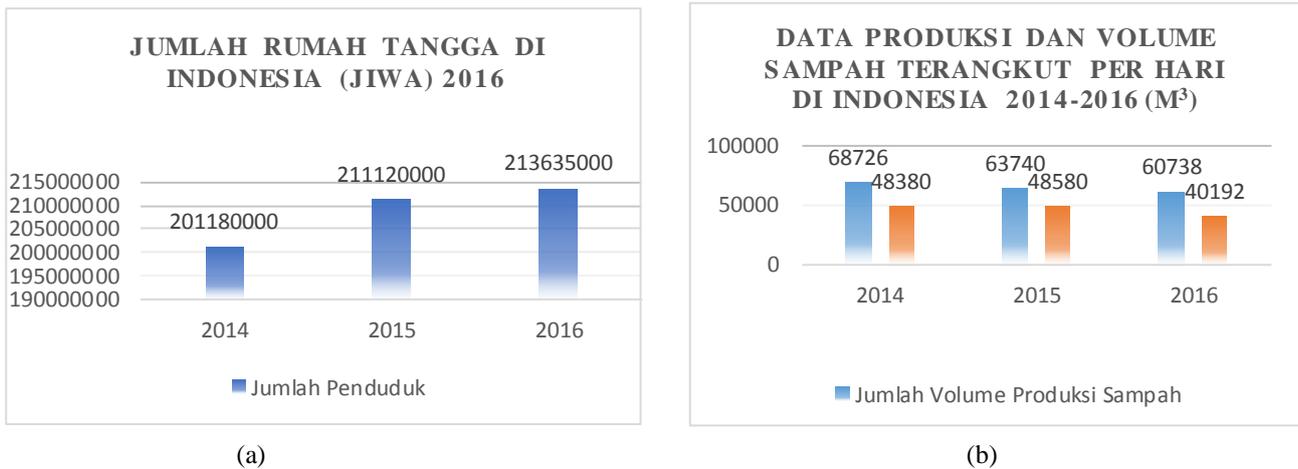
**Kata kunci—** Perancangan; Biodigester; Anaerobic Digestion

## 1. PENDAHULUAN

Pada masa sekarang ini Indonesia merupakan salah satu negara terluas didunia dengan total luas negara 5.193.250 km<sup>2</sup> (mencakup daratan dan lautan). Hal ini menempatkan Indonesia sebagai negara terluas ke-7 didunia setelah Rusia, Kanada, Amerika Serikat, China, Brasil dan Australia. Dibandingkan dengan luas negara-negara di Asia, Indonesia berada diperingkat ke-2. Jika dibandingkan dengan negara-negara di Asia Tenggara, Indonesia menempatkan dirinya sebagai negara terluas di Asia Tenggara. Indonesia merupakan salah satu Negara terpadat di dunia dan menempati urutan ke 4 dengan jumlah warga Negara sekitar 258.705.000 jiwa menurut sumber dari BPS tahun 2016 [3]. Semakin banyaknya warga Negara Indonesia tersebut, mempunyai dampak potensi produksi sampah di Indonesia semakin meningkat. Apabila hal tersebut dibiarkan begitu saja, sampah tersebut akan menjadi masalah serius di seluruh wilayah Indonesia.

Potensi masalah sampah yang dihadapi oleh Indonesia dapat terjadi akibat penumpukan sampah yang berkelanjutan setiap harinya. Data volume sampah yang dihasilkan dan data sampah terangkut dapat dilihat pada Gambar 1.b.

Berikut merupakan jumlah rumah tangga, dan data volume sampah terangkut di wilayah Indonesia:



Gambar 1 Grafik : (a) Jumlah Rumah Tangga Indonesia [3]; (b) Data Jumlah Produksi Sampah Indonesia [1] [2]

Jika diambil data sesuai BPS (Badan Pusat Statistik) [2] bahwa per orang menghasilkan 3 kg sampah per hari, maka total sampah yang dihasilkan pada tahun 2022 adalah sekitar 138.952.479 kg per hari.

Dilihat dari data di atas, bahwa produksi sampah yang ada di Indonesia mengalami kenaikan setiap tahunnya. Hal ini tentu saja akan membuat Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) tidak akan sanggup lagi menampung jumlah sampah yang akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk.

Sistem pengolahan sampah dengan konsep zero waste adalah sistem pengolahan sampah yang tidak menghasilkan sampah kembali disaat output hasil pengolahan tersebut. Sehingga jumlah volume sampah organik akan semakin berkurang. Untuk itu, akan dibuatkan sistem pengolahan sampah sebagai energi alternatif tenaga sampah dengan konsep zero waste untuk dikawasan rumah tangga.

