

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses pengolahan limbah tahu menjadi biogas

Dalam proses pengolahan limbah tahu menjadi biogas ada beberapa tahap yang harus dilakukan untuk mengubah limbah tahu menjadi biogas antara lain:

1. Bak Ekualisasi

Air limbah hasil pembuatan tahu dialirkan pada bak ekualisasi. Untuk mengantisipasi debit limbah yang tinggi bak ekualisasi dalam proses mendesainnya harus memperhatikan kapasitas debit harian maksimum. Untuk mengontrol debit limbah yang akan masuk ke proses selanjutnya bak ekualisasi dilengkapi dengan pompa

2. Digester Anaerobik

Air limbah dari bak ekualisasi tadi selanjutnya dialirkan ke digester anaerobik. Di dalam digester ini limbah mengalami fermentasi sehingga dihasilkan gas metana yang ketika bercampur dengan karbondioksida akan menghasilkan biogas. Pada digester ini dibagi menjadi dua bagian, yang pertama adalah bagian tempat untuk pencernaan limbah cair dan sebagai rumah bagi bakteri fermentasi. Bagian yang kedua sebagai tempat penampung gas yang dihasilkan dari proses fermentasi limbah,. Biogas yang dihasilkan akan mengalir dan ditampung pada bagian ini. Bagian ini berbentuk seperti kubah dan sebagai pengumpulgas yang tidak bergerak (*fixed*)

Dari proses anaerobik menghasilkan endapan lumpur yang akan keluar menuju bak penampung lumpur dengan bantuan dorongan dari limbah cair yang baru masuk serta dengan tekanan gas di dalam digester. Limbah cair yang tidak mengendap akan keluar menuju bak pengendap awal

3. Bak penengendapan awal

Air limbah hasil fermentasi di dalam digester tersebut selanjutnya dialirkan ke bak penengendap awal. Pada bagian ini padatan tersuspensi akan

dihilangkan. Yang tidak dapat terurai pada digester anaerobik dengan cara mengendapkan kotoran padat berwujud lumpur pada bagian dasar bak pengendap. Lumpur yang mengendap pada bagian dasar bak akan dibuang dan air dari bak pengendapan awal akan di alirkan ke bak biofilter anaerobik.

4. Biofilter Anaerobik

Biofilter anaerobik merupakan proses lanjutan untuk mendegradasi senyawa organik yang masih tersisa. Dikarenakan limbah yang telah diolah pada digester anaerobik dan telah melalui proses pengendapan awal masih memiliki kandungan BOD dan COD yaitu 780,15 mg/L dan 9495 mg/L. Kedua parameter tersebut masih kurang dari standar baku mutu air.

Pada biofilter ini terjadi penguraian zat organik oleh bakteri anaerobik yang tumbuh pada permukaan media filter membentuk lapisan film mikroorganisme. Media filter yang digunakan bentuknya seperti sarang tawon yang terbuat dari bahan plastik

5. Biofilter Aerobik

Nilai kandungan COD setelah melalui proses biofilter anaerobik ternyata masih 1424,25 mg/L dan masih belum memenuhi standar baku mutu air. Proses pengolahan biofilter aerobik dipilih karena kinerjanya lebih efektif untuk mendegradasi senyawa organik yang jumlahnya tidak terlalu besar dengan adanya penambahan oksigen kedalam air limbah. Begitu juga bau metana yang dihasilkan dari proses biofilter anaerobik dapat diatasi dengan pengolahan ini. Didalam bak ini akan di pasang media biofilter seperti sarang tawon yang terbuat dari plastik sambil dihembus dengan udara atau di aerasi sehingga mikroorganisme yang ada akan menguraikan zat organik yang tersisa pada limbah cair.

6. Bak Pengendap Akhir

Pada bak pengendap akhir berfungsi untuk tempat mengendapkan lumpur yang berasal dari biofilter aerobik. Dalam sistem IPAL bak ini sebagai pengolahan tambahan. Desain konstruksi dari bagian ini direncanakan berbentuk silinder dengan dasar bak berbentuk kerucut supaya

limpur dapat terkumpul di bagian dasar. Air proses pengendapan akhir ini akan langsung dibuang ke badan sungai. Sedangkan lumpur yang mengendap pada bagian dasar bak akan di alirkan keluar ke bagian inlet bak biofilter anaerobik atau bak pengumpul lumpur menggunakan pompa sirkulasi lumpur.

