

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel II.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Variabel Penelitian	Jenis Penelitian dan Rencana Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Bintang Rizqi Prasetyo dan C. Rangkuti	Produksi GasBio Menggunakan Limbah Sayuran	Laboratorium Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Trisakti, Jakarta Barat	a. Variabel Bebas Komposisi pencampuran antara limbah sayuran dan air dengan perbandingan berat sebagai berikut : 1:1 ; 1:1,5 ; 1:2 dan 1:2,5 (kg/kg) b. Variabel Terikat Komponen dan Konsentrasasi GasBio	Menggunakan jenis penelitian eksperimen	Dari berbagai komposisi pencampuran antara limbah sayuran dan air tersebut yang menghasilkan gasbio paling optimal adalah perbandingan 1:1,5 (1 kg sampah sayuran : 1,5 lt air) dengan hasil konsentrasi metana sebesar 40,35% serta nilai kalor sebesar 7.624,05 kkal/m ³ .
2.	Mujahidah, Mappiratu dan Rismawaty Sikanna	Kajian Teknologi Produksi Biogas Dari sampah Basah Rumah Tangga	Fakultas MIPA, Universitas Tadulako	a. Variabel Bebas Konsentrasi starter kotoran sapi yaitu sebagai berikut : 0%, 6,25%, 12,5%, 18,75% dan 25% Rasio sampah rumah	Menggunakan jenis penelitian eksperimen	Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa seiring dengan peningkatan pada konsentrasi starter kotoran sapi maka akan menurunkan produksi biogas, hal ini dibuktikan dengan produksi

				<p>tangga terhadap air yaitu sebagai berikut :</p> <p>1:2 ; 1:2,5 ; 1:3 ; 1:3,5 dan 1:4</p> <p>b. Variabel Terikat Produksi Biogas</p>		<p>tertinggi sebesar 971,4 mg/L terdapat pada penggunaan konsentrasi starter 6,25%. Peningkatan rasio air terhadap sampah basah rumah tangga juga dapat menurunkan produksi biogas, terbukti dari rasio sampah basah rumah tangga dan air yang tidak menghasilkan biogas sama sekali adalah penggunaan rasio 1:3,5 dan 1:4, sedangkan produksi biogas tertinggi didapatkan pada penggunaan rasio 1:2 dengan hasil 631,29 mg/L</p>
3.	Hasan Ashari Romadhoni dan Putu Wesen	Pembuatan Biogas Dari Sampah Pasar	Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasionan "Veteran" Jawa Timur	<p>a. Variabel Bebas Tahap I rasio antara sampah sayuran dan air yaitu :</p> <p>100:50, 100:100, 100:150, 100:200, dan 100:250</p> <p>Tahap II rasio antara</p>	Menggunakan jenis penelitian eksperimen	<p>Pada tahap I, rasio antara sampah sayuran dan air yang menghasilkan biogas tertinggi adalah pada perbandingan 100:100 yaitu sebesar 3,6 mL, sedangkan hasil yang terendah yaitu pada perbandingan</p>

				<p>sampah sayuran dan kotoran ternak yaitu : 100:0, 90:20, 80:20, 70:30, 60:40, dan 50:50</p> <p>b. Variabel Terikat kualitas dan kuantitas biogas</p> <p>c. Variabel Kontrol Diberlakukan kepada kedua tahapan yaitu suhu ruangan 30°C, pH alami sampel 7, EM4 20 ml, serta waktu pengamatan yang dilakukan setiap hari dalam waktu 5 hari</p>	<p>100:250 yaitu sebesar 2,6 mL. Hal ini membuktikan bahwa semakin banyak campuran air pada bahan baku akan menurunkan produksi biogas. Pada tahap II yang merupakan lanjutan dari tahap I untuk menentukan rasio sampah sayuran dan kotoran ternak, didapatkan hasil biogas tertinggi pada perbandingan 50:50 yaitu sebesar 4,3 mL, sedangkan hasil biogas terendah pada perbandingan 100:0 yaitu sebesar 2,6 ml. Hal ini membuktikan bahwa dengan penambahan kotoran ternak pada pembuatan biogas dari sampah sayuran akan meningkatkan produksi biogas.</p>
--	--	--	--	--	--

4.	Sri Maryani	Potensi Campuran Sampah Sayuran dan Kotoran Sapi Sebagai Penghasil Biogas	Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang	<p>a. Variabel Bebas Konsentrasi sampah sayuran dan Konsentrasi kotoran sapi dengan perlakuan sebagai berikut : P1 tanpa kotoran (125 gr sampah sayuran + 0 ml kotoran sapi + 250 ml air), P2 80:20 (175 gr sampah sayuran + 75 ml kotoran sapi + 250 ml air), P3 70:30 (150 gr sampah sayuran + 100 ml kotoran sapi + 250 ml air), dan P4 50:50 (125 gr sampah sayuran + 125 ml kotoran sapi + 250 ml air)</p> <p>b. Variabel Terikat Volume biogas dan kadar metan</p>	Menggunakan jenis penelitian eksperimen	Volume biogas yang dihasilkan di hari ke 7 yang tertinggi adalah pada perlakuan ketiga yaitu sebesar 201 mL, sedangkan volume gas terendah ada pada perlakuan keempat yaitu sebesar 158 mL. Kadar metana yang dihasilkan di hari ke 7 yang tertinggi adalah pada perlakuan pertama yaitu sebesar 68,5%, sedangkan kadar metan terendah terdapat pada perlakuan ketiga yaitu 65,9%. Pada penelitian ini adanya penambahan kotoran sapi tidak begitu mempengaruhi kadar gas metana.
----	-------------	---	--	---	---	---

5.	Indriani Wibowo	Studi Tentang Pengaruh Variasi Bahan Baku dari Sampah Organik Pasar Khususnya Sampah Sayuran Terhadap Produksi Biogas	Workshop Jurusan Kesehatan Lingkungan, Program Studi Sanitasi, Program Studi Diploma III Kampus Magetan	a. Variabel Bebas Jenis sampah sayuran yaitu: Sampah Sawi, Sampah Kubis, Sampah Kangkung, Sampah Bayam, Sampah Daun Singkong, volume biogas yang dihasilkan, waktu yang dibutuhkan selama proses produksi biogas, dan uji nyala api b. Variabel Terikat Produksi Biogas	Menggunakan jenis penelitian Deskriptif	Membuktikan bahwa dengan jenis sampah organik pasar khususnya sampah sayuran yang berbeda akan mempengaruhi produksi biogas yang dihasilkan.
----	--------------------	--	--	--	---	--

B. Telaah Pustaka Lain Yang Sesuai

1. Biogas

a. Pengertian Biogas

Biogas adalah gas mudah terbakar (*flammable*) yang dihasilkan melalui proses fermentasi bahan-bahan organik seperti kotoran ternak (sapi, kambing, kuda, babi, ayam), kotoran manusia, limbah domestik atau rumah tangga dan sampah sayur-sayuran serta buah-buahan oleh bakteri-bakteri dalam kondisi tanpa udara (anaerob). Biogas terdiri dari beberapa campuran gas dengan komponen utamanya yaitu gas metan (CH_4) sebesar 55% dan karbon dioksida (CO_2) sebesar 25% dan sisanya merupakan kandungan senyawa lain dalam jumlah kecil seperti uap air, Nitrogen (N_2), Hidrogen (H_2), Hidrogen Sulfida (H_2S) dan Oksigen (O_2) (Pertiwiningrum, 2015).

Biogas merupakan energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan karena berasal dari bahan baku limbah organik yang mudah didapatkan dan selalu ada selama kehidupan masih berlangsung. Gas metan (CH_4) yang dihasilkan dari biogas ini memiliki keuntungan tersendiri karena tidak berbau dan berwarna serta dapat dibakar layaknya gas LPG (*Liquid Petroleum Gas*) dan dapat digunakan sebagai energi penggerak dari pada generator listrik (Saleh, Planetto, & Yulistiah, 2016).

Menurut Pertiwiningrum (2015) Nilai kalor yang terkandung dalam 1m^3 biogas setara dengan :

- 1). 6 kwh listrik
- 2). 0,62 lt minyak tanah
- 3). 0,52 lt minyak solar
- 4). 0,46 kg LPG
- 5). 3,50 kg kayu bakar
- 6). 0,80 lt bensin
- 7). $1,50\text{ m}^3$ gas kota

Kandungan gas metan lebih dari 50% akan mudah terbakar dan api yang terbentuk dari pembakaran ini akan berwarna biru layaknya api dari gas LPG serta energi kalor yang dihasilkan berkisar antara 5200-5900 kcal/m³ gas atau setara dengan memanaskan air sebanyak 65-73 liter dengan suhu 20°C sampai mendidih atau digunakan sebagai penerangan lampu berdaya 50-100 watt selama kurang lebih 3-8 jam.

b. Komposisi Biogas

Pada dasarnya biogas terdiri dari beberapa gas lain selain gas metan (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂). Berikut adalah beberapa senyawa pada biogas.