Energi alternatif yang akan dirancang dapat digunakan untuk mengurangi kesulitan warga untuk memasak. Karena pasokan gas LPG oleh Pertamina kurang mencukupi di wilayah Indonesia, sehingga terjadi kelangkaan gas LPG. Rata-rata pemakaian gas LPG pada rumah tangga di wilayah Indonesia baru sekitar 72,38% pada tahun 2016. Selain itu masih banyak warga yang menggunakan kayu bakar sebagai bahan bakar utama memasak. Bahan bakar lainnya yang masih banyak digunakan untuk memasak adalah minyak tanah, arang, dan lainnya.

Untuk itu diperlukan sebuah energi alternatif tenaga sampah dengan konsep *zero waste* untuk membantu masalah kelangkaan LPG tersebut.



Gambar 2 Grafik Persentase Rumah Tangga Menurut Bahan Bakar Memasak di Indonesia 2016 [2]

Teknologi yang telah ada untuk proses pengolahan sampah organik menjadi gas dengan konsep zero waste adalah dengan mengubahnya menjadi biogas melalui proses *anaerobic digestion* untuk kemudian digunakan sebagai bahan bakar biogas untuk memasak. *Anaerobic digestion* merupakan suatu proses pengolahan biologis yang mengembalikan nilai produk, energi, dan nutrisi dari sampah organik menjadi bentuk yang dapat digunakan.

Prinsip pengolahan pada Biodigester adalah dengan membusukan sampah organik menggunakan bakteri anaerob pada suhu pembentukan mesophilic (30°C-40°C) dengan suhu optimal adalah pada 37°C. Proses pembusukan (retention time) berkisar antara 4-14 hari. Hasil dari proses pembusukan tersebut berupa gas Metana, Karbon dioksida, Hidrogen Sulfida (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S) serta padatan (*slurry*) yang dapat digunakan sebagai kompos.

Biodigester yang akan dirancang adalah untuk kebutuhan bahan bakar memasak pada rumah tangga di Indonesia. Biodigester ini dirancang agar membantu warga yang belum mendapat pasokan gas LPG dari pemerintah akibat kondisi geografis rumahnya yang sulit dijangkau, agar di setiap rumah dapat memiliki sumber energi atau bahan bakar mandiri dan hemat energi.

Untuk input menggunakan sampah organik dari rumah tangga. Sampah input tersebut di cacah menggunakan blender yang menyatu dengan sistem Biodigesternya. Selain itu hasil Biodigester berupa kompos cair dan padat. Kompos padat dapat digunakan untuk pakan ikan, sedangkan kompos cair dapat digunakan untuk pupuk tanaman hidroponik.

## 2. METODE PERANCANGAN

Perancangan merupakan kegiatan awal dari usaha merealisasikan suatu produk yang kebutuhannya sangat dibutuhkan oleh masyarakat. Setelah perancangan selesai maka kegiatan yang menyusul adalah pembuatan produk. Kedua kegiatan tersebut dilakukan dua orang atau dua kelompok orang dengan keahlian masing-masing, yaitu perancangan dilakukan oleh tim perancang dan pembuatan produk oleh kelompok pembuat produk.

Metode perancangan Pahl and Beitz dipilih karena kemudahan dalam mengaplikasikan metode yang ada dan juga proses-proses yang digunakan didalam kegiatan perancangan tidak terlalu banyak.

Pahl dan Beitz mengusulkan cara merancang produk sebagaimana yang dijelaskan dalam bukunya; *Engineering Design : A Systematic Approach*. Cara merancang Pahl dan Beitz tersebut terdiri dari 4 kegiatan atau fase, yang masing-masing terdiri dari beberapa langkah: [5]

### 1. Perencanaan Proyek dan Penjelasan Tugas

Tugas fase ini adalah menyusun spesifikasi produk yang mempunyai fungsi khusus dan karakteristik tertentu yang memenuhi kebutuhan masyarakat. Produk ini dengan fungsi khusus dan karakteristik tertentu tersebut merupakan olahan hasil survei bagian pemasaran atau atas permintaan segmen masyarakat. Fase pertama tersebut perlu diadakan untuk menjelaskan secara lebih detail sebelum produk tersebut dikembangkan lebih lanjut.

### 2. Perancangan Konsep Produk

Berdasarkan spesifikasi produk hasil fase pertama, dicarilah beberapa konsep produk yang dapat memenuhi persyaratan-persyaratan dalam spesifikasi tersebut. Konsep produk tersebut merupakan solusi dari masalah perancangan yang harus dipecahkan.

