

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Industri tahu merupakan salah satu industri yang berkembang pesat di Indonesia, hal ini dapat dilihat dari banyaknya jumlah industri pembuatan tahu skala rumahan maupun skala besar yang menggunakan teknologi modern. Industri tahu dalam proses pengolahannya menghasilkan limbah padat maupun cair. limbah yang dihasilkan berasal dari proses pencucian, perebusan, pengepresan, dan pencetakan (Rosiana, 2006). Karakteristik dari limbah tahu yaitu mengandung bahan organik yang tinggi dan memiliki pH rendah, 4-5. Pembuangan limbah tahu mempunyai akibat yang cukup membahayakan bagi masyarakat dan lingkungan sekitar, selain aromanya yang kurang sedap pembuangan limbah tahu juga bisa menjadi tempat munculnya berbagai bibit penyakit, pengaruh efek rumah kaca, merusak keindahan lingkungan dan akibat-akibat lainnya. Pembuangan limbah yang tidak mengikuti peraturan hampir selalu berdampak negatif bagi lingkungan baik dari segi estetika, kesehatan lingkungan, maupun kualitas hidup manusia. Kebanyakan limbah tahu biasanya langsung dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu, selain itu juga kurang mendapatkan perhatian dari kalangan pelaku industri, terutama kalangan industri kecil dan menengah.

Teknologi pengolahan limbah merupakan salah satu kunci untuk mengatasi masalah energi alternatif dan pemeliharaan kelestarian lingkungan. Salah satu energi alternatif yang telah banyak ditemukan yaitu limbah tahu yang diolah menjadi biogas. Pada umumnya biogas mengandung gas metan (CH_4): 55-75%, karbon dioksida (CO_2): 25-45%, hidrogen sulfida (H_2S) dan sisa uap air (H_2O). Oleh karena itu, pembuatan biogas dari limbah ampas tahu dapat dijadikan sebagai salah satu pengadaan sumber energi alternatif.

Pabrik ini bertujuan untuk mengolah limbah ampas tahu menjadi produk yang memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi, yaitu biogas yang mengandung CH_4 hasil fermentasi anaerob ampas tahu, produk sampingnya berupa pupuk dan $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ yang kemurniannya >99%. Teknologi yang dibuat sudah umum digunakan yakni fermentasi didalam sebuah Digester. Umumnya, pabrik biogas menggunakan fermentasi alami sehingga membutuhkan waktu 30 hari, solusi terbaru untuk

mempersingkat proses pembentukan biogas dengan menggunakan biokatalis *Effective microorganism 4* (EM-4). Novelti terbaru dalam pabrik ini adalah memproduksi biogas dengan waktu yang lebih singkat dan merupakan salah satu inovasi terbaru dikalangan produksi biogas dengan kemurnian CH₄ yang lebih tinggi (Hidayat, dkk 2012).

I.2. Sifat-Sifat Bahan Baku dan Produk

I.2.1. Ampas Tahu

Ampas tahu merupakan limbah dari proses pembuatan tahu. Secara fisik bentuknya agak padat, berwarna putih, diperoleh ketika bubur kedelai diperas kemudian di saring.

Tabel I.1 menunjukkan unsur-unsur yang terdapat dalam ampas tahu.

Tabel I.1 Kandungan Unsur Ampas Tahu (Suprapti, 2005)

Unsur	Kadar (%)
Kadar bahan solid	88,35
Kadar air	11,65
Total Volatile Solid (TVS)	28,72
Karbon	40,38
Hidrogen	9,02
Oksigen	42,13
Nitrogen	3,89
Abu	4,58
Ratio C/N	14,21

I.2.2. Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari pembusukan bahan-bahan organik oleh bakteri pada kondisi anaerob (tanpa ada oksigen bebas). Semua komponen organik, yang berasal dari tumbuhan dan hewan dapat difermentasi secara aerob maupun anaerob tetapi hasil fermentasinya berbeda. Fermentasi dalam keadaan aerob menghasilkan karbon dioksida, amonia, gas lain dalam jumlah yang kecil, panas dalam jumlah besar, dan produk akhir yang dapat digunakan sebagai pupuk. Fermentasi dalam keadaan anaerob menghasilkan gas metana, karbon dioksida, hidrogen, gas lain dalam jumlah yang kecil, panas dalam jumlah kecil, dan pupuk dengan kandungan nitrogen yang lebih tinggi dari keadaan aerob (Barnett, dkk 1978). Biogas adalah gas yang dihasilkan dari fermentasi komponen organik pada keadaan anaerob. Komposisi

biogas bervariasi tergantung dengan proses asal anaerob yang terjadi. Komposisi biogas secara umum disajikan pada Tabel I.1.