Tabel II. 2 Komposisi Senyawa pada Biogas Secara Umum

No	Komponen Gas	Rumus Kimia	Jumlah (%)
1.	Metana	CH ₄	55-75
2.	Karbon dioksida	CO ₂	25-45
3.	Nitrogen	N ₂	0-0,3
4.	Hidrogen	H ₂	1-5
5.	Hidrogen sulfida	H ₂ S	1-5
6.	Oksigen	O ₂	0,1-0,5

Sumber : Pertiwiningrum (2015)

c. Unsur-unsur yang terkandung dalam biogas

Dari berbagai komponen penyusun biogas pada tabel II.2 memiliki karakteristik yang berbeda-beda, diantaranya adalah sebagai berikut :

1). Metana (CH₄)

Gas metan (CH₄) merupakan suatu senyawa paling sederhana dari hidrokarbon yang berbentuk gas yang tidak memiliki warna maupun bau. Gas metan ini memiliki karakteristik yaitu mudah terbakar dengan kadar antara 5-10%, mempunyai titik didih dengan suhu -161°C, berat molekul 16,04 gram/mol, berat jenis 0,554 N/m³, serta kelarutan

didalam air pada tekanan 1 atmosfer yaitu 35 mg/L (US-EPA, 2010 dalam Hidayah, 2016).

Gas metan merupakan salah satu penyumbang gas rumah kaca yang lebih besar dibanding karbondioksida. Hal ini dikarenakan gas metan tidak dapat diserap oleh klorofil tumbuhan, oleh karena itu gas ini sangat stabil di atmosfer dibandingkan dengan karbondioksida yang mudah terserap oleh tumbuh-tumbuhan dengan proses fotosintesis. Akibat dari stabilnya gas metan di atmosfer maka potensi pemanasannya juga akan semakin meningkat dan mengakibatkan suhu di bumi akan semakin panas. Sumber alami gas metan ini bisa berasal dari danau, waduk, sungai, lahan basah, proses fermentasi oleh bakteri, sektor pertanian dan peternakan, limbah domestik (*saptick tank*), serta TPS dan TPA (Artiningrum, 2017)

2). Karbon dioksida (CO₂)

Gas karbondioksida (CO₂) merupakan gas yang tidak berwarna dan berbau. Gas ini memiliki berat molekul sebesar 44,1 gram/mol serta berat jenis sebesar 1,53 N/m³ dengan berat jenis relati di udara yaitu 1, sehingga berat jenis CO₂ lebih besar dari udara. Karakteristik lain dari karbondioksida adalah memiliki titik didih -78,3°C dan volume jenis 24,2ft³/lb (Murdiyarto, 2005 dalam Hidayah, 2016).

Gas karbondioksida (CO₂) merupakan salah satu penyumbang gas rumah kaca selain CH₄, N₂O dan H₂O. Gas ini dapat diemisikan melalui beberapa cara seperti pembakaran bahan bakar fosil (minyak bumi, batu bara dan gas alam), proses pada pembangkit listrik yang menghasilkan emisi gas CO₂ dan gas rumah kaca lainnya, serta sektor industri dalam kegiatan manufaktur seperti penyulingan

minyak bumi, produksi logam primer, produksi kimia dan lain sebagainya (Tiarani, Sutrisni, & Huboyo, 2016).

3). Nitrogen (N_2)

Nitrogen (N_2) merupakan senyawa yang tidak berbau, berwarna dan berasa. Karakteristik dari senyawa ini yaitu memiliki titik didih dengan suhu $-196^\circ C$, berat molekul sebesar $14,0067 \text{ gr/mol}$, serta titik lebur dengan suhu $-210^\circ C$.

Limbah ternak ruminansia dapat mengakibatkan pencemaran air yang berdampak pada meningkatnya kadar nitrogen dalam air. Polutan yang disebabkan oleh senyawa nitrogen ini memiliki efek polusi yang spesifik sehingga dapat menimbulkan penurunan kualitas perairan akibat eutrofikasi. Akibat dari penurunan oksigen terlarut dalam proses nitrifikasi diperairan mengakibatkan kehidupan biota air menjadi terganggu (Wahyudi, Wardana, & Hamidi, 2012).

4). Hidrogen (H_2)

Hidrogen (H_2) merupakan senyawa tidak berwarna, berasa, dan juga berbau. Pada suhu dan tekanan standar senyawa ini memiliki karakteristik non-logam, barvalesi tunggal, dan juga merupakan gas diatomik yang membuatnya sangat mudah terbakar. Hal ini membuat jumlah hidrogen bebas pada alam cukup sedikit meskipun hidrogen sendiri merupakan senyawa dengan total gas alam terbanyak (Iqbal, 2017).

5). Hidrogen sulfida (H_2S)

Hidrogen sulfida (H_2S) merupakan jenis gas beracun, tidak berwarna, mudah terbakar, dan juga dapat larut dalam air atau hidrokarbon. Berat jenis dari gas ini lebih berat dari udara sehingga H_2S akan cenderung berkumpul di tempat atau daerah yang rendah.

Jika kadar H₂S pada biogas cukup tinggi ini akan menjadi kendala pada pengaplikasian biogas secara langsung karena dapat merusak peralatan dan mencemari lingkungan, serta kalor yang dihasilkan cukup rendah (F. E. Rahayu & Sunaryo, 2014).

6). Oksigen (O₂)

Oksigen (O₂) merupakan senyawa gas diatomik yang tidak berasa, tidak berwarna, dan juga tidak berbau. O₂ memiliki titik didih pada suhu -183°C dan titik beku pada suhu -21°C. Pada proses biogas yang menjadi salah satu kendala adalah adanya oksigen. Pada dasarnya oksigen tidak diperlukan pada proses biogas karena proses yang digunakan adalah fermentasi anaerob (tanpa oksigen). Dengan semakin besar kadar oksigen pada digester maka akan menghambat produksi gas metan (Meliala, Utami, & Qurthobi, 2015).

d. Manfaat Biogas

Menurut Pertiwiningrum, (2015) Ada beberapa manfaat dari penerapan teknologi biogas di lingkungan, yaitu :

- 1). Mengurangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh menumpuknya sampah organik pada pasar.
- 2). Biogas dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif yang terbarukan seperti untuk memasak, lampu penerangan, pembangkit listrik, dan bahan bakar kendaraan karena dihasilkan dari kotoran ternak dan manusia serta limbah biomassa yang jumlahnya melimpah dan bersifat kontinyu (selalu ada).
- 3). Dapat mengurangi pengeluaran rumah tangga berupa pembelian bahan bakar seperti gas LPG, minyak tanah, dan bahan bakar lainnya yang memanfaatkan bahan bakar fosil yang sekarang sudah mulai langka ketersediannya.

- 4). Hasil samping dari produksi biogas dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik baik cair maupun padat.

2. Bahan Baku Sampah Sayuran

a. Pengertian Sampah

Pengertian sampah menurut Undang-undang No 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, adalah hasil dari sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat berupa bahan organik atau anorganik bersifat dapat diuraikan maupun tidak dapat diuraikan yang dianggap sudah tidak berguna dan dibuang ke lingkungan.

Menurut Gelbert dkk, (1996) dalam A. Rahayu & Perdana,(2018) sampah digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu :

1). Sampah organik

Sampah organik merupakan sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan hayati yang dapat dengan mudah diuraikan oleh mikroba atau bersifat *biodegradable*. Sampah domestik/rumah tangga sebagian besar berbahan dasar dari bahan organik. Yang termasuk sampah organik rumah tangga adalah sampah dapur, sisa-sisa makanan, sayuran, kulit buah, sampah dedaunan dan lain sebagainya. Selain itu pada pasar tradisional menyumbangkan banyak sampah organik seperti sampah sayuran, sampah buah-buahan, sampah umbi-umbian, sampah ikan dan daging, serta sampah lainnya seperti kayu .

2). Sampah Anorganik

Sampah anorganik merupakan sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan nonhayati (tidak dapat terdegradasi), baik dari produk sintetis maupun hasil proses teknologi dan pengolahan bahan tambang. Sampah anorganik dibagi menjadi sampah logam dan produk-produk olahannya, sampah plastik, sampah kertas, sampah kaca dan keramik, sampah

detergen. Sebagian besar bahan anorganik tidak dapat diuraikan secara alami oleh mikroorganisme secara keseluruhan (*unbiodegradable*).

Sampah sayuran merupakan sampah organik yang dihasilkan dalam jumlah besar setiap harinya. Limbah yang dihasilkan oleh sampah sayuran yang sebagian berasal dari pasar tradisional seringkali terbuang begitu saja ataupun dijadikan pakan ternak. Sampah sayuran yang mengandung bahan-bahan organik ini sebenarnya sangat berpotensi untuk diolah menjadi bahan baku pada pembuatan biogas.

b. Sawi

1). Pengertian Sawi

Sawi (*Brassica juncea L*) merupakan tanaman hortikultura yang bermanfaat untuk memperlancar pencernaan. Sayur sawi sangat digemari di masyarakat karena banyak mengandung vitamin A, B, dan sedikit Vitamin C serta asam askorbat yang cukup tinggi. Selain itu sayur sawi juga mempunyai kandungan air yang tinggi serta kandungan yang lain seperti karbohidrat, protein, serta lemak sehingga menjadikannya sebagai bahan yang mudah terdekomposisi. Tumbuhan ini sangat baik ditanam di dataran tinggi maupun rendah (Gunawan, dkk., 2015)

Tanaman sawi merupakan komoditas yang mempunyai nilai jual dan banyak digemari masyarakat Indonesia. Sayur sawi ini akan dimanfaatkan daunnya sebagai bahan pokok maupun sebagai pelengkap dalam masakan. Selain sebagai bahan pangan, sawi juga dipercaya dapat menghilangkan rasa gatal di tenggorokan pada penderita penyakit batuk. Sawi pun berfungsi sebagai penyembuh sakit kepala dan mampu bekerja sebagai pembersih darah (Nababan, 2017).