Beberapa alternatif konsep produk dapat ditemukan. Konsep produk biasanya berupa gambar skets atau gambar skema yang sederhana, tetapi telah memuat semua. Beberapa alternatif konsep produk kemudian dikembangkan lebih lanjut dan setelah dievaluasi. Evaluasi tersebut haruslah dilakukan beberapa kriteria khusus seperti kriteria teknis, kriteria ekonomis dan lain-lain. Konsep produk yang tidak memenuhi persyaratan-persyaratan dalam spesifikasi produk, tidak diproses lagi dalam fase-fase berikutnya, sedangkan dari beberapa konsep produk yang memenuhi kriteria dapat dipilih solusi yang terbaik. Mungkin terjadi, ditemukan beberapa konsep produk terbaik yang dikembangkan lebih lanjut pada fase-fase berikutnya.

### 3. Perancangan Bentuk (Embodiment Design)

Pada fase perancangan bentuk ini, konsep produk “diberi bentuk”, yaitu komponen-komponen konsep produk yang dalam gambar skema atau gambar skets masih berupa garis atau batang saja, kini harus diberi bentuk, sedemikian rupa sehingga komponen-komponen tersebut secara bersama menyusun bentuk produk, yang dalam gerakannya tidak saling bertabrakan sehingga produk dapat melakukan fungsinya. Konsep produk yang sudah digambarkan pada preliminary layout, sehingga dapat diperoleh beberapa preliminary layout. [5].

#### 4. Perancangan Detail

Pada fase perancangan detail, maka susunan komponen produk, bentuk, dimensi, kehalusan permukaan, material dari setiap komponen produk ditetapkan. Demikian juga kemungkinan cara pembuatan setiap produk sudah dijajagi dan perkiraan biaya sudah dihitung. Hasil akhir fase ini adalah gambar rancangan lengkap dan spesifikasi produk untuk pembuatan; kedua hal tersebut disebut dokumen untuk pembuatan produk. [5]

### 3. BIOGAS

#### a. Tentang Biogas

Secara garis besar bahan baku yang diperlukan adalah biomassa (residu makhluk hidup), mikroorganisme, dan air. Produk utama dari biogas ini adalah gas metana dan pupuk organik. Gas metana telah dikenal luas sebagai bahan ramah lingkungan, karena dapat terbakar sempurna sehingga tidak menghasilkan asap yang berpengaruh buruk terhadap kualitas udara. Karena sifatnya tersebut, gas Metana merupakan gas yang bernilai ekonomis tinggi dan dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan mulai dari memasak, hingga penggerak turbin pembangkit listrik tenaga uap. Biogas adalah gas yang mudah terbakar (*flammable gas*) yang diperoleh dari penguraian senyawa-senyawa organik dalam biomassa sebagai akibat aktivitas mikroorganisme (fermentasi) pada kondisi tanpa udara (*anaerobic*). Kandungan utama biogas adalah gas Metana ( $\text{CH}_4$ ) dan Karbon Dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Sebagian kecil adalah gas Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), Nitrogen ( $\text{N}_2$ ), Hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dan Oksigen ( $\text{O}_2$ ). Kehadiran gas Metana yang besar ini membuat biogas mudah terbakar dan dapat dipakai sebagai sumber energi untuk memasak, penerangan, bahkan pada skala besar dapat menghasilkan energi listrik.

Biogas ini juga menghasilkan produk samping berupa lumpur organik yang dapat diolah menjadi pupuk kompos. Pengolahan dilakukan dengan cara memisahkan cairan (bisa digunakan sebagai pupuk cair) dengan padatan melalui proses penyaringan. Kemudian padatannya dikeringkan dan ditambahkan bahan-bahan lain untuk mencapai komposisi senyawa kompos yang diinginkan.

Tabel 1 Komposisi Biogas [6]

Komponen	Prosentase
Metana ( $\text{CH}_4$ ) Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ )	55 - 75
Nitrogen ( $\text{N}_2$ )	25 - 45
Hidrogen ( $\text{H}_2$ )	0 - 0,3
Hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ )	1 - 5
Oksigen ( $\text{O}_2$ )	0 - 3
	0,1 - 0,5

Mekanisme pembentukan biogas sampah organik sayur-sayuran dan buah-buahan seperti layaknya kotoran ternak adalah substrat terbaik untuk menghasilkan biogas. Proses pembentukan biogas melalui pencernaan anaerobik merupakan proses bertahap, dengan tiga tahap utama, yakni hidrolisis, asidogenesis, dan metanogenesis.

Parameter - parameter ini harus dikontrol dengan cermat supaya proses pencernaan anaerobik dapat berlangsung secara optimal. Beberapa kondisi optimum proses produksi biogas yaitu:

Tabel 2 Kondisi Optimum Produksi Biogas [7].