Tabel I.2. Komposisi Biogas (Bertoldo, 2008)

Nama Gas	Rumus Kimia	Jumlah
Metana	CH ₄	40-75 %
Karbon dioksida	CO ₂	30-60 %
Nitrogen	N ₂	1 %
Hidrogen	H ₂	0,5 %
Karbon monoksida	CO	0,1 %
Oksigen	O ₂	0,1 %
Hidrogen sulfida	H ₂ S	0,1 %

I.2.2.1. Bahan Baku Pembuatan Biogas

Bahan baku limbah organik banyak digunakan karena selain menghasilkan energi juga mengurangi volume limbah dan menghasilkan produk samping yang berguna.

Tabel I.3. Bahan Organik Dengan Potensi Untuk Pembuatan Biogas (Pound dkk, 1981)

Bahan Organik	Contoh
Hasil pertanian	Buah dan sayuran
Limbah pertanian	Rumput, tanaman yang gagal panen/rusak
Limbah ternak	Feses dan urin hewan
Limbah kota	Limbah dapur, feces dan urine manusia
Limbah industri pangan	Hasil samping proses produksi dan sisa bahan baku yang tidak terpakai
Hasil hutan	Kayu, daun, ranting dan kulit kayu
Biota laut	Tanaman laut (alga)

Limbah adalah produk yang dihasilkan dari suatu proses produksi industri maupun rumah tangga yang kehadirannya tidak dikehendaki karena tidak memiliki nilai ekonomis dan menyebabkan masalah kesehatan dan lingkungan. Dengan jumlah dan konsentrasi tertentu, limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan khususnya bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. Bila ditinjau secara kimiawi, limbah terdiri dari bahan organik dan bahan anorganik. Di Indonesia, limbah organik lebih banyak dihasilkan dari limbah anorganik (sekitar 60-70 % dari total limbah) sehingga penyediaan bahan baku untuk pembuatan biogas terjamin (Barnett, dkk 1978).

I.2.2.2. Aplikasi Biogas

Biogas dapat digunakan sebagai sumber energi untuk memasak dan penggerak mesin. Negara-negara di Asia yang sudah menggunakan biogas adalah India, Korea, Filipina, Thailand, Indonesia, China, Nepal, Srilangka dan Taiwan. Penggunaan biogas semakin menyebar karena banyak negara mengalami krisis energi. Biogas merupakan sumber energi yang bukan golongan minyak bumi. Biogas terbentuk dari sumber daya yang terbaru termasuk limbah, hal tersebut semakin mendorong produksi biogas karena selain dapat menghasilkan energi juga dapat mengatasi penumpukan limbah sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan (Dasilva, 2011).

1.2.3. Metana (CH_4)

Gas metana merupakan bagian dari senyawa hidrokarbon dan merupakan komponen utama gas alam. Secara umum proses anaerobik menghasilkan gas Metana. Pembakaran metana menyebabkan pengikatan atom karbon dengan oksigen dari udara membentuk gas karbon dioksida. Pembakaran metana dalam biogas lebih bersih daripada batu bara dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Karbon dalam biogas merupakan karbon yang diambil dari atmosfer oleh fotosintesis tanaman sehingga bila dilepas lagi ke atmosfer tidak menambah jumlah unsur karbon di atmosfer bila dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar fosil. Jika biogas dibersihkan dari pengotor akan memiliki karakteristik yang sama dengan gas alam, sehingga produsen biogas dapat menjual langsung ke jaringan distribusi pipa gas, akan tetapi gas tersebut harus bersih untuk mencapai kualitas *pipeline*. Jika biogas digunakan tanpa pembersihan yang ekstensif, maka biogas dapat menggantikan gas alam untuk pembakaran. Biogas yang telah dibersihkan dan mencapai kualitas *pipeline* dinamakan gas alam yang terbaharui. Dalam bentuk ini gas tersebut dapat digunakan sama seperti gas alam, pemanfaatannya berupa distribusi melalui jaringan pipa gas, pembangkit listrik, pemanas ruangan, kebutuhan gas memasak dan pemanasan air. (Dasilva, 2011).

Biogas yang mengandung metana tidak dapat dikompresi dengan *packaging* seperti tabung LPG dan LNG. Jika dikompresi biogas akan tergolong seperti CNG, namun membutuhkan ruangan penyimpanan yang besar dan tekanan yang tinggi, serta *safety* yang cukup tinggi seperti pendinginan ekspansi untuk mendinginkan gas metana

sehingga pendistribustian gas dilakukan secara aman. Sifat metana yang sangat muda terbakar, gas yang *non-condesable* akan mengalami kenaikan suhu jika diberikan tekanan menyebabkan biogas ini tidak dapat distribusikan dengan tabung. Tekanan yang terlalu tinggi juga memungkinkan terjadi kebocoran gas selama penyimpanan, dan sangat berbahaya jika mencoba menyimpan metana dalam tabung-tabung gas yang ada di pasaran karena tidak dirancang untuk menjamin keamanan atau *safety* penyimpanan metana. (Wiratni, dkk 2014).