4.2 Langkah Perhitungan Potensi Biogas di Suatu Kawasan Pengrajin Tahu

Dalam melakukan perhitungan suatu pembangkit listrik tenaga biogas dari limbah tahu diperlukan lokasi pembuatan tahu untuk mendapatkan model dasar pembangkit tersebut. Dalam analisis perhitungan potensi pembangkit listrik tenaga biogas dari limbah tahu di desa Sorogaten tersebut. digunakan model di Kawasan Usaha Pembuatan Tahu di Desa Gunung Saren. Langkah-langkah cara perhitungan potensi energi listrik yang dihasilkan di Desa Sorogaten adalah, yang pertama menghitung bahan baku biogas yaitu limbah tahu yang dihasilkan di tempat tersebut. selanjutnya menghitung potensi biogas yang dihasilkan dari bahan baku yang tersedia. Setelah itu dilanjutkan penghitungan energi listrik yang di hasilkan dari generator yang bahan bakarnya dari biogas di daerah tersebut. langkah yang terakhir perhitungan biaya investasi yang harus di siapkan untuk membangun pembangkit listrik tenaga biogas dari limbah tahu di Desa Sorogaten

4.3 Potensi Biogas di Desa Gunung Saren

Dalam melakukan penelitian ini dilakukan pengambilan studi kasus di kawasan produksi tahu desa Gunung Saren, Trimurti, Srandakan, Bantul. Pengolahan limbah tahunya menjadi biogas sejak bulan Agustus, tahun 2007. Berawal dari dana bantuan dari pemerintah kabupaten Bantul untuk mengolah limbah tahu menjadi biogas agar tidak mencemari lingkungan. Di kawasan usaha tahu desa Gunung Saren terdapat 8 tempat pengrajin tahu yang lokasinya tidak terlalu jauh antra yang satu dengan yang lainnya.

Saat ini kondisi usah tahu di desa Gunung saren masih berjalan dengan lancar, dengan rata – rata produksi setiap tempat pengrajin tahu perhari 50 kg kedelai. Ada 2 tempat dengan produksi tahu rata – rata 150 kg kedelai per harinya.

Maka tidak dapat dipungkiri lagi bahwa di desa Gunung Saren sebagai kawasan usaha produksi tahu yang cukup besar. Dengan begitu, limbah yang dihasilkan juga sangat banyak. Sehingga sangat potensial sekali untuk diolah menjadi biogas. Biogas yang saat ini di hasilkan dari limbah tahu dimanfaatkan untuk memasak tahu dan untuk memasak untuk makanan. Tahu hasil produksi di desa Gunung Saren di distribusikan atau di jual di pasar – pasar tradisional di sekitaran kecamatan Srandakan, Sanden, dan kecamatan pandak.

Dalam program Pemerintah Kabupaten Bantul dalam penanggulangan pencemaran lingkungan dari limbah rumah tangga dan pabrik telah dilakukan rekayasa pengolahan limbah tahu yang berada di desa Gunung Saren, Trimurti, Srandakan, Bantul untuk diolah menjadi sumber energi biogas. Reaktor biogas yang digunakan bertipe fixed dome yang seluruh reaktor berada di bawah tanah. Dirancang untuk kapasitas 8 pengerajin tahu dengan produksi tahu berbeda – beda. Enam pengerajin dengan kapasitas produksi 50 kg/hari, dan dua pengerajin tahu dengan kapasitas produksi 150 kg/hari. Sehingga total produksi tahu seluruhnya sebesar 600kg/hari. Setiap 5kg kedelai menghasilkan limbah sebanyak 1 drum, dengan kapasitas 50 liter. Jadi hasil limbah yang dihasilkan dengan kapasitas produksi tahu 600kg kedelai adalah 6.000 liter/ hari.

Di desa Gunung Saren terdapat pengolahan limbah tahu atau biasa disebut dengan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) untuk mengolah limbah tahu menjadi energi biogas. Kapasitas reaktor yang dibangun untuk mengolah limbah tahu di desa Gunung Saren volumenya limbah tahu 6000 liter/hari atau 6 m³/ hari. Biogas yang dihasilkan dari reaktor tersebut sebesar 6 m³/hari atau 6.000 liter/hari yang dapat untuk memasak selama satu hari satu malam atau selama 24 jam. Sehingga dapat dirumuskan:

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi biogas/m}^3 &= \frac{\text{Total volume limbah}}{\text{Total biogas yang dihasilkan}} \\
 &= \frac{6000 \text{ liter limbah}}{6000 \text{ liter biogas}} \\
 &= 1 \text{ liter} \\
 &= 0,001 \text{ m}^3/\text{liter}
 \end{aligned}$$

Sehingga produksi bioga sebesar 0,001 m³/liter limbah tahu. Nyala api yang dihasilkan cukup besar dan apinya berwarna biru seperti gas LPG pada umumnya. Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair tersebut sangat cukup efektif jika diolah sebagai bahan bakar alternatif.

4.4 Potensi Bahan Baku Biogas di Pengrajin Tahu di Desa Sorogaten

Pada saat ini kawasan usaha tahu di desa sorogaten terdapat empat lokasi pengrajin tahu. Setiap pengerajin antara yang satu yang lainnya berbeda beda produksi perharinya. Lokasi pertama yang bertempat di rumah bapak Anwar dengan produksi tahu perhari 63 kg kedelai dan menghasilkan limbah tahu sebanyak 975 liter. Lokasi yang kedua bertempat di bapak Kardiman dengan produksi tahu perharinya menghabiskan 48 kg kedelai dan menghasilkan limbah 900 liter. Lokasi yang ketiga bertempat dirumah bapak Tugimin dengan produksi tahu perharinya menghabiskan 30 kg kedelai dan menghasilkan limbah 450 liter. Dan lokasi yang ke empat bertempat di rumah bapak Daryono dengan kapasitas produksi tahu perharinya menghabiskan 50 kg kedelai dan menghasilkan limbah 1.200 liter perharinya. Berdasarkan hasil penelitian secara sederhana dapat dihitung potensi biogas dari limbah tahu sebagai berikut:

Tabel 4.1 Potensi bahan baku penghasil biogas di Desa Sorogaten

Lokasi Produksi	Banyak Produksi (kg/hari)	Hasil Limbah (liter/hari)	Ket. Limbah	
			Digunakan (liter/hari)	Dibuang (liter/hari)
Anwar Sanusi	63	1.050	40	1010
Kardiman	48	900	20	880
Tugimin	30	450	20	430
Daryono	54	1.200	-	1.200

Dari tabel diatas dapat diketahui bahawa total produksi 195 kg kedelai akumulasi limbah tahu yang dihasilkan perharinya mencapai 3520 liter. Digunakan

untuk pakan ternak sebanyak 80 liter peharinya dan yang lainnya hanya dibuang saja ke sungai. Jadi total limbah tahu yang di dimanfaatkan untuk bahan baku pembuatan biogas di desa Sorogaten adalah:

$$3.520 \text{ liter} - 80 \text{ liter} = 3.440 \text{ liter/hari}$$

Dengan perhitungan hasil limbah dari proses produksi tahu adalah

- Lokasi pertama tempat Bapak Anwar setiap 4,5 kg kedelai menghasilkan 75 liter limbah

Jadi rata – rata produksi limbah untuk setiap 1 kg kedelai adalah:

$$75 \div 4,5 \text{ kg} = 16,66 \text{ liter limbah}$$

- Lokasi kedua tempat Bapak Kardiman setiap 4 kg kedelai menghasilkan 75 liter limbah

Jadi rata – rata hasil limbah untuk setiap 1 kg kedelai adalah:

$$75 \div 4 \text{ kg} = 18,75 \text{ liter limbah}$$

- Lokasi kedua tempat Bapak Tugimin setiap 4,7 kg kedelai menghasilkan 75 liter limbah

Jadi rata – rata hasil limbah untuk setiap 1 kg kedelai adalah:

$$75 \div 4,7 \text{ kg} = 15,95 \text{ liter limbah}$$

- Lokasi kedua tempat Bapak Daryono setiap 4,5 kg kedelai menghasilkan 80 liter limbah

Jadi rata – rata hasil limbah untuk setiap 1 kg kedelai adalah:

$$80 \div 4,5 \text{ kg} = 17,77 \text{ liter limbah}$$

Dari penelitian dan perhitungan diatas Maka dapat di asumsikan rata – rata hasil limbah tahu untuk setiap 1kg kedelai adalah :

$$\begin{aligned} \text{Rata- rata} &= (16,66 + 18,75 + 15,95 + 17,77) \div 4 \\ &= (69,13) \div 4 \\ &= 17,28 \text{ liter/kg} \end{aligned}$$

Nilai hasil limbah tahu berbeda – beda dari satu yang lainnya dikarenakan campuran air dalam pembuatan tahu berbeda antara tempat pengrajin tahu yang satu dengan yang lainnya serta proses pembuatan tahu juga berbeda – beda. Misalkan di

lokasi ke empat di rumah Bapak Daryono, mampu menghasilkan limbah sebanyak 17,77 liter dalam 1kg kedelai dikarenakan dalam proses pembuatan tahunya menggunakan sistem ketel uap. Sedangkan yang lainnya menggunakan sistem pembuatan tahu secara tradisional sehingga hasil limbah antara ketiga tempat tersebut tidak terlalu berbeda jauh.

4.5 Perhitungan Potensi Biogas Yang Dihasilkan

Desa Sorogaten memiliki empat lokasi usaha pengrajin tahu dengan total produksi tahu dari ke empat usaha tersebut mencapai 195 kg kedelai perharinya. Limbah cair tahu yang dihasilkan mencapai 3.520 liter/hari. Untuk dimanfaatkan untuk pakan ternak hanya 80 liter dan yang sisanya 3.440 liter hanya dibuang langsung ke sungai tanpa diolah terlebih dahulu sehingga menimbulkan pencemaran. Dengan rata – rata hasil limbah 17,28 liter/kg kedelai.