Parameter	Kondisi Optimum
Suhu	35°C
Derajat Keasaman	7 - 7,2
Nutrien Utama	Karbon dan Nitrogen
Nisbah Karbon dan Nitrogen	20/1 sampai 30/1
Sulfida	< 200 mg/L
Logam-logam Berat Terlarut	< 1 mg/L
Sodium	< 5000 mg/L
Kalsium	< 2000 mg/L
Magnesium	< 1200 mg/L
Amonia	< 1700 mg/L

Begitupun dengan nutrisi, apabila rasio C/N tidak dikontrol dengan cermat, maka terdapat kemungkinan adanya nitrogen berlebih (terutama dalam bentuk amonia) yang dapat menghambat pertumbuhan dan aktivitas bakteri. Berdasarkan keterangan tentang potensi biogas dari sampah sayuran, maka dapat ditunjukkan hubungan antara aktivitas manusia kaitannya dengan penggunaan biogas dengan jumlah volume biogas yang digunakan seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini.

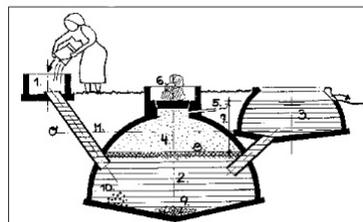
Tabel 3 Hubungan Antara Aktivitas Manusia dengan Volume Biogas yang digunakan[7]

Aktivitas	Volume Gas
Memasak untuk keluarga yang jumlahnya 5 - 6 orang	1 - 2 m <sup>3</sup> /hari
Memasak air dengan kapasitas tangki 100 liter	3 m <sup>3</sup> /hari
Menyalakan 1 lampu	0,1 - 0,15 m <sup>3</sup> /jam
Mengoperasikan mesin dengan kekuatan 2 tenaga kuda	0,9 m <sup>3</sup> /jam

#### b. Digester

Dari segi konstruksi, digester dibedakan menjadi :

*Fixed dome*. Digester ini memiliki volume tetap sehingga produksi gas akan meningkatkan tekanan dalam reaktor (digester). Karena itu dalam konstruksi ini gas yang terbentuk akan segera dialirkan ke pengumpul gas di luar reaktor.



Gambar 3 Fixed Dome Biogas

Keunggulan :

*Fixed dome* biogas memiliki harga konstruksi yang murah, part yang tidak bergerak, part besi tidak bergerak, Karenanya memiliki umur panjang (20 tahun atau lebih), konstruksi bawah tanah, memberikan perlindungan pada musim dingin dan menyimpan tempat serta menciptakan lapangan pekerjaan untuk penduduk lokal.

Kekurangan :

Konstruksi sering bukan gaslight (porositas dan retak), tekanan gas berfluktuasi secara substansial dan seringkali sangat tinggi, suhu digesternya rendah. Konstruksi kubah tetap hanya bisa direkomendasikan dimana konstruksi dapat diawasi oleh teknisi biogas berpengalaman.

#### 4. ANALISIS DAN HITUNGAN

Tempat dilaksanakan penelitian ini adalah di wilayah Indonesia. Tepatnya adalah di lingkungan rumah tangga yang masih sulit mendapatkan pasokan LPG dari pemerintah. Untuk kebutuhan memasak yang menggunakan gas pada lingkungan keluarga meliputi: memasak air minum, memasak sayur, memasak nasi, memasak air untuk mandi dan lain-lain.

Untuk menentukan proses pada fase kebutuhan, yaitu melakukan wawancara secara langsung kepada calon pengguna *Biodigester*, dalam hal ini yaitu anggota rumah tanggan di kawasan Depok, Jawa Barat.

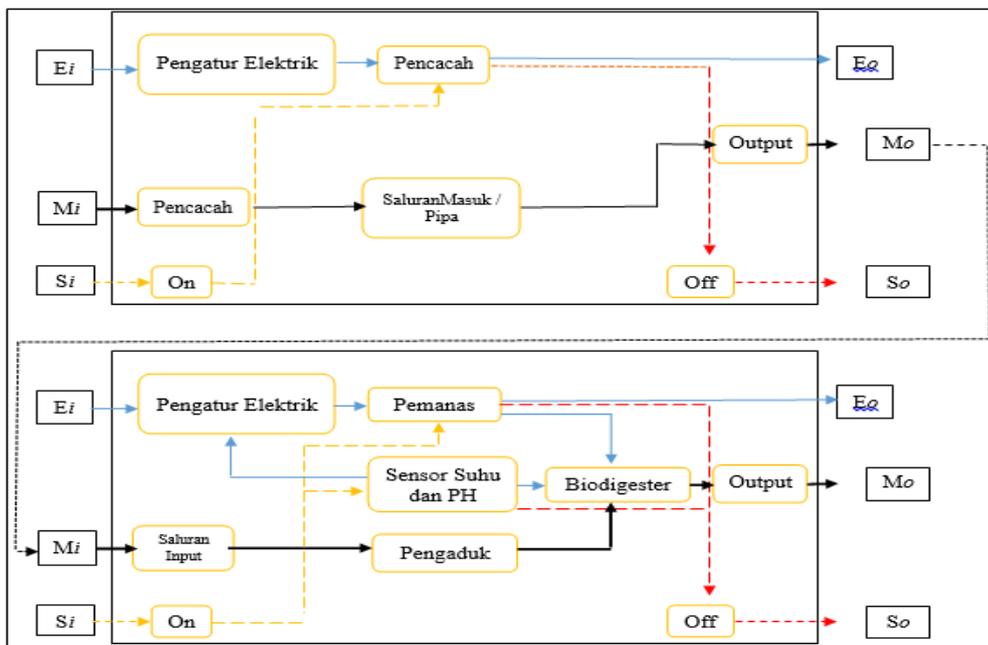
Wawancara dilakukan secara langsung kepada anggota rumah tangga yang merupakan salah satu calon pengguna *Biodigester* rumah tangga.