Tabel I.4. Sifat-sifat dari Metana (Dasilva, 2011)

	Sifat
Rumus kimia	CH ₄
Massa molar	16,04 g·mol ⁻¹
Penampilan	gas tidak berwarna
Bau	tidak berbau
Densitas	655.6 µg cm ⁻³
Titik lebur	-187,2 °C; -304,9 °F; 86,0 K
Titik didih	-162 °C; -260 °F; 111 K
Kelarutan dalam air	35 mg dm ⁻³ (at 17 °C)
log P	1.09

1.2.4. Biokatalis *Effective Microorganisms 4* (EM-4)

Proses pembentukan biogas berkisar dari 6 hari hingga beberapa minggu, tergantung dari substrat, pH, suhu, tipe digester dan lain-lain. Berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan produksi biogas, seperti *recycling* substrat biogas, variasi pada parameter operasional (suhu, *hydraulic retention time*, dan ukuran substrat), penggunaan biofilter, penambahan kultur mikroorganisme, *microbial simulants*, serta zat anorganik tertentu (Asplund, 2005). Salah satu faktor yang lebih mendukung peran dalam memproduksi biogas adalah penggunaan biokatalis. Biokatalis yang berpotensi sebagai sumber mikroorganisme dalam pembuatan biogas dalam waktu singkat adalah *Effective Microorganisms 4* (EM-4). EM-4 merupakan campuran berbagai mikroorganisme yang bermanfaat terutama bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat (*Lactobacillus* sp.), dan ragi (*Actinomyces*). Bahan organik difermentasikan dengan bantuan EM-4 untuk melepaskan hasil-hasil fermentasi berupa gula, alkohol, vitamin, asam laktat, asam amino dan senyawa organik lainnya dan bereaksi kembali membentuk biogas yang di inginkan (Megawati, 2014). Penambahan EM-4 bertujuan memperpendek fase adaptasi atau fase lag dari mikroorganisme saat permulaan proses degradasi, sehingga dari segi waktu proses

pendegradasian semakin cepat dan efisien. Disamping itu, penambahan EM-4 secara teknis mudah didapatkan di pasaran dan harganya relatif murah (Paturuhman, 2009).

Berdasarkan Goendi, dkk (2008) pembentukan biogas yang optimum dengan substrat limbah industri tahu tanpa penambahan starter menggunakan digester tipe *batch* yang membutuhkan waktu 16 hari, sedangkan pada digester tipe *continuous* (volume bertambah) selama 41 hari. Kondisi optimum dilakukan oleh Hidayat (2012) dimana menggunakan Digester tipe *batch*, dimana *starter* dibuat terlebih dahulu dengan substrat dan penambahan EM-4 sebagai *starter* untuk produksi biogas mempercepat pembentukan biogas. Pembentukan biogas tersebut dipercepat dari 16 hari menjadi 6 hari, dengan diperoleh tekanan gas hingga stabil di angka 6 bar dan kemurnian CH₄ mencapai >89% (Hidayat, 2012).

1.3. Kegunaan dan Keunggulan Produk

I.3.1. Kegunaan Produk

Beberapa manfaat dari produk adalah sebagai berikut;

1. Biogas dapat berfungsi sebagai pengganti bahan bakar fosil sehingga menurunkan efek rumah kaca di atmosfer dan emisi lainnya.
2. Produk sampingnya berupa pupuk padat dan cairan. Material ini diperoleh dari sisa proses anaerobik *digestion* yang berupa padat dan cair. Pupuk hasil fermentasi *digestion* dapat digunakan untuk pupuk organik sebagai penyubur tanaman dan perkebunan.
3. Produk ketiga merupakan reaksi antara CO₂ dari hasil fermentasi dengan NaOH membentuk Na₂CO₃, kemudian dikristalisasi menjadi natrium karbonat dekahidrat (Na₂CO₃.10H₂O). Produk ini dapat digunakan sebagai soda, zat aditif tertentu, salah satu contoh dapat digunakan untuk membuang logam alkali tanah yang terlarut dalam air yaitu dengan mengubahnya menjadi alkali tanah karbonat yang tidak larut dalam air.