1. Perhitungan Produksi Volume Biogas

Berdasarkan penelitian diatas yang dilakukan di kawasan pengrajin tahu desa Gunung Saren maka potensi biogas dari limbah tahu yang berada di kawasan pengrajin tahu di Desa Sorogaten adalah:

$$\begin{aligned}\text{Potensi Volume Biogas} &= 0,001 \text{ m}^3/\text{liter} \times 3440 \text{ liter/hari} \\ &= 3,44 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

2. Perhitungan Produksi Gas Metana

Nilai produksi energi biogas sebanding dengan produksi gas metana. Dengan diketahui nilai produksi biogas (VBS) sebesar 3,44 m³/hari dan dengan rata – rata kandungan gas metana di dalam biogas sebesar 65%. Maka dapat diketahui produksi gas metana (VGM) adalah:

$$\begin{aligned}\text{VGM} &= 65 \% \times \text{VBS} \\ &= 65\% \times 3,44 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2,236 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

4.6 Pemilihan Model Digester Biogas

Untuk melakukan penentuan jenis digester harus memperhatikan data – data dilapangan. Sebagai data awal adalah potensi limbah cair tahu di desa Sorogaten adalah 3.440 liter/hari. Secara sederhana urutan perancangan konstruksi dan fasilitas biodigester dimulai dengan perhitungan volume biodigester yang meliputi potensi bahan baku yang tersedia dalam menghasilkan gas metana, penentuan model biodigester, perancangan tangki penyimpanan dan diakhiri dengan penentuan lokasi pembangunan biodigester.

Model digester yang akan digunakan dalam perncanaan ini menggunakan tipe *fixed dome type*, dikarenakan model ini yang digunakan pada tempat penelitian dan juga merupakan model yang paling banyak digunakan di indonesia, dimana seluruh instalasi digester dibuat didalam tanah dengan konstruksi permanen. Dengan tipe ini selain dapat menghemat tempat lahan, pembuatan digester didalam tanah juga berguna mempertahankan suhu digester stabil dan mendukung pertumbuhan bakteri methanogen. Digester tipe ini mempunyai keuntungan biaya konstruksi rendah karena konstruksinya sederhana dan umurnya cukup panjang.

Digester tipe ini menggunakan jenis mengalir, aliran bahan baku biogas dimasukan dan residu dikeluarkan pada selang waktu tertentu. Lamanya bahan baku berada dalam reaktor digester disebut waktu retensi (*retention time/RT*). Bagian – bagian konstruksi dalam digester tipe ini meliputi:

1. Ruang penampungan gas (*gas collecting chamber*)
2. Ruang penyimpanan gas (*gas storage chamber*)
3. Volume ruangan fermentasi (*fermentation chamber*)
4. Volume ruangan hidrolis (*hydraulic chamber*)
5. Volume lapisan penampungan lumpur (*sludge layer*)

Selanjutnya akan dirancang ukuran dan jenis digester yang digunakan berdasarkan potensi bahan baku dan data – data literature yang ada. Perancangan ukuran digester dilihat dari jumlah limbah tahu harian, perbandingan komposisi campuran air dan limbah tahu, waktu digestifikasi dan jumlah volume biogas yang dihasilkan. Limbah untuk bahanbaku biogas di desa sorogaten sebesar

3.440liter/hari dan campuran air lainnya dari proses pembuatan tahu sebesar 5% dari jumlah limbah tahu yang dihasilkan perharinya. Berdasarkan data yang ada waktu penyimpana (HRT) limbah tahu di dalam digester kira – kira 4 -8 hari. Waktu digestifikasi yang pendek dapat mengurangi volume digester dan begitu sebaliknya waktu digestifikasi yang panjang dapat menambah volume digester. Dengan ditentukan waktu untuk digestifikasi bahan baku biogas adalah 5 hari maka dapat ditentukan volume kerja digester, diman volume kerja digester merupakan penjumlahan volume ruang digestifikasi (Vf) dan volume penyimpanan (Vgs) yaitu:

Untuk mendapatkan tota bahan baku biogas yang sudah di tambahkan campuran air dari sumber lainnya sebanyak 5% liter/hari(Q).

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{Jumlah limbah bahan baku} + \text{air 5\% liter/hari dari total limbah} \\
 &= 3.440 \text{ liter/hari} + 5\% \\
 &= 3.440 \text{ lite/hari} + 172 \text{ liter/hari} \\
 &= 3.612 \text{ liter/hari}
 \end{aligned}$$

Dimana volume kerja digester merupakan penjumlahan volume ruangan digestifikasi (Vf) dan volume penyimpanan gas (Vgs) yaitu:

$$\text{Volume kerja digester} = V_{gs} + V_f$$

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

$$\begin{aligned}
 V_{gs} + V_f &= Q \times \text{HRT} \\
 &= 3.612 \text{ liter/hari} \times 4 \text{ hari} \\
 &= 18.060 \text{ liter} \\
 &= 14,448 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dari analisa dan perhitungan di atas maka dapat diperoleh Volume kerja digester sebesar 14,448 m³

Dikarenakan ketersediaan lahan di desa sorogaten cukup terbatas maka pembangunan digester di bagi menjadi dua bagian Maka terdapat dua unit digester untuk ukuran volume kerja digester yang akan dibangun sebesar 7,224 m³.