Sampah sawi cukup banyak keberadaannya di pasar. Hal ini dikarenakan sawi merupakan sayuran yang sangat digemari oleh masyarakat karena rasanya yang enak. Oleh karena itu para pedagang akan menyetok sayur ini dengan jumlah yang cukup banyak. Perlu diketahui bahwa pada sayur sawi memiliki kadar air yang cukup tinggi, dengan kondisi ini sangat menguntungkan bagi mikroorganisme dalam pertumbuhannya. Dengan banyaknya mikroorganisme pada sayur sawi maka akan mengakibatkan sayur ini mudah mengalami pembusukan. Sayur sawi yang sudah busuk ini lalu akan dibuang oleh pedagang karena tidak lagi memiliki nilai jual. Dengan begitu perlu adanya pemanfaatan lebih lanjut terhadap sampah dari sayur sawi agar tidak mencemari lingkungan serta memiliki nilai ekonomis. Salah satu pemanfaatan sampah sayur sawi adalah dengan menggunakannya sebagai bahan baku dalam pembuatan biogas. Pada sayur sawi mengandung banyak zat-zat serta mikroorganisme yang sangat membantu dalam produksi biogas, oleh karena itu sampah dari sayur sawi ini sangat berpotensi jika diolah sebagai biogas.

2). Morfologi Sawi

Sayur sawi (*Brassica juncea* L) merupakan tanaman sayuran berjenis daun dari keluarga *Brassicaceae*. Sawi memiliki batang yang pendek dan beruas-ruas, sehingga hampir tidak kelihatan. Batang sawi berfungsi sebagai alat pembentuk serta penopang daun. Sedangkan daun pada sawi bertangkai panjang dan berbentuk pipih. Struktur pada bunga sawi tersusun dalam tangkai bunga yang tumbuh memanjang dan bercabang banyak. Pada setiap satu buah sawi mempunyai daun keopak sebanyak 4 helai, daun mahkota sebanyak 4 helai,

bunga berwarna kuning cerah, benangsari sebanyak 4 helai, dan satu buah putik yang berongga (Nababan, 2017).

Jenis sawi ada beberapa macam, diantaranya yaitu : sawi putih atau sawi jabung (*Brassica juncea L var rugosa Roxb & Prain*) dengan ciri-ciri memiliki daun yang lebar dan berwarna hijau tua, tangkainya panjang tetapi lemas dan halus, serta batangnya yang pendek tetapi tegap dan bersayap. Sawi hijau (*Brassica juncea L*) dengan ciri-ciri memiliki daun yang lebar seperti daun sawi putih tetapi warnanya lebih hijau tua, batangnya pendek tetapi tegap, tangkai daunnya agak pipih sedikit berliku tetapi kuat. Dan sawi huma dengan ciri-ciri memiliki daun yang sempit, panjang dan berwarna hijau keputih-putihan, batangnya kecil namun panjang, tangkainya berukuran sedang serta bersayap (Nababan, 2017).

Klasifikasi tanaman sawi (*Brassica juncea L*) menurut Setiawan, (1993) dalam Nababan, (2017) adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae*
Film : *Tracheobionta*
Divisi : *Spermatophyta*
Sub divisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Dicotyledoneae*
Ordo : *Capparales*
Famili : *Brassicaceae*
Genus : *Brassica*
Spesies : *Brassica juncea L*

3). Kandungan Gizi Sawi

Dalam 100 gram sawi mengandung beberapa komposisi gizi yang sangat bermanfaat bagi tubuh serta baik jika digunakan sebagai bahan baku biogas. Komposisi tersebut diuraikan pada tabel II.3 berikut ini :

Tabel II.3 Kandungan Gizi Sawi Setiap 100 gram

No	Komposisi	Jumlah
1.	Air	92,2 g
2.	Energi	28 kal
3.	Protein	2,3 g
4.	Lemak	0,3 g
5.	Karbohidrat	4,0 g
6.	Serat	2,5 g
7.	Abu	1,2 g
8.	Kalsium	220 mg
9.	Fosfor	38 mg
10.	Besi	2,9 mg
11.	Natrium	22 mg
12.	Kalium	436,5 mg
13.	Tembaga	0,12 mg
14.	Seng	0,2 mg
15.	B-Karoten	2042 mcg
16.	Karoten Total	6460 mcg
17.	Thiamin	0,09 mg
18.	Riboflavin	0,23 mg
19.	Niasin	0,7 mg
20.	Vitamin C	102 mg

Sumber : Direktorat Jenderal Kesehatan Masyarakat RI, 2018

c. Kubis

1). Pengertian Kubis

Kubis (*Brassica oleracea var capitata*) merupakan sayuran yang sangat populer di Indonesia. Tanaman ini memiliki bentuk seperti krop serta merupakan sayuran semusim atau berumur tidak terlalu panjang jadi harus dipanen sekaligus. Sayuran kubis dapat dipanen pada umur 45-55 hari setelah tanaman dipindah, tergantung pada jenis dari varietas kubis. Kubis memiliki kadar air yang tinggi yaitu >90%,

sehingga membuatnya sangat mudah mengalami pembusukan (Widarti, Wardhini, & Sarwono, 2015).

Sayur kubis mengandung berbagai macam vitamin, salah satunya adalah vitamin C. Oleh karena itu kubis berkhasiat dalam melawan penyakit kanker serta dapat melindungi perut dan usus besar dari sel-sel penyakit kanker yang menjalar pada organ pencernaan di dalam tubuh. Selain itu kubis mengandung sulfur yang tinggi, sehingga dapat membasmi segala macam bakteri dan mikroba yang akan membahayakan bagi tubuh. Khasiat lain dari tanaman kubis ini adalah dapat mengobati penyakit bronkitis serta memperlancar aktivitas kedua ginjal. Tidak hanya itu, sayuran ini juga dapat menyembuhkan penyakit adiksi dan menetralkan darah yang mengalir dalam tubuh (Widarti et al., 2015).

Sampah kubis merupakan sampah organik yang cukup dominan memenuhi pasar. Hal ini dikarenakan para pedagang biasanya akan membuang bagian terluar dari kubis 3-4 helai untuk menjaga kubis tetap terlihat segar. Selain itu kubis yang memiliki kandungan air >90% mengakibatkan sayuran ini mudah sekali mengalami pembusukan. Dengan adanya hal tersebut membuat sampah kubis di pasar menjadi melimpah. Akibat dari menumpuknya sampah kubis ini akan mengakibatkan timbulnya penyakit dan bau yang tidak sedap, serta mengurangi nilai estetika dari pasar. Untuk itu perlu adanya pemanfaatan lebih lanjut dalam pengelolaan sampah kubis. Biasanya sampah organik dari pasar akan dimanfaatkan sebagai pakan ternak maupun pupuk organik. Namun untuk mendukung penggunaan energi yang terbarukan yang bersumber dari bahan-bahan organik maka sampah kubis yang termasuk kedalam sampah organik ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan biogas.

2). Morfologi Kubis

Tanaman kubis merupakan jenis sayuran dengan akar tunggang dan berserabut, memiliki daun yang tidak berbulu tetapi tertutup oleh lapisan lilin, serta pada daun pertama yang tidak membentuk krop dapat memiliki panjang sekitar 30 cm. Pada umumnya kubis merupakan jenis sayuran pendek yang memiliki kandungan air yang tinggi (Widarti et al., 2015).

Klasifikasi Tanaman Kubis (*Brassica oleraceae var. capitata*) menurut Fitriani, (2012) adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae*

Film : *Tracheobionta*

Divisi : *Spermatophyta*

Sub divisi : *Angiospermae*

Kelas : *Dicotyledoneae*

Ordo : *Capparales*

Famili : *Cruiferae (Brassicaceae)*

Genus : *Brassica*

Spesies : *Brassica oleracea var. capitata*

3). Kandungan Gizi Kubis

Dalam 100 gram daun kubis mengandung beberapa komposisi gizi yang sangat bermanfaat bagi tubuh serta baik jika digunakan sebagai bahan baku biogas. Komposisi tersebut diuraikan pada tabel II.4 berikut ini :

Tabel II.4 Kandungan Gizi Kubis Setiap 100 gram

No	Komposisi	Jumlah
1.	Air	95,2 g
2.	Energi	51 kal
3.	Protein	2,5 g
4.	Lemak	1,1 g
5.	Karbohidrat	8,0 g
6.	Serat	3,4 g
7.	Abu	2,2 g
8.	Kalsium	100 mg

No	Komposisi	Jumlah
9.	Fosfor	50 mg
10.	Besi	3,4 mg
11.	Natrium	50 mg
12.	Kalium	100 mg
13.	Tembaga	0,90 mg
14.	Seng	0,6 mg
15.	B-Karoten	9999 mcg
16.	Thiamin	0,40 mg
17.	Riboflavin	0,10 mg
18.	Niasin	0,2 mg
19.	Vitamin C	16 mg

Sumber : Direktorat Jenderal Kesehatan Masyarakat RI, 2018

d. Kangkung

1). Pengertian Kangkung

Kangkung (*Ipomoea reptans poir*) merupakan sayuran yang sangat populer karena banyak diminati. Bagian yang paling penting dari tanaman kangkung adalah batang muda dan pucuk-pucuknya yang digunakan sebagai bahan dalam membuat sayur-mayur. Selain rasanya yang terkenal enak, kangkung juga memiliki gizi yang cukup tinggi diantaranya yaitu vitamin A, B, dan C serta kandungan mineral terutama zat besi yang berguna bagi kesehatan. Sayur kangkung dapat menenangkan saraf sehingga orang yang mengkonsumsinya akan merasakan kantuk setelahnya. Selain itu akar pada sayur kangkung juga dapat digunakan sebagai obat penyakit wasir. Sedangkan zat besi yang terkandung dalam sayur ini berguna untuk pertumbuhan pada tubuh (Febriyono, Susilowati, & Suprpto, 2017).