I.3.2. Keunggulan Produk

Mengingat sangat banyaknya industri tahu di Jawa Timur dan limbah yang dihasilkan tidak dimanfaatkan dengan baik, maka rencana pembangunan pabrik biogas dari ampas tahu dapat membantu mengurangi limbah dan menyuplai energi untuk

masyarakat di Indonesia. Selain itu biogas yang dihasilkan merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan. Biogas merupakan gas yang lebih bersih dan ramah lingkungan jika dibakar terutama jika gas metana memiliki kemurnian tinggi, diperoleh panas yang memiliki nilai pembakaran yang tinggi. Menurut data dari *Engineering toolbox*, metana dengan kemurnian >89% memiliki HHV 55,5 MJ/kg, sedangkan untuk LPG 49,3 MJ/kg, dan LNG 55,2 MJ/kg.

Pupuk organik cair dan padat tergolong pada pupuk organik, sehingga memiliki keunggulan dibanding dengan pupuk kimia atau pupuk sintesa. Dari segi substrat, mampu menyuburkan tanah, karena memberikan substrat organik kepada mikroorganisme tanah. Pupuk organik dapat berperan juga mencegah terjadinya pengikisan lapisan tanah dimana lapisan tersebut mengandung banyak unsur hara.

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ yang dihasilkan memiliki kemurnian produk >99%. Dengan kemurnian ini, produk ini dapat relevan digunakan sebagai zat aditif, dengan reaksi antara CO_2 yang lebih murni dan bersih dengan NaOH.

1.4. Penentuan Kapasitas dan Analisis Pasar

Bahan baku untuk membuat biogas adalah ampas tahu yang bersumber dari kedelai. Rencana pembangunan pabrik bertempat di kabupaten Sidoarjo Propinsi Jawa Timur, dengan sumber bahan baku diambil dari kota Kediri dan kota Malang. Menurut data dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan (Disperindag) Kota Kediri pada tahun 2016 terdapat 148 industri tahu di Kediri, dan memiliki produksi hingga 1000 kg tahu perhari, sedangkan di Malang menurut Dinas Perindustrian sebanyak 30 industri. Tiap-tiap industri rata-rata menghasilkan hingga 7000 potong, dimana 1 potong tahu beratnya 50 gram, maka berat tahu yang dihasilkan adalah 350 kg. Menurut hasil survey disalah satu pabrik menengah industri tahu bernama Pusat Tahu Kediri LTT, menggunakan kedelai 600 kg/hari yang menghasilkan tahu perhari hingga 350 kg dan 200 kg tempe. Limbah yang dihasilkan sebanyak 50 kg ampas tahu berat *pressing*. Jika 50 kg berat kering ampas tahu ini diperoleh dari industri menengah, dengan mengalikan 148 industri di kota Kediri maka limbah ampas tahu yang dihasilkan sebanyak 7400 kg/hari, sedangkan di kota Malang 1500 kg/hari. Melihat adanya ketersediaan bahan baku cukup melimpah, potensi ampas tahu menjadi biogas sangat besar.

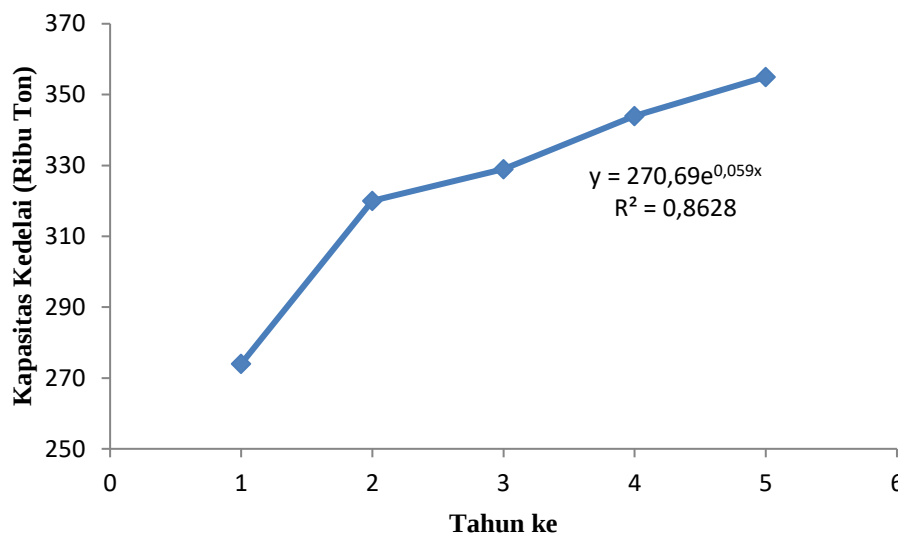
I.4.1 Penentuan Kapasitas

Bahan baku pembuatan biogas adalah ampas tahu dari limbah industri tahu. Tahu