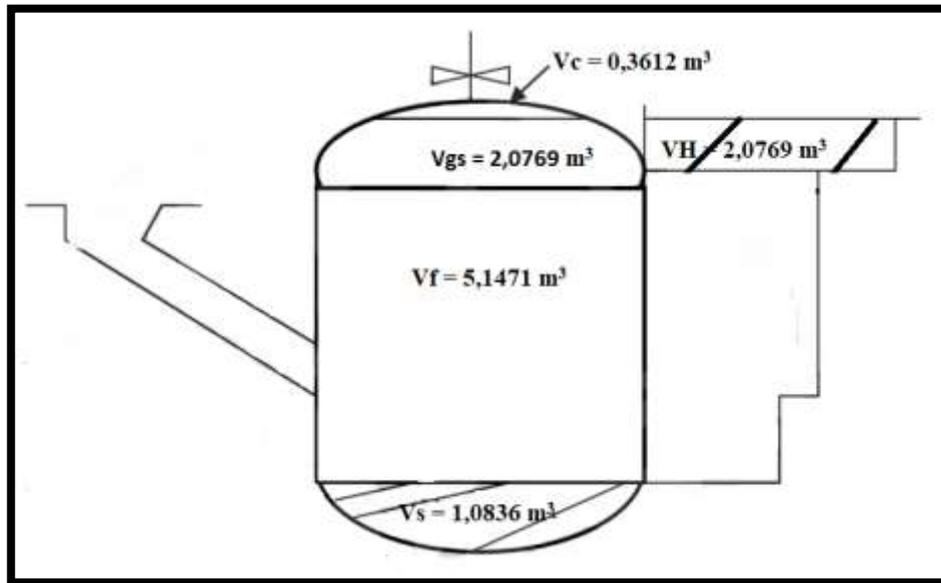
- Volume ruangan penampungan gas (V_c) = $5\% \times V$
= $5\% \times 7,224$
= $0,3612 \text{ m}^3$
- Volume lapisan penampungan lumpur (V_s) = $15\% \times V$
= $15\% \times 7,224$
= $1,0836 \text{ m}^3$
- Volume penyimpanan (V_{gs}) = $0,5 (V_{gs} + V_f + V_s) K$
K merupakan nilai laju produksi gas tiap m^3 per hari, berdasarkan perhitungan pada 4.1.3, nilai K untuk limbah tahu adalah $0,001 \text{ m}^3$ maka:

$$\begin{aligned} V_{gs} &= 0,5 (V_{gs} + V_f + V_s) K \\ &= 0,5 \times (7,224 + 1,0836) \times 0,001 \\ &= 2,0769 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Dengan nilai $V_{gs} = 2,0769 \text{ m}^3$ sehingga dapat diketahui nilai V_f , yaitu:
 $V_{gs} + V_f = 7,224$
 $V_f = 7,224 - 2,0769$
 $V_f = 5,1471 \text{ m}^3$
- Nilai $V_H = V_{gs}$

Sehingga dapat diketahui volume masing – masing bagian digester, yaitu:

- V – Volume total digester = $7,224 \text{ m}^3$
- V_c – volume ruangan penyimpanan gas = $0,3612 \text{ m}^3$
- V_{gs} – Volume ruangan penyimpan gas = $2,0769 \text{ m}^3$
- V_f – Volume ruangan Fermentasi = $5,1471 \text{ m}^3$
- V_H – Volume ruangan hidrolis = $2,0769 \text{ m}^3$
- V_s – Volume lapisan penampungan lumpur = $1,0836 \text{ m}^3$



Gambar 4.1 Volume Bagian Digester

Setelah diketahui ukuran volume pada bagian – bagian digester maka dapat ditentukan ukuran digester secara geometrikal.

- a. Menghitung diameter digester (D)

$$\begin{aligned}
 D &= 1,3078 \times V^{1/3} \text{ dengan } V = 7,224 \text{ m}^3 \text{ maka} \\
 &= 1,3078 \times 7,224^{1/3} \\
 &= 2,53
 \end{aligned}$$

Dengan diketahui $D = 2,53$ m, maka berturut – turut dapat diketahui ukuran – ukuran dari digester, sebagaimana Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.2 Dimensi ukuran rancangan digester di Desa Sorogaten

Dimensi	Rumus Dimensi	Nilai (m)	Dimensi	Rumus Dimensi	Nilai (m)
V1	$0,0827 \times D^3$	1,34	F1	$D/5$	0,51
V2	$0,05011 \times D^3$	0,81	F2	$D/8$	0,32
V3	$0,3142 \times D^3$	5,09	S1	$0,911 \times D^2$	5,83
R1	$0,725 \times D$	1,83	S2	$0,8345 \times D^2$	5,34
R2	$1,0625 \times D$	2,68			

b. Menghitung Tinggi Efektif Digester (H)

Dengan melakukan pendekatan dengan volume tabung, maka:

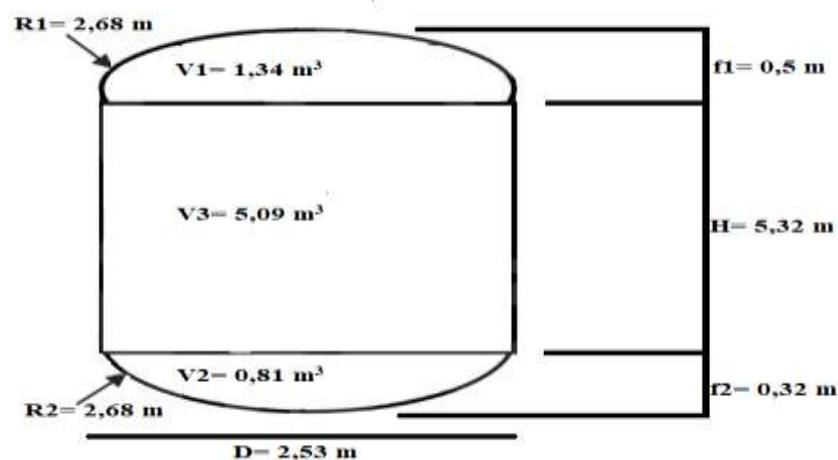
$$V \text{ tabung} = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$V_3 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times H \text{ untuk } V_3 = 5,09 \text{ m}^3$$

$$H = 5,09 / (\frac{1}{4} \times 3,14 \times 2,53^2)$$

$$= 1,2 \text{ m}$$

Sehingga desain reaktor digester biogas tampak seperti gambar berikut: :



Gambar 4.2 Desain reaktor digester biogas di Desa Sorogaten

4.7 Penentuan Lokasi Pembangunan IPAL

Ada beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan lokasi digester adalah:

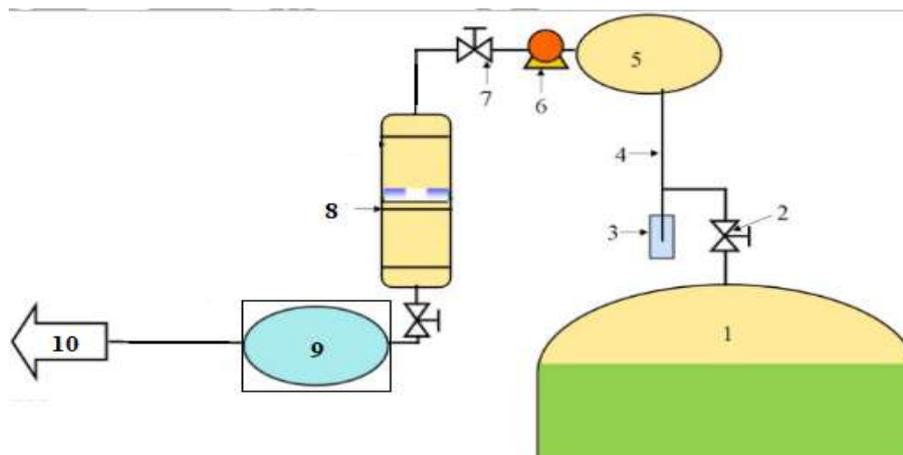
1. Ketersediaan lahan sesuai dengan ukuran dan desain IPAL yang akan dibangun.
2. Pemilihan tempat yang lebih tinggi untuk menghindari genangan air pada saat musim hujan.
3. Lokasi dekat dengan tempat sumber bahan baku pembuatan biogas.
4. Memilih lokasi digester yang terbuka untuk mendapatkan sinar matahari sepanjang hari.
5. Dekat dengan lokasi yang akan memanfaatkan potensi dari biogas.
6. Memiliki kontur tanah yang stabil, sehingga konstruksi bangunan digester tidak mudah rusak

4.8 Sistem Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Biogas

Proses konversi biogas menjadi energi listrik menggunakan generator set jauh lebih praktis. Berbeda dengan gas alam, biogas ditandai dengan resistansi ketukan tinggi dan karenanya dapat digunakan pada motor pembakaran dengan tingkat kompresi yang tinggi. Dalam hal ini, biogas digunakan untuk bahan bakar untuk mesin pembakaran, yang mengubahnya menjadi energi mekanik, menggerakkan generator listrik untuk menghasilkan energi listrik. Desain generator listrik mirip dengan desain motor listrik

Untuk dapat memaksimalkan potensi bahan bakar biogas maka diperlukan proses pemurnian biogas. Proses pemurnian menggunakan campuran batuan Zeolit yang memiliki sifat mampu menyerap kadar CO_2 dan H_2O yang terdapat pada biogas. Zat absorber ini terdiri dari campuran beberapa bahan yaitu batu zeolit sebagai bahan dasar ditambah tepung tapioka, batu kaolin, batu Bentonit, batu gamping, larutan natrium hidroksida pekat,

Berikut adalah sekema perancangan pembangkit listrik tenaga biogas menggunakan generator set serta sistem pemurnian biogas menggunakan teknik zelofilter:



Gambar: 4.3 Sekema pembangkit listrik tenaga biogas

Tabel 4.3 bagian-bagian komponen PLTB

Nomer	Keterangan
1	Digester Biogas
2	Stop Kran
3	Safety Valve
4	Pipa Gas
5	Penampung Gas
6	Kompresor
7	Kran Gas
8	Zeofilter
9	Generator Set
10	Jala-Jala Listrik Konsumen

Langkah kerja dari sistem pembangkit listrik tenaga biogas ini adalah. Tahap yang pertama, biogas hasil fermentasi pada digester anaerobik mengalir pada bagian kubah digester. Seluruh gas terkumpul dalam bagian kubah digester. Selanjutnya gas yang terkumpul tadi dialirkan menggunakan pipa gas menuju bagian pengumpul biogas. Pada pipa penyalur biogas ini di pasang safety valve dan kran stop sebagai pengaman dan pengontrol ketika terjadi gas berlebih atau kerusakan pada instalasi peralatan. Gas yang terdapat pada bagian bak pengumpul biogas selanjutnya di alirkan menuju kompresor. Kompresor sendiri berfungsi untuk mengatur arus dari biogas menuju pada bagian zeofilter.