Identifikasi Kebutuhan Berdasarkan hasil wawancara:

Tabel 4 Identifikasi Kebutuhan

NO	Pernyataan Kebutuhan	Interprestasi Kebutuhan	Tingkat Kepentingan
1	Mampu Mengolah Sampah Organik Dengan Proses Anaerobik <i>Digestion</i>	Menggunakan sistem pengolahan sampah organik yang kedap udara	☆☆☆
2	Pemasangan dan Instalasi yang Mudah	Menggunakan Jenis Reaktor Biogas yang Sederhana	☆☆☆
3	Perawatan dan Perbaikan yang mudah	Menggunakan Sistem dan Instalasi pengolah sampah yang mudah dirawat dan diperbaiki	☆☆
4	Mudah Dioperasikan	Kontrol sistem yang sederhana agar mudah di gunakan.	☆☆☆
5	Tahan Cuaca dan Bencana	Konstruksi dan Pemasangan yang kuat dan tahan terhadap bencana	☆☆
6	Biaya Pembuatan Murah	Menggunakan sistem manual tanpa motor dan material yang kuat dan murah	☆☆

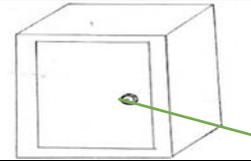
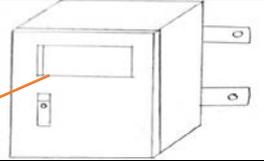
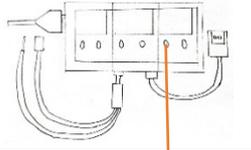
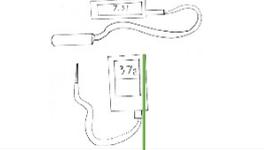
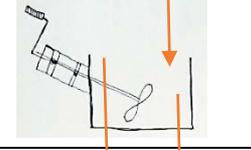
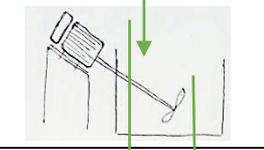
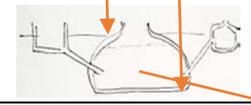
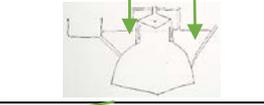
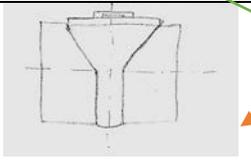
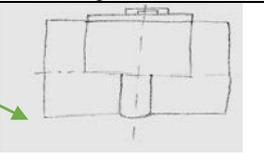
Diagram fungsi adalah langkah untuk menentukan gambaran sistem yang akan dipakai pada proses perancangan reaktor biodigester.



Gambar 4 Diagram Fungsi

Tabel 5 Morphological Chart

No	Sub Fungsi	Solusi A	Gambar	Solusi B	Gambar
1.	Input	Corong		Lubang	
2.	Pencacah	3 Blade		4 Blade	
3.	Saluran Masuk	Pipa Elbow Biasa		Pipa Bentuk Leher Angsa	

4.	Pengatur Mekanik-Elektrik	Bahan Stainless Steel		Bahan Fiberglass	
5.	Pemanas	Electric Heater		Heat Exchanger	
6.	Sensor Suhu dan PH	Menyatu		Terpisah	
7.	Pencampur	Manual		Otomatis	
8.	Biodigester	Fixed Dome		Floating Dome	
9.	Posisi Biodigester	Vertikal		Horizontal	
10.	Saluran Keluar	Pipa Elbow Biasa		Pipa Bentuk Leher Angsa	
11.	Output	Corong		Lubang	