Tanaman kangkung selain sangat populer juga memiliki harga yang relatif murah dibanding dengan sayur berjenis daun lainnya. Tanaman ini sangat mudah dibudidayakan karena siklus panennya yang cepat dan termasuk tanaman yang bisa tumbuh dengan waktu lama. Namun kangkung merupakan jenis

sayuran yang berkadar air tinggi, yang mana dapat membuatnya cepat mengalami pembusukan. Sama seperti sayuran yang lain, ketika kangkung sudah busuk maka pedanggang sayur akan membuangnya karena tidak memiliki nilai jual. Akibat dari menumpuknya sampah kangkung ini akan mengakibatkan timbulnya penyakit dan bau yang tidak sedap, serta mengurangi nilai estetika dari pasar. Untuk itu perlu adanya pemanfaatan sampah ini agar lebih berguna, salah satunya adalah digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan biogas.

2). Morfologi Kangkung

Kangkung (*Ipomoea reptans poir*) merupakan tumbuhan yang berasal dari India. Umumnya sayur ini memiliki tinggi 1-3m dan bercabang banyak. Tanaman ini memiliki batang berkayu, bulat, berbuku-buku, berambut, serta berwarna hijau kecoklatan. Daun pada kangkung merupakan daun tunggal yang saling berhadapan, per helainya berbentuk elips sampai lanset seperti bentuk jantung hati, memiliki ujung dan pangkal yang runcing, tepinya rata, serta tulang daun yang menyirip, kedua permukaan daun berambut dengan panjang 4-8 cm dan lebar 1-3 cm, serta warna dari daun kangkung ini adalah hijau atau hijau kekuning-kuningan. Tanaman kangkung terdiri dari 2 jenis yaitu kangkung air dan kangkung darat. Namun yang paling di budidayakan oleh masyarakat adalah kangkung darat atau biasa disebut dengan kangkung cabut (Febriyono et al., 2017).

Klasifikasi Tanaman Kangkung (*Ipomoea reptans poir*) menurut Iskandar, (2016) adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae*

Film : *Viridiplantae*

Divisi : *Tracheophyta*

Sub divisi : *Spermatophytina*
 Kelas : *Magnoliopsida*
 Ordo : *Solanales*
 Famili : *Convolvulaceae*
 Genus : *Ipomea L*
 Spesies : *Ipomea reptans Poir*

3). Kandungan Gizi Kangkung

Dalam 100 gram kangkung mengandung beberapa komposisi gizi yang sangat bermanfaat bagi tubuh serta baik jika digunakan sebagai bahan baku biogas. Komposisi tersebut diuraikan pada tabel II.5 berikut ini :

Tabel II.5 Kandungan Gizi Kangkung Setiap 100 gram

No	Komposisi	Jumlah
1.	Air	91,0 g
2.	Energi	28 kal
3.	Protein	3,4 g
4.	Lemak	0,7 g
5.	Karbohidrat	3,9 g
6.	Serat	2,0 g
7.	Abu	1,0 g
8.	Kalsium	67 mg
9.	Fosfor	54 mg
10.	Besi	2,3 mg
11.	Natrium	65 mg
12.	Kalium	250,1 mg
13.	Tembaga	0,13 mg
14.	Seng	0,4 mg
15.	B-Karoten	2868 mcg
16.	Karoten Total	5542 mcg
17.	Thiamin	0,07 mg
18.	Riboflavin	0,36 mg
19.	Niasin	2,0 mg
20.	Vitamin C	17 mg

Sumber : Direktorat Jenderal Kesehatan Masyarakat RI, 2018

e. Bayam

1). Pengertian Bayam

Bayam (*Amaranthus spp.*) merupakan sayuran daun yang terkenal dengan sumber gizinya. Tanaman ini berasal dari daerah amerika tropic, namun sekarang keberadaannya sudah menyebar kemana-mana. Sayur ini dapat dioalah menjadi berbagai macam masakan seperti lalapan dan aneka tumisan. Cita rasanya yang segar membuatnya sangat digemari oleh masyarakat. Sayuran bayam ini memiliki kandungan zat besi, mineral dan juga serat yang tinggi sehingga baik untuk kesehatan pada tubuh. Selain itu pada bayam terkandung vitamin K yang bagus bagi kesehatan tulang, klorofil yang baik untuk mencegah kanker, kalium yang dapat menurunkan tekanan darah, serta masih banyak lagi khasiat yang terkandung didalamnya (Irma, 2016).

Sudah diketahui sebelumnya bahwa bayam merupakan sayuran yang sangat digemari di masyarakat. Oleh karena itu tidak menutup kemungkinan bahwa keberadaan sayur ini cukup banyak di pasar. Sama halnya dengan sayuran lainnya, bayam memiliki kandungan air yang tinggi dimana sangat digemari oleh mikroorganisme, oleh karena itu bayam mudah sekali mengalami pembusukan. Bayam yang sudah busuk ini akan berdampak pada menumpuknya sampah pada pasar sehingga dapat menimbulkan bibit penyakit dan bau yang tidak sedap, selain itu akibat dari menumpuknya sampah ini akan mengurangi nilai estetika dari pasar. Untuk itu perlu adanya pemanfaatan pada sampah bayam ini, salah satunya adalah memanfaatkan sampah bayam sebagai bahan baku dari pembuatan biogas.

2). Morfologi Bayam

Bayam (*Amaranthus spp.*) memiliki batang semi merah atau hijau semi putih. Bayam dengan batang berwarna semi merah disebut dengan bayam merah, sedangkan bayam dengan batang berwarna hijau semi putih disebut dengan bayam hijau. Tanaman bayam baik jika di panen pagi atau sore hari dengan temperature udara yang tidak terlalu tinggi dan antara 25-35 hari setelah tanaman dipindahkan. Bayam memiliki tinggi 15-20 cm ketika belum berbunga. Tanaman bayam yang sudah berumur 35 hari sebaiknya dipanen seluruhnya karena jika sudah lebih dari 35 hari maka bayam sudah berbunga dan daun-daun pada tanaman ini akan menjadi kasar (Irma, 2016).

Klasifikasi Tanaman Bayam (*Amaranthus spp.*) menurut Rukmana, (1994) dalam Haerani T, (2018) adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
Film : *Viridiplantae*
Divisi : *Tracheophyta*
Sub divisi : *Spermatophytina*
Kelas : *Magnoliopsida*
Ordo : *Caryophyllales*
Famili : *Amaranthaceae*
Genus : *Amaranthus*
Spesies : *Amaranthus spp.*

3). Kandungan Gizi Bayam

Dalam 100 gram bayam mengandung beberapa komposisi gizi yang sangat bermanfaat bagi tubuh serta baik jika digunakan sebagai bahan baku biogas. Komposisi tersebut diuraikan pada tabel II.6 berikut ini :

Tabel II.6 Kandungan Gizi Bayam Setiap 100 gram

No	Komposisi	Jumlah
1.	Air	94,5 g
2.	Energi	16 kal
3.	Protein	0,9 g
4.	Lemak	0,4 g
5.	Karbohidrat	2,9 g
6.	Serat	0,7 g
7.	Abu	1,3 g
8.	Kalsium	166 mg
9.	Fosfor	76 mg
10.	Besi	3,5 mg
11.	Natrium	16 mg
12.	Kalium	456,4 mg
13.	Tembaga	0,13 mg
14.	Seng	0,4 mg
15.	B-Karoten	2699 mcg
16.	Karoten Total	2293 mcg
17.	Thiamin	0,04 mg
18.	Riboflavin	0,10 mg
19.	Niasin	1,0 mg
20.	Vitamin C	41 mg

Sumber : Direktorat Jenderal Kesehatan Masyarakat RI, 2018

f. Daun Singkong

1). Pengertian Daun Singkong

Daun singkong (*Manihot esculenta C*) merupakan salah satu sayuran alternatif pengganti sayuran pada umumnya. Daun ini sangat digemari masyarakat karena memiliki rasa yang lezat dan bisa memicu selera makan. Namun ada beberapa masyarakat yang tidak terlalu suka dengan olahan dari singkong ini karena merasa bahwa tekstur dari daun ini terlalu kasar untuk dimakan. Sebelum bisa dikonsumsi daun singkong perlu diolah terlebih dahulu, biasanya daun ini akan dimasak dalam beberapa cara yaitu di buat urap ataupun direbus sebagai lalapan (Indriyani & Subeki, 2017).

Daun singkong mengandung vitamin A dan C yang berguna sebagai antioksidan untuk mencegah proses penuaan serta meningkatkan daya tahan tubuh terhadap penyakit. Selain

itu daun singkong juga bermanfaat sebagai anti kanker, serta mencegah konstipasi dan anemia. Kandungan vitamin dan mineral pada daun singkong terbilang lebih tinggi dibandingkan dengan sayuran daun lainnya. Tidak hanya itu, daun singkong memiliki kandungan kalsium yang tinggi dimana kandungan ini berguna sangat baik untuk mencegah penyakit tulang seperti rematik serta asam urat (Adi , 2006 dalam Indriyani & Subeki, 2017).

Masyarakat Indonesia sangat gemar mengonsumsi daun singkong. Tidak hanya khasiatnya yang banyak, daun singkong juga mudah didapatkan karena jumlahnya yang sangat banyak dan mudah dalam penanamannya karena pohon singkong sendiri dapat hidup di dataran rendah maupun tinggi selama beriklim tropis. Walaupun begitu daun singkong dapat menjadi masalah yang cukup pelik pada pasar jika sudah menjadi sampah. Hal ini dikarenakan pada daun singkong terdapat kandungan air yang tinggi, ini mengakibatkan daun singkong mudah sekali membusuk seperti layaknya sayuran berjenis daun lainnya. Daun singkong yang sudah busuk ini jika dibiarkan menumpuk akan mengakibatkan pencemaran lingkungan berupa timbulnya penyakit dan bau yang tidak sedap, serta mengurangi nilai estetika dari pasar. Untuk itu perlu dilakukan pemanfaatan lebih lanjut agar sampah daun singkong tidak menimbulkan masalah. Salah satunya adalah memanfaatkan sampah daun singkong menjadi bahan baku dalam pembuatan biogas.

2). Morfologi Daun Singkong

Daun singkong (*Manihot esculenta C*) termasuk dalam daun dengan jenis tunggal yang bentuknya seperti menjari serta mempunyai tulang daun. Daun singkong memiliki tangkai panjang dengan setiap helai daun tampak seperti telapak

tangan dan setiap tangkainya terdapat 3 lembar sampai dengan 8 lembar helai daun. Pada umumnya daun singkong muda akan berwarna hijau muda, namun semakin tua daun maka warnanya akan berubah menjadi hijau tua (Laksita, 2019).

Klasifikasi Tanaman Singkong (*Manihot esculenta C*) menurut Indriyani & Subeki, (2017) adalah sebagai berikut :

- Kingdom : *Plantae*
- Film : *Tracheabionta*
- Divisi : *Spermatohpyta*
- Sub divisi : *Angiospermae*
- Kelas : *Dicotyledoneae*
- Ordo : *Euphorbiales*
- Famili : *Euphorbiaceace*
- Genus : *Manihot*
- Spesies : *Manihot esculentas C*

3). Kandungan Gizi Daun Singkong

Dalam 100 gram daun singkong mengandung beberapa komposisi gizi yang sangat bermanfaat bagi tubuh serta baik jika digunakan sebagai bahan baku biogas. Komposisi tersebut diuraikan pada tabel II.7 berikut ini :

Tabel II.7 Kandungan Gizi Daun Singkong Setiap 100 gram

No	Komposisi	Jumlah
1.	Air	84,4 g
2.	Energi	50 kal
3.	Protein	6,2 g
4.	Lemak	1,1 g
5.	Karbohidrat	7,1 g
6.	Serat	2,4 g
7.	Abu	1,2 g
8.	Kalsium	166 mg
9.	Fosfor	99 mg
10.	Besi	1,3 mg
11.	Natrium	17 mg

No	Komposisi	Jumlah
12.	Kalium	23,1 mg
13.	Tembaga	0,10 mg
14.	Seng	2,0 mg
15.	B-Karoten	3204 mcg
16.	Karoten Total	7052 mcg
17.	Thiamin	0,04 mg
18.	Riboflavin	0,10 mg
19.	Niasin	1,8 mg
20.	Vitamin C	103 mg

Sumber : Direktorat Jenderal Kesehatan Masyarakat RI, 2018

g. Sampah Sayuran Sebagai Bahan Baku Biogas

Pada penelitian yang dilakukan oleh Solikin, (2016) memanfaatkan sampah sayuran kubis sebagai bahan baku dalam pembuatan biogas. Dalam prosesnya bahan baku yang berupa sayuran kubis di cincang terlebih dahulu kemudian dicampur dengan EM4 serta kotoran hewan, setelah itu dimasukkan ke dalam digester untuk selanjutnya dilakukan fermentasi secara anaerob. Pengukuran dilakukan setiap hari pada jam 07.00 pagi dan 19.00 malam, dengan pengamatan yang dilakukan selama 30 hari kedepan setelah seluruh bahan dimasukkan kedalam digester. Hasil dalam penelitian ini adalah didapatkan gas metan sebesar 0,2 kg atau 0,2040 ons pada hari ke 31.

Selain itu sampah sayuran lainnya juga bisa digunakan sebagai campuran bahan baku dalam pembuatan biogas seperti penelitian yang dilakukan oleh Nitbani et al., (2016) yang memanfaatkan sampah sayur kangkung sebagai bahan campuran dalam pembuatan biogas. Dalam penelitian ini menitik beratkan pada perbandingan komposisi antara campuran perut ikan, kangkung dan feses babi untuk memperoleh biogas dengan produktivitas dan kualitas yang optimal. Hasil dalam penelitian menunjukkan bahwa perbandingan komposisi campuran 1:1:1 (perut ikan : kangkung : feses babi) memiliki pH yang stabil dengan rata-ratanya yaitu 7. Tekanan gas, massa gas dan volume

gas yang dihasilkan pada komposisi 1:1:1 lebih besar dibandingkan dengan komposisi campuran 2:1:1, 1:2:1, 1:1:2 yaitu tekanan gas yang dihasilkan sebesar 3851,4 Pa, massa gas sebesar 0,011568938 kg, volume gas sebesar 0,145424439 m³, nilai kalori sebesar 19,680 Kj, daya sebesar 177,142 watt, serta warna nyala api yang dihasilkan yaitu biru.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya membuktikan bahwa sampah sayuran berpotensi sebagai bahan baku pembuatan biogas. Selain merupakan bahan organik, sayuran yang notabennya memiliki kandungan air tinggi membuatnya mudah mengalami pembusukan sehingga akan dibuang begitu saja oleh para pedagang pasar dan membuatnya menjadi sampah. Sampah sayuran yang jumlahnya sangat banyak di pasar jika tidak dimanfaatkan secara optimal akan menyebabkan pencemaran lingkungan berupa timbulnya bibit penyakit serta timbulnya bau yang tidak sedap sehingga mengurangi nilai estetika pasar. Untuk itu perlu pemanfaatan dari sampah sayur pasar sehingga tidak mencemari lingkungan. Biasanya sampah sayur pasar akan dimanfaatkan sebagai pakan ternak, kompos dan juga bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas.

3. Fermentasi

Menurut Lestari (2016) ada beberapa sistem fermentasi pada biogas yang dibedakan menurut cara pengisian bahan bakunya, yaitu :

a. *Batch fermentation*

Batch fermentation merupakan sistem fermentasi yang dilakukan dengan cara memasukkan bahan baku serta starter tambahan secara bersamaan kedalam biodigester kemudian pengambilan gas dilakukan pada saat proses fermentasi berakhir. Fermentasi ini merupakan sistem tertutup dimana tidak ada penambahan bahan bakuserta starter baru selama proses fermentasi berlangsung.

Digester dengan sistem *Batch fermentation* biasanya digunakan untuk kapasitas biogas dengan skala laboratorium.

b. *Fed-batch fermentation*

Fed-batch fermentation merupakan sistem dimana proses fermentasi dilakukan secara tertutup dengan penambahan bahan baku serta starter secara teratur tanpa mengeluarkan effluent/slurry yang ada di dalam digester, sehingga volume di dalam digester semakin lama semakin bertambah.

c. *Continous fermentation*

Continous fermentation merupakan sistem fermentasi dengan melakukan penambahan bahan baku serta starter secara terus menerus yang kemudian dengan penambahan secara terus-menerus tersebut akan mendorong effluent/slurry yang sudah diproses di dalam digester keluar melalui pipa pengeluaran.

4. Digester

Digester merupakan komponen utama dalam produksi biogas. Dalam prinsipnya digester bekerja untuk menciptakan suatu kondisi anaerob dalam penampungan bahan-bahan organik selama proses fermentasi oleh bakteri metanogen yang kemudian akan menghasilkan biogas. Digester memerlukan rancangan yang tepat agar proses fermentasi dapat berjalan dengan baik. Pada umumnya setelah digester diisi, biogas akan muncul pada hari ke 4-5. Biogas yang muncul tersebut kemudian akan dialirkan ke tempat penampungan biogas, sedangkan effluent atau lumpur sisa dari aktifitas fermentasi tersebut akan dikeluarkan dan menjadi pupuk alami yang dapat dimanfaatkan dalam sektor pertanian ataupun perkebunan (Pertiwiningrum, 2015).

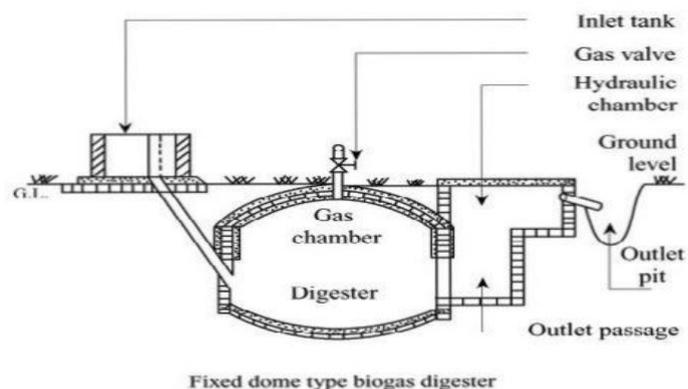
Menurut Pertiwiningrum (2015) ada 3 tipe model digester yaitu :

a. Tipe *fixed domed plant*

Tipe ini memiliki penampung gas dibagian atas digester. Prinsip kerjanya adalah ketika gas muncul, gas tersebut akan bergerak ke tempat penampung gas dan akan menekan lumpur hasil dari sisa fermentasi (slurry) sehingga slurry tersebut meluap keluar ke bak outlet. Gas yang timbul kemudian akan disalurkan ke pipa gas dengan menggunakan katup/kran. Skema digester tipe *fixed domed plant* dapat dilihat pada Gambar 2.1. Tipe ini memiliki keunggulan dan kelemahan yaitu :

- 1) Keunggulan : tidak mudah bergerak, tipe konstruksi yang awet (bisa digunakan dalam waktu yang cukup lama), pembuatannya di dalam tanah sehingga tetap aman dari cuaca ekstrim maupun gangguan dari luar lainnya, hemat runagan karena tidak membutuhkan rungan di atas tanah.
- 2) Kelemahan : mudah terjadi keretakan pada penampung gas, tekanan tidak stabil karena tidak terdapat katup gas.

Gambar 2.1 Tipe *fixed domed plant*



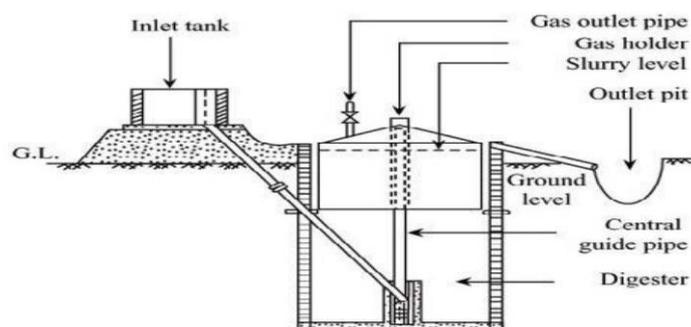
Sumber : Pertiwiningrum (2015)

b. Tipe *floating drum plant*

Tipe ini memiliki tempat penampung gas yang dapat bergerak seiring dengan kenaikan tekanan pada digester. Pergerakan pada tempat penampungan gas dapat diindikasikan bahwa produksi biogas sudah dimulai. Skema digester tipe *floating drum plant* dapat dilihat pada Gambar 2.2. Tipe ini memiliki keunggulan dan kelemahan, yaitu :

- 1) Keunggulan : dengan tipe ini dapat mempermudah produksi biogas dengan hanya melihat pada penampung gas yang mengalami kenaikan dan penurunan, jika ada kenaikan maka gas sedang berproduksi dan jika mengalami penurunan maka gas sudah tidak berproduksi sehingga perlu adanya penambahan kotoran pada digester. Keunggulan yang lainnya adalah walaupun terdapat fluktuasi pada biodigester tetapi masih bisa di atasi sehingga tekanan biogas dapat dijaga dengan konstan.
- 2) Kelemahan : memerlukan keterampilan khusus dalam membuat konstruksi penampung gas yang bisa bergerak, serta jenis material yang digunakan pada konstruksi ini harus dipilih dari material yang tahan akan korosi sehingga biaya yang dikeluarkan lebih tinggi.

Gambar 2.2 Tipe *floating drum plant*



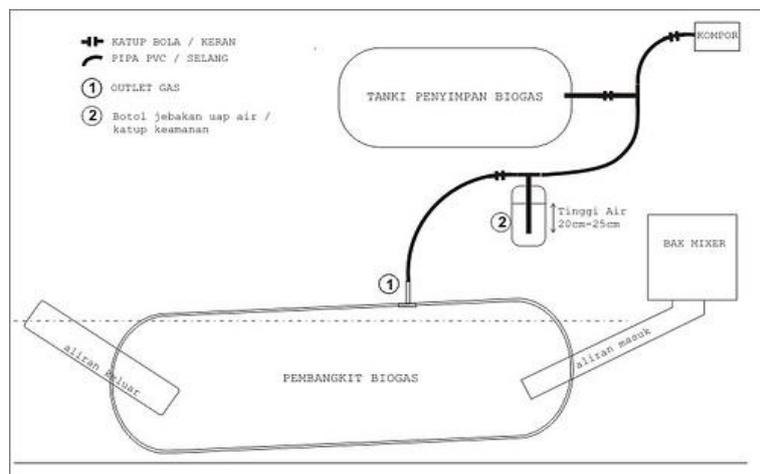
Sumber : Pertiwiningrum (2015)

c. Tipe *baloon plant*

Tipe ini mempunyai konstruksi yang cukup sederhana, karena terbuat dari plastik yang kedua ujungnya dipasang dengan pipa yang bertujuan sebagai jalur masuk kotoran dan jalur keluarnya slurry, sedangkan dibagian atasnya dipasang pipa sebagai tempat keluarnya gas. Skema Tipe *ballon plant* dapat dilihat pada Gambar 2.3. Tipe ini memiliki keunggulan dan kelemahan yaitu :

- 1). Keunggulan : biaya yang murah, mudah dalam pembersihan, dan juga mudah dipindahkan kemana-mana.
- 2). Kelemahan : mudah rusak, waktu pemakaian yang relatif singkat (tidak awet), dan mudah bocor karena menggunakan plastik.

Gambar 2.3 Tipe *baloon plant*



Sumber : Pertiwiningrum (2015)

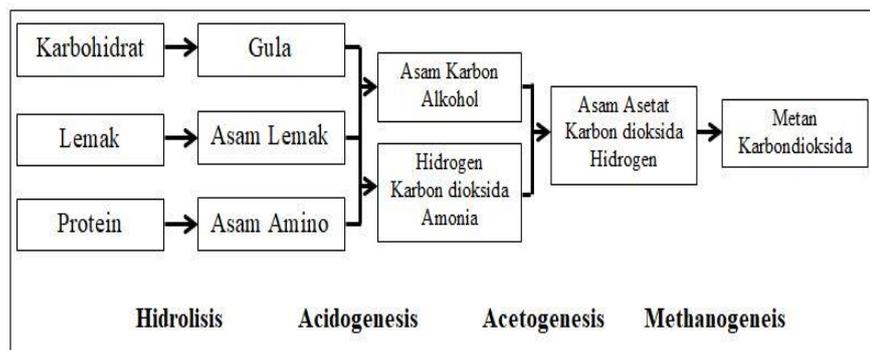
Plastik yang digunakan pada penelitian ini adalah plastik PP (*Polypropylene*). Karakteristik dari plastik PP merupakan plastik yang keras tetapi fleksibel, lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah, memiliki ketahanan yang baik terhadap lemak dan minyak, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap, serta melunak pada suhu 150 derajat Celcius. Keunggulan plastik PP (*Polypropylene*) dari pada plastik PE

(*Polyethylene*) adalah pada plastik PP memiliki kekuatan dan ketahanan panas yang lebih baik dari pada plastik PE. Kerapatan PP lebih kecil dari PE dengan kerapatannya adalah 0,90 – 0,91 g/cm³(Setyowati & Widodo, 2017).

5. Proses Pembentukan Biogas

Proses terbentuknya biogas dimulai dari memasukkan bahan-bahan organik ke dalam digester, pada tahap ini bakteri anaerob akan mendekomposisi bahan-bahan organik tersebut yang kemudian akan menghasilkan gas yang disebut dengan biogas. Berikut merupakan diagram pada proses fermentasi anaerob.

Gambar 2.4 Proses Fermentasi Anaerob



Sumber : Ardiansyah (2017)

Dari diagram diatas maka dapat diperjelas oleh keterangan (Lettinga, 1994 dalam Lestari, 2016) bahwa terdapat empat tahap proses pada fermentasi anaerob, yaitu :

a. Hidrolisis

Hidrolisis merupakan tahap dimana bahan organik kompleks (polimer) diuraikan menjadi unit yang lebih kecil (monomer) dimana senyawa ini merupakan senyawa terlarut dengan berat molekul yang lebih ringan. Selama proses hidrolisis polimer seperti protein, lipid, dan gliserin akan diubah menjadi asam amino, asam lemak dan gliserol. Sedangkan untuk karbohidrat kompleks termasuk polisakarida, selulosa, dan liginin akan diubah menjadi

monomer yang lebih sederhana seperti glukosa. Pada proses hidrolisis ini mengandalkan Bakteri hidrolitik yang mana bakteri ini akan mengeluarkan enzim-enzim seperti selulase, protease, lipase dan enzim ekstraseluler lainnya yang kemudian akan dikatalis menjadi selulose, peptida, dan asam lemak rantai panjang. Contoh bakteri hidrolitik adalah *Cellulomonas* sp., *Cytophoga* sp., *Cellvibrio* sp., *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Pseudomonas* sp., dan *Lactobacillus plantanarum*(Firdausiyah 2015 dalam Lestari, 2016)

b. Asidogenesis

Asidogenesis merupakan tahap dimana bakteri *Acidogenic* (fermentatif) mengubah bahan organik yang sudah larut pada tahap hidrolisis menjadi asam karbon dan alkohol serta senyawa mineral seperti karbon dioksida, hidrogen dan amonia. Pada tahap ini kondisi lingkungan, pH dan temperatur sangat mempengaruhi keberhasilan bakteri dalam prosesnya. Asam yang terbentuk dari senyawa organik sederhana (monomer) dilakukan oleh bakteri penghasil asam yaitu *acid/farming bacteria* yang merupakan bakteri anaerob. contoh bakteri asidogenik adalah *Clostridium* sp (Ardiansyah, 2017).

c. Asetogenesis

Hasil produk dari proses asidogenesis ada yang tidak dapat langsung diubah menjadi metana oleh bakteri metanogen. Maka dari itu perlu adanya bantuan dari bakteri asetogenesis untuk mengubahnya menjadi substrat metanogen selama proses asetogenesis. Asam karbon dan alkohol akan dioksidasi menjadi substrat metanogen seperti asam asetat, hidrogen dan karbon dioksida. Contoh bakteri asetogenik adalah *Acetobacter aceti*(Ardiansyah, 2017).

d. Metanogenesis

Tahap ini merupakan tahapan terakhir dari keseluruhan proses yang terjadi pada fermentasi anaerob. Pembentukan metana dan karbon dioksida dilakukan oleh bakteri metanogen yang menguraikan asam asetat menjadi dua senyawa tersebut. Sebesar 70% bagian metana terbentuk dari hasil konversi asam asetat, sedangkan 30% bagian lagi merupakan hasil konversi dari hidrogen dan karbon dioksida (Ardiansyah, 2017)

6. Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Biogas

Menurut Simamora dkk., (2006) dalam Lestari (2016) Ada beberapa faktor yang mempengaruhi keberhasilan dalam produksi biogas, diantaranya yaitu :

a. Bahan baku

Bahan baku pada produksi biogas bisa berupa bahan-bahan organik seperti kotoran ternak, kotoran manusia, limbah rumah tangga, dan sampah organik. Bahan baku isian sebaiknya terhindar dari sampah anorganik. Lumpur hasil fermentasi paling tidak harus mengandung berat kering sekitar 7-9%, sedangkan pada sampah sayuran mengandung sekitar 13,19% bahan kering. Untuk itu perlu dilakukan pengenceran pada bahan baku dengan menggunakan air agar mendapatkan hasil yang sesuai (Desnita, Widodo, & YS, 2015).

Menurut Prasetyo & Rangkuti, (2015) dalam penelitiannya menyatakan bahwa rasio antara campuran limbah sayuran dan air yang menghasilkan biogas dengan konsentrasi metana tertinggi adalah perbandingan 1:1,5 (1kg Limbah Sayuran: 1,5 lt Air) dengan hasil 40,35%.

b. Rasio C/N

Mikroorganisme membutuhkan nitrogen dan karbon pada proses fermentasi anaerob. Karbon berguna sebagai energi sedangkan nitrogen berguna sebagai pembentuk struktur sel. Pada proses anaerobik ini mikroorganisme akan bekerja secara optimum apabila diberikan makanan berupa karbon dan nitrogen dengan cara bersamaan. CN rasio menunjukkan perbandingan antara kedua unsur tersebut. Ketika suatu bahan mempunyai jumlah karbon 15 kali dari pada jumlah nitrogen maka perbandingan antara C/N rasio adalah 15 berbanding 1.

Bakteri metanogen memerlukan karbon sekiranya 25-30 kali lebih cepat dari pada nitrogen. Untuk itu C/N rasio dengan nilai 25-30 akan membuat proses fermentasi anaerob bekerja secara optimum, apabila kondisi yang lainnya juga mendukung. Bila jumlah karbon terlalu banyak maka nitrogen akan habis lebih cepat dan mengakibatkan proses fermentasi berjalan secara lambat. Sedangkan bila jumlah nitrogen terlalu banyak maka karbon akan habis lebih cepat dan proses fermentasi akan berhenti (Pertiwiningrum, 2015).

Tabel II.8 Perbandingan C dan N Pada Beberapa Jenis Kotoran Hewan dan Tumbuhan

No	Jenis Bahan	Perbandingan C/N
1.	Manusia	6-10
2.	Ayam	15
3.	Kambing/domba	25
4.	Babi	25
5.	Kuda	25
6.	Sapi/Kerbau	18
7.	Rumput Muda	12
8.	Sayuran (Bukan kacang-kacangan)	11-19
9.	Jerami Gandum/Padi	150
10.	Serbuk Gergaji	200-500

Sumber: Wulandari, (2006) dalam Maryani, (2016)

c. Derajat Keasaman (pH)

Bakteri alami yang menguraikan bahan-bahan organik didalam digester pada umumnya dapat berkembang dengan baik pada kondisi asam yaitu pH antara 6,6 – 7,0. Jika pH turun di bawah 6,2 maka akan mengakibatkan bakteri metanogen keracunan dan mati, hal ini yang mengakibatkan produksi biogas menurun(Pertiwiningrum, 2015).

d. Temperatur

Temperatur pada digester secara umum memiliki tiga rentang yang disenangi oleh bakteri. Pada temperatur 8-25°C yang hidup adalah bakteri *psychrophilic*, pada temperatur 35-37°C yang hidup adalah bakteri *mesophilic*, sedangkan pada temperatur 53-55°C yang hidup adalah bakteri *thermophilic*. Temperatur minimum pada fermentasi anaerob supaya bakteri bisa tetap berkembang adalah 15°C jika temperatur dibawah 15°C maka bakteri akan mati dan biogas yang dihasilkan hanya sedikit. Sedangkan kondisi optimum pada fermentasi anaerob adalah 35°C. Kondisi temperatur terbaik untuk pertumbuhan bakteri dalam memproduksi biogas adalah kisaran 30-35°C(Darmanto, Soeparman, & Widhiyanuriawan, 2012).

e. Pengadukan

Pengadukan bertujuan untuk menghomogenkan bahan isian dan juga starter yang akan dimasukkan ke dalam digester biogas. Jika tidak dilakukan pengadukan maka akan terjadi penggumpalan yang akan menghambat proses terbentuknya gas pada proses produksi. Pengadukan juga dapat memberikan temperatur yang seragam pada digester. Akan tetapi pengadukan yang terlalu cepat akan merusak mikroorganisme, untuk itu disarankan agar melakukan pengadukan dengan lambat (Kaswinarni 2007 dalam Lestari 2016)

f. Waktu Fermentasi

Waktu fermentasi merupakan jumlah hari pada proses fermentasi didalam digester yang dihitung saat pemasukan bahan organik sampai terbentuknya biogas. Secara umum, semakin lama waktu fermentasi yang terjadi di dalam digester maka jumlah biogas yang dihasilkan juga semakin banyak. Akan tetapi, hal ini juga tergantung pada bahan baku yang digunakan.

Menurut Sahidu (1983) yang dikutip oleh Maryani, (2016), menerangkan bahwa gas pada digester biogas akan terbentuk pada hari ke 5 dengan suhu pencernaan 28°C. Produksi biogas akan meningkat sebesar 50% pada hari ke 10-30. Pada hari ke 30 biogas yang dihasilkan pada proses fermentasi akan mencapai maksimal, dan setelah 30 hari produksi biogas akan mengalami penerunan.

7. Hukum Archimedes

Hukum Archimedes merupakan hukum yang membahas tentang prinsip pengapungan di atas zat cair. Konsep ini menjelaskan bahwa ketika sebuah benda di celupkan seluruhnya atau sebagian ke dalam zat cair maka zat cair tersebut akan memberikan gaya keatas yang disebut dengan gaya apung pada benda, dimana gaya apung tersebut sama dengan berat dari zat cair yang dipindahkan (Jewwet, 2009 dalam Anjarsari et al., 2015)

Hukum Archimedes berbunyi : *“Sebuah benda yang dicelupkan seluruhnya atau sebagian ke dalam zat cair maka benda tersebut akan mendapatkan gaya ke atas atau gaya apung sebesar berat zat cair yang di pindahkan oleh benda tersebut”*. Akibat dari adanya gaya apung tersebut maka berat benda di dalam zat cair akan berkurang, sehingga berat yang berada di dalam zat cair seolah-olah akan lebih ringan dari pada berat benda yang di angkat di udara. Hal ini dikarenakan adanya gaya ke atas atau gaya apung yang ditimbulkan

oleh zat cair yang kemudian diterima oleh benda tersebut. Ada 3 kemungkinan yang terjadi jika suatu benda dicelupkan kedalam zat cair, yaitu :

a. Mengapung

Suatu benda akan dikatakan mengapung apabila massa jenis dari benda tersebut lebih kecil dari pada massa jenis zat cair ($\rho_b < \rho_c$). Di saat benda mengapung maka hanya sebagian volume dari benda tersebut yang tercelup ke dalam zat cair, sedangkan sebagiannya lagi mengapung. Volume total dari benda tersebut dapat dihitung dengan cara menambahkan antara volume benda yang tercelup dengan volume benda yang terapung.

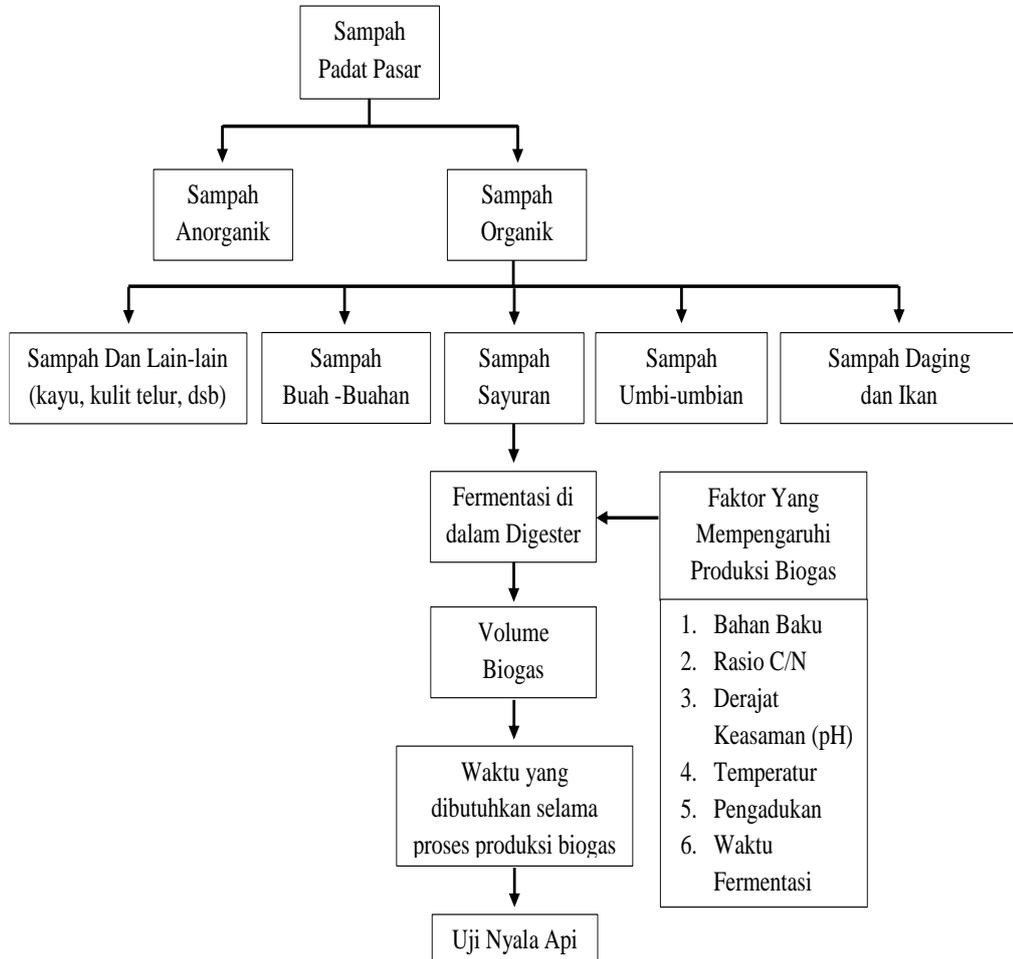
b. Melayang

Suatu benda akan dikatakan melayang apabila massa jenis dari benda tersebut sama dengan massa jenis zat cair ($\rho_b = \rho_c$). Benda yang melayang akan berada di atas permukaan zat cair.

c. Tenggelam

Suatu benda akan dikatakan tenggelam apabila massa jenis benda tersebut lebih besar dari pada massa jenis zat cair ($\rho_b > \rho_c$). Benda yang tenggelam akan berada di dasar bejana.

C. Kerangka Teori



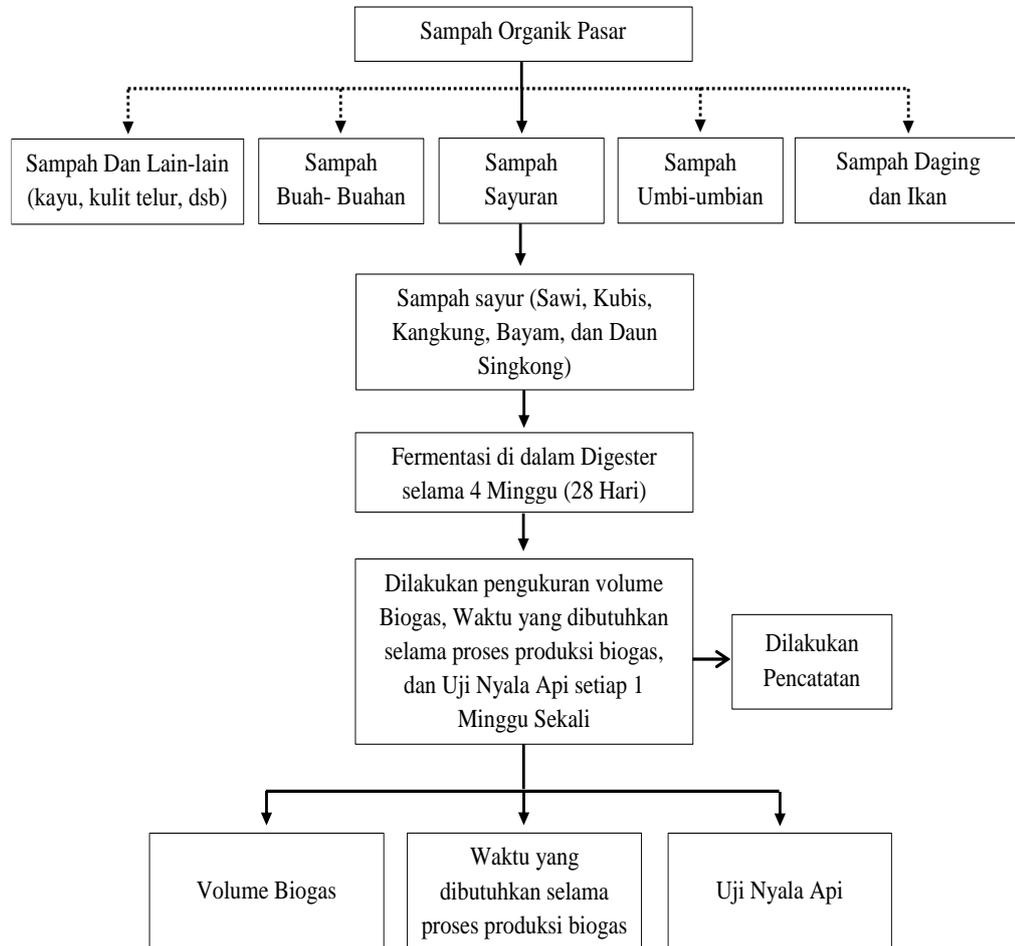
Gambar 2.5 Kerangka Teori

Pada kerangka teori tersebut dapat dijelaskan bahwa sampah padat pasar dibagi menjadi 2 yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik pasar bisa berupa sampah sayuran, sampah buah-buahan, sampah umbi-umbian, sampah daging dan ikan serta sampah dan lain-lain (kayu, kulit telur dan lain sebagainya). Pembuatan biogas pada penelitian ini menggunakan bahan baku berupa sampah sayuran yang akan difermentasi di dalam digester. Pada fermentasi di dalam digester ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses produksi biogas yaitu diantaranya : Bahan Baku yang akan digunakan, Rasio C/N dari bahan

baku, Derajat keasaman (pH), temperature di dalam digester, pengadukan bahan baku sebelum dimasukkan ke dalam digester, serta waktu fermentasi di dalam digester.

Setelah terjadi fermentasi di dalam digester kemudian akan timbul gas (bila semua faktor mendukung pada saat proses fermentasi) yang kemudian gas tersebut akan diukur volume gas yang dihasilkan, waktu yang dibutuhkan selama proses produksi serta uji nyala api untuk membuktikan apakah gas yang terkandung merupakan gas metana (berwarna biru) atau gas-gas lainnya (berwarna merah). Pada proses ini juga tidak menutup kemungkinan jika tidak terdapat gas yang muncul mengingat banyak faktor yang dapat mempengaruhi proses produksi biogas.

D. Kerangka Konsep



Keterangan

————— : Diteliti

..... : Tidak diteliti

Gambar 2.6 Kerangka Konsep

Pada kerangka konsep tersebut dapat dijelaskan bahwa penelitian mengenai biogas yang akan dilakukan oleh peneliti menggunakan bahan baku berupa sampah organik pasar khususnya sampah sayuran yang terdiri dari beberapa jenis yaitu sampah sawi, sampah kubis, sampah kangkung, sampah bayam, dan sampah daun singkong. Setelah disortir untuk setaip jenis sampah serta diberikan perlakuan berupa penambahan air sebanyak

1,5 liter pada setiap jenis sampah dan setiap replikasi (3 kali replikasi), kemudian dilakukan fermentasi didalam digester yang sudah dirancang sebelumnya selama 4 minggu (28 hari).

Pada saat proses fermentasi akan dilakukan pengukuran dan pencatatan mengenai volume biogas yang dihasilkan, waktu yang dibutuhkan pada saat proses produksi serta uji nyala api selama 1 minggu sekali dalam jangka waktu 4 minggu (28 hari). Keseluruhan dari hasil yang didapatkan akan dimasukkan ke dalam tabel yang telah disiapkan sebelumnya yang kemudian akan dilakukan analisa data untuk mengetahui jenis sampah sayuran mana yang dapat menghasilkan produksi biogas paling optimum.