Oleh kompresor gas selanjutnya dialirkan ke bagian zeofilter. Zeofilter sebagai alat pemurni biogas atau alay yang berfungsi untuk mencucui biogas dari bahan-bahan zang tidak digunakan atau bahan –bahan zang mengganggu dalam proses pembakaran pada generator set. Setelah biogas sudah melewati bagian pencucian biogas selanjutnya dialairkan menuju ruang bakar pada generator set. Biogas tersebut sebagai bahan bakar generator set untuk menghasilkan energi listrik. Listrik yang dihasilkan oleh generator set tersebut selanjutnya dialirkan

menuju jala-jala listrik konsumen untuk dimanfaatkan sebagai penunjang kehidupan sehari-hari.

4.9 Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas

Dalam melakukan analisis dan perhitungan pengkonversian energi listrik dari biogas di kawasan pengrajin tahu Desa Sorogaten dilakukan dengan mengubah energi potensial yang ada dalam biogas menjadi mekanik, kemudian mekanik menjadi energi listrik. Analisa dilakukan pada jenis teknologi konversi energi yaitu generator set atau genset. Dalam pemilihan teknologi konversi energi sangat dipengaruhi oleh parameter teknis dan parameter ekonomis. Yang dimaksud parameter teknis meliputi tingkat efisiensi teknologi konversi dan produksi energi listrik, ketersediaan produk atau barang dipasaran dan segala jenis operasi dan pemeliharaan (O&M). Sedangkan parameter ekonomis terdiri dari biaya investasi dan biaya operasi dan pemeliharaan (O&M).

1. Perhitungan potensi energi listrik menggunakan generator set berbahan bakar biogas

Pengukuran jumlah biogas di dalam digester menggunakan tabung PVC yang kedua ujungnya ditutup dan diberi keran biogas. Tabung Pengukur biogas diameter 9 cm, tinggi 92 cm

$$V = t.\pi r^2$$

$$V = 92(3,14.4,5.4,5)$$

$$V = 5849,82 \text{ cm}^3$$

Dengan volume biogas di dalam tabung PVC sebanyak 5849,82 cm³ mengurangi tekanan digester setinggi 1 cmH₂O. Jadi 1 cmH₂O tekanan digester setara dengan 5849,82 cm atau 5,84982 liter atau 0,0076047 kg.

Generator Set menyala pada daya 180 Watt selama 30 menit. Mengurangi tekanan biogas sebanyak 11,7 cmH₂O. Diasumsikan jika mesin menyala selama 1 jam maka akan menghabiskan 23,4 cmH₂O. Sehingga menghabiskan volume biogas sebanyak 5,84982 x 23,4 = 136,885788 liter atau 0,177951 kg.

$$\begin{aligned}
\text{Konsumsi bahan bakar} &= \frac{\text{jumlah bahan bakar (liter)}}{\text{waktu (jam)}} \\
&= \frac{136,885788 \text{ liter}}{\text{waktu (jam)}} \\
&= 136,885788 \text{ liter/jam} \\
&= 0,177951 \text{ kg/jam} \\
&= 0,000049 \text{ kg/s}
\end{aligned}$$

Dengan mengacu pada data diatas yang merupakan data penilitan yang dilakukan oleh Poppy Ramadhani dalam tugas akhirnya yang berjudul pembangkit listrik tenaga biogas, maka konsumsi bahan bakar generator set yang berada di desa sorogaten dapat dihitung. Data diatas menyatakan biogas sebanyak 136,885788 liter dapat menghidupkan genset 1 jam dengan daya yang dihasilkan sebesar 180 watt. Dan jika pengujian menggunakan zeofilter mampu menghasilkan daya maksimal 720 Watt. Maka dapat diketahui bahwa setiap 136,885788 liter dengan menggunakan zeofilter dapat menghasilkan listrik 720 watt dengan nyala genset selama 1 jam.

Dapat ditentukan perhitungan harga bahan bakar spesifik generator set berbahan bakar biogas adalah:

$$\begin{aligned}
&= \frac{\text{jumlah bahan bakar (liter/jam)}}{\text{listrik tegangan listrik dihasilkan per waktu (Watt)}} \\
&= \frac{136,885788 \text{ liter/jam}}{720 \text{ watt}} \\
&= 0,19 \frac{\text{liter}}{\text{jam.W}}
\end{aligned}$$

Jadi potensi pembangkit listrik tenaga biogas di desa Sorogaten adalah:

$$\text{Jumlah potensi biogas : } 3,44 \text{ m}^3/\text{hari} = 3440 \text{ liter /hari}$$

$$\text{Harga biogas : } 0,19 \frac{\text{liter}}{\text{jam.W}}$$

$$\text{Sehingga} = 3440 \text{ liter biogas} / 0,19 \frac{\text{liter}}{\text{jam.W}}$$

$$= \frac{3440}{0,19} \text{ Wh}$$

$$= 18.105,3 \text{ Wh}$$

$$= 18,1053 \text{ kWh}$$

2. Ketersediaan produk/ barang di pasaran

Ketersediaan generator set berbahan bakar biogas cukup banyak di pasaran. Setelah melakukan pencarian di beberapa website penjual generator set dan berbagai toko online. Menemukan ada beberapa pilihan kapasitas dan model generator set berbahan bakar biogas. Dan pencariannya cukup mudah.

3. Kompleksitas jenis operasi dan pemeliharaan

Ditinjau dari berbagai aspek misalnya pada sistem pelumasan dan pendinginan, generator set tidak terlalu kompleks atau rumit dalam operasi dan pemeliharanya. Sistem pelumasan generator set menggunakan oli mesin pada umumnya dan pendinginnya menggunakan udara. Generator set harus rutin dilakukan penggantian oli setelah mencapai jam operasi tertentu. Sperepart yang perlu di ganti setelah melewati jam operasi tertentu adalah *spark plug*/busi. Secara kompleksitas generator set tidak terlalu rumit dalam pengoprasian, bahkan dewasa kini teknologi generator set berbahan bakar biogas mampu beroperasi secara mandiri tanpa dilakukan operator khusus.

4. Biaya investasi pembangkit listrik tenaga biogas di desa Sorogaten

Menerut Didit Waskito dalam penelitiannya tentang pembangkit listrik tenaga biogas menyatakan bahwa, total cost dari suatu pembangkit biogas termasuk instalasi antara US \$50 – US \$75/m³ belum termasuk pembelian tanah. Dimana 35 - 40% dari biaya tersebut untuk pembuatan digester. Dengan mengambil nilai termurah ditentukan:

$$\begin{aligned} \text{Harga pembangkit biogas} &= \text{US } \$50/\text{m}^3 \text{ (assumsi US } \$1 = \text{Rp.13.000,00)} \\ &= \text{Rp } 650.000/\text{m}^3 \end{aligned}$$

Harga total pembangkit biogas di desa sorogaten adalah

$$\begin{aligned} &= V \text{ digester} \times \text{Rp } 650.000/\text{m}^3 \\ &= 2 \times (7,224 \text{ m}^3) \times \text{Rp } 650.000/\text{m}^3 \\ &= 14,448 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 650.000/\text{m}^3 \\ &= \text{Rp. } 9.391.200,00 \end{aligned}$$

4.10 Perkiraan Biaya Investasi

1.10.1 Biaya investasi pembangkit listrik biogas

Instalasi biogas	= Rp. 9.391.200,00
Harga Genset 2.600 Watt	= Rp. 8.360.000,00
Perawatan per tahun (0,05 x harga mesin)	= Rp. 418.000,00
Perawatan instalasi biogas (1 tahun)	= <u>Rp. 400.000,00</u> +
Total biaya investasi	= Rp. 18.569.200

Jadi total biaya investasi untuk membangun pembangkit listrik tenaga biogas dari limbah tahu di Desa Sorogaten adalah Rp. 18.569.200 dengan umur teknis ekonomis selama 15 tahun.

1.10.2 Analisis Pay Back Peroid (PBP)

Untuk mendapatkan berapa Pay Back Peroid (PBP) dalam membangun pembangkit listrik biogas dari limbah tahu di Desa Sorogaten dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Listrik yang dihasilkan perharinya adalah sebesar 18,1053 kWh. sedangkan tarif harga listrik golongan rumah tangga 900 Volt Ampere (VA) per bulan Mei 2018 sebesar Rp. 586,00 untuk pemakaian listrik per kilo Watt hour (kWh) sehingga:

$$\begin{aligned}
 18,1053 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 586,00 &= \text{Rp } 10.610,00 / \text{hari} \\
 \text{Rp } 10.610,00 / \text{hari} \times 30 \text{ hari} &= \text{Rp } 318.300,00 / \text{bulan} \\
 \text{Rp } 318.300,00 / \text{bulan} \times 12 \text{ bulan} &= \text{Rp } 3.819.600,00 / \text{tahun}
 \end{aligned}$$

Jadi untuk 1 tahun harga listrik sebesar Rp 2.705.040,00. Sehingga nilai Pay Back Peroid (PBP) adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{PBP} &= \frac{\text{Rp. } 18.569.200,00}{\text{Rp. } 3.819.600,00} \\
 &= 4 \text{ tahun } 9 \text{ bulan}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa modal investasi akan kembali setelah 4 tahun 9 bulan penggunaan pembangkit listrik tenaga biogas dari limbah tahu di Desa Sorogaten dengan umur teknis ekonomis 15 tahun.