→ : Varian 1

→ : Varian 2

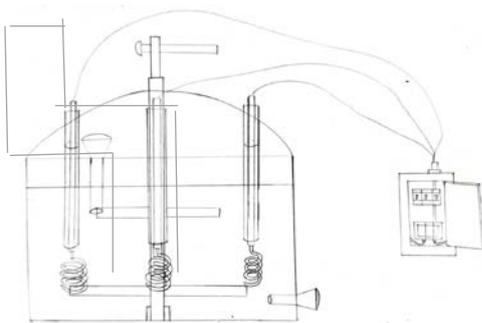
Setelah ditentukan pohon keputusan desain yang sesuai dengan kebutuhan, maka akan dibuat keputusan desain yang dibuat seperti di bawah ini :

Tabel 6 Keputusan Desain

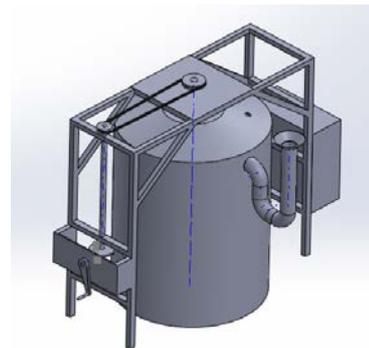
NO	KRITERIA	BOBOT	VARIAN 1		VARIAN 2	
			nilai	bobot nilai	Nilai	bobot nilai
1	Komponen Kedap Udara	0,15	4	0,6	3	0,45
2	Penyambung Kedap Udara	0,1	4	0,4	2	0,2
3	Instalasi Sederhana	0,1	4	0,4	3	0,3
4	Bahan Mudah Ditemukan	0,15	3	0,45	4	0,6
5	Mudah dalam Perbaikan	0,1	4	0,4	3	0,3
6	Spare part Mudah Didapat	0,1	4	0,4	3	0,3
7	Mudah Dilepaskan	0,1	4	0,4	3	0,3
8	Mudah Dipasangkan	0,1	4	0,4	3	0,3
9	Konstruksi Kokoh	0,05	4	0,2	3	0,15
10	Material Kuat	0,05	4	0,2	4	0,2
<b>TOTAL</b>		<b>1</b>	<b>39</b>	<b>3,85</b>	<b>31</b>	<b>3,1</b>

Berdasarkan Keputusan Desain di atas, maka varian yang terpilih adalah varian nomor 1 dengan total nilai 3,85. Berikut ini adalah cara kerja dan sketsa gambar varian nomor 1 :

- a) Saluran masuk (input) berbentuk corong dengan tutup, membantu proses pemasukan campuran sampah organik;
- b) Pencacah menggunakan 4 blade
- c) Saluran masuk menggunakan pipa bentuk leher angsa
- d) Box pengatur mekanikal-elektrikal terbuat dari fiberglass;
- e) Untuk menjaga agar proses tetap pada suhu optimum pembusukan, maka dilakukan pemanasan pada digester dengan menggunakan *electric heater*;
- f) Alat pencampur secara manual (digerakan dengan tenaga manusia) digunakan untuk mencampur sampah organik cacah dengan air dan bakteri anaerob;
- g) Sampah organik cacah yang telah tercampur dimasukkan ke dalam tangki digester tipe fixed dome (penutup tangki tetap)
- h) Posisi Biodigester Horizontal
- i) Saluran keluar menggunakan pipa bentuk leher angsa
- j) Saluran keluar (output) berbentuk corong dengan tutup.



(a)



(b)

Gambar 5 : (a) Varian Terpilih ; (b) *Assembly* Tabung

Dalam perancangan digester, perlu data yang dibutuhkan untuk mengetahui berapa kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan air untuk memasak. Diasumsikan data untuk air seperti tabel dibawah ini :  
Data yang akan dirancang:

Tabel 7 Spesifikasi Air (H<sub>2</sub>O)

<i>Density</i>	1 [g/cm <sup>3</sup> ]
<i>Boiling Point</i>	100 [C]
<i>Specific Heat Capacity (Cp)</i>	4,184 [J/kg°C]

Perhitungan kalor yang dibutuhkan untuk memasak air dengan kapasitas teko air 5 liter atau 5 [kg] dengan asumsi satu orang perlu 2 liter air selama sehari. Asumsi jika di rumah ada 5 orang anggota keluarga berarti 10 liter air sehari. Kapasitas teko 5 liter. Untuk kebutuhan memasak sayur dibutuhkan 2 liter air perhari. Memasak air minimal 30 menit. Waktu untuk 1 kali memasak air = 30 menit  
Total waktu untuk memasak 30 menit x 4 = 120 menit = 7200s. Perhitungannya adalah:

$$Q \text{ total} = Q_1 + Q_2 \quad (1)$$

$$Q_1 = m \times C_{\text{Pair}} \times (T_1 - T_0) \quad (2)$$

$$= 1569 \text{ [J]} = 1,569 \text{ [kJ]}$$

Per hari butuh 10 L / 10 [kg]:

$$= 1,569 \text{ [kJ]} \times 2$$

$$= 3,138 \text{ [kJ]}$$

$$Q_2 = 627,6 \text{ [J]} = 0,628 \text{ [kJ]}$$

$$Q \text{ total} = Q_1 + Q_2 \quad (1)$$

$$= 3,138 \text{ [kJ]} + 0,628 \text{ [kJ]}$$

$$= 3,766 \text{ [kJ]}$$

Keterangan:

- Q<sub>total</sub> = Kalor total yang dibutuhkan dalam memasak per hari [kJ]  
 Q<sub>1</sub> = Untuk memasak air  
 Q<sub>2</sub> = Untuk memasak sayur dan nasi  
 M = Massa [Kg]  
 C<sub>pair</sub> = Kalor jenis air [4,184 J/Kg°C]  
 T = Temperatur [°C]  
 T<sub>0</sub> = 25 [°C]  
 T<sub>1</sub> = 100 [°C]

Rata-rata per orang menghasilkan sampah per hari = 3 kg / hari. Asumsi hasil sampah rumah tangga dengan jumlah anggota keluarga lima orang = 15 kg / hari

Perhitungan jumlah dari *total solid* (TS) *volatile solid* (VS) dan produksi biogas dalam proses *anaerobic digestion*

Tabel 9 Potensi TS, VS dan Produksi Biogas Sampah Organik [27]

Jenis Bahan [kg]	TS [%]	VS dalam TS [%]	Produksi Biogas [M <sup>3</sup> /kg TS]
Sampah Organik	27,7	74,1	0,676

Berdasarkan Tabel 9 tersebut diatas, maka persamaan untuk menghitung

TS, VS dan produksi biogas adalah sebagai berikut:

$$TS = 27,7\% \times Q \dots\dots\dots (3)$$

$$VS = 74,1\% \times TS \dots\dots\dots (4)$$

$$VBS = 0,676 \times VS \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

Q = Potensi sampah [kg/hari]

TS = *Total solid* [kg/hari]

VS = *Volatile solid* [kg/hari]

VBS = *Volume* produksi biogas [m<sup>3</sup>/hari]

Perhitungan jumlah dari *total solid* (TS) *volatile solid* (VS) dan Produksi Biogas Berdasarkan Tabel 8 potensi sampah harian rumah tangga sebagai bahan baku biogas adalah: Q = 15 [kg / hari]

Perhitungan jumlah gas metan yang dihasilkan berdasarkan jumlah *volatile solid* (VS) untuk 1 [kg] campuran sampah organik adalah seperti pada tabel berikut:

Tabel 10 Potensi TS, VS dan Produksi Biogas Sampah Organik

Produksi Biogas (m <sup>3</sup> /hari)	Jumlah Gas Metan (%)
VBS	60

Berdasarkan Tabel IV.10 tersebut diatas, persamaan untuk menghitung gas metan adalah:

$$VGM = 60\% \times VBS \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

VGM = *Volume* gas metan (m<sup>3</sup>/hari)

VBS = *Volume* produksi biogas (m<sup>3</sup>/hari)

Hasil perhitungan potensi energi dari biogas dengan bahan baku sampah organik di kawasan rumah tangga secara lengkap disajikan pada Tabel 11 berikut:

Tabel 11 Hasil perhitungan kapasitas biogas

No	Jenis Proses Perhitungan	Hasil Perhitungan
1.	Potensi sampah organik (Q)	15 [kg/ hari]

2.	Perhitungan jumlah dari <i>total solid</i> (TS)	4,20 [kg]
3.	Perhitungan jumlah dari <i>volatile solid</i> (VS)	3,120 [kg]
4.	Perhitungan jumlah <i>volume</i> produksi biogas (VBS)	2,110 [ $m^3$ ]
5.	Perhitungan jumlah volume gas metan (VGM)	1,266 [ $m^3$ ]

Sebuah rumah tangga, biasanya membutuhkan 1-2  $m^3$  biogas per hari untuk memasak. Sehingga dari produksi gas metan tersebut cukup untuk memenuhi keperluan satu keluarga.

Sedangkan komposisi campuran air dan sampah organik adalah untuk mendapatkan padatan 8%, padatan mengacu pada jumlah [kg] ts (*total solid*). Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya, *total solid* yang dihasilkan adalah sebesar 4,20 [kg]. Sehingga bahan baku sampah (sampah organik + air) untuk mendapatkan padatan 8% adalah:

$$4,20 \text{ [kg]} = 8\% \times Q \text{ (bahan Baku)}$$

$$Q = 52,5 \text{ [kg]}$$

Di tentukan waktu digestifikasi adalah 33 hari, lalu dapat ditentukan volume kerja digester, dimana volume kerja digester merupakan penjumlahan volume ruangan digestifikasi ( $V_f$ ) dan volume penyimpanan ( $V_{gs}$ ) yaitu:

Volume kerja digester =  $V_{gs} + V_f$  dimana  $V_{gs} + V_f = Q \times \text{HRT}$  (waktu digestifikasi), maka:

$$V_{gs} + V_f = Q \times \text{HRT}$$

$$= 52,5 \text{ Kg/hari} \times 33 \text{ hari}$$

$$= 1732,5 \text{ Kg (untuk } 1000 \text{ Kg} = 1 \text{ m}^3)$$

$$= 1,733 \text{ [m}^3]$$

#### Dimensi Biodigester

BRC menjelaskan Dimensi Geometris dari Biodigester *cylindrical shape* [4]

Untuk stabilitas struktur dan kinerja yang efisien, Biodigester kubah tetap dinyatakan dengan korelasi berikut:

Tabel 12 Korelasi Biodigester Kubah Tetap

For volume	For geometrical dimensions
$V_c \leq 5\% V$	$D = 1.3078 \times V^{1/3}$
$V_s \leq 15\% V$	$V_1 = 0.0827 D^3$
$V_{gs} + V_f = 80\% V$	$V_2 = 0.05011 D^3$
$V_{gs} = V_H$	$V_3 = 0.3142 D^3$
$V_{gs} = 0.5 (V_{gs} + V_f + V_s) K$	$R_1 = 0.725 D$
Where K = Gas production rate per $m^3$ digester volume per day.	$R_2 = 1.0625 D$
For Bangladesh K = 0.4	$f_1 = D/5$
$m^3/m^3d.$	$f_2 = D/8$
	$S_1 = 0.911 D^2$
	$S_2 = 0.8345 D^2$

Dari korelasi dimensi geometri di atas, dihasilkan perhitungan di bawah ini :

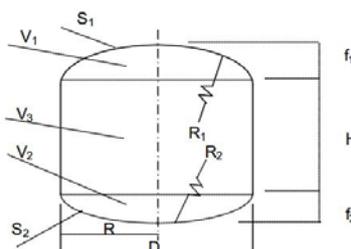
$$V = 1,733 \text{ m}^3 / \text{hari.}$$

$$\begin{aligned} D &= 1,3078 \times V^{1/3} \\ &= 1,308 \times (1,733)^{1/3} \\ &= 1,572 \text{ [m]} \end{aligned} \quad (7)$$

#### Menghitung Tinggi efektif digester (H)

Dengan melakukan pendekatan dengan volume tabung, maka:

$$V_3 = 1/4 \times 3,142 \times D^2 \times H$$



Gambar 6 Dimensi Geometris Biodigester  
Tabel 13 Nilai dimensi rancangan biodigester

Dimensi	Nilai
V <sub>1</sub>	0,322 [m <sup>3</sup> ]
V <sub>2</sub>	0,195 [m <sup>3</sup> ]
V <sub>3</sub>	1,221 [m <sup>3</sup> ]
R <sub>1</sub>	1,140 [m]
R <sub>2</sub>	1,671 [m]
f <sub>1</sub>	0,315 [m]
f <sub>2</sub>	0,197 [m]
S <sub>1</sub>	2,252 [m]
S <sub>2</sub>	2,063 [m]
H	0,630 [m]

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi, volume total} &= V_1 + V_2 + V_3 & (8) \\
 &= 0,322 + 0,195 + 1,221 \\
 &= 1,738 \text{ [m}^3\text{]}
 \end{aligned}$$

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Pengerjaan perancangan sistem biodigester ini tentu tidak lepas dari pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan *paper* ini. Terutama kepada dosen pembimbing penulis. Untuk itu penulis berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan *paper* perancangan ini. Karena atas bantuan pihak-pihak tersebut, *paper* ini dapat di selesaikan dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Statistik, Badan Pusat. “*Statistik Lingkungan hidup indonesia 2016*”. Badan Pusat Statistik. (2016)
- [2] Statistik, Badan Pusat. “*Statistik Lingkungan hidup indonesia 2017*”. Badan Pusat Statistik. (2017)
- [3] Statistik, Badan Pusat. “*Statistik indonesia 2017*”. Badan Pusat Statistik. (2017)
- [4] BRC, “*Design of biogas plant*”. (2000)
- [5] Phal, Beitz. “*Engineering Design : A systematic Approach*”, (2013)
- [6] Mayasari, H. D., Riftanto, I. M., Aini, L. N., & Ariyanto, M. R.. “*Pembuatan biodigester dengan uji coba kotoran sapi sebagai bahan baku*”. Program Studi DIII Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. (2010)
- [7] Santoso A.A., “*Produksi Biogas Dari Limbah Rumah Makan Melalui Peningkatan Suhu Dan Penambahan Urea Pada Perombakan Anaerob*”. Program Studi S1 Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta. (2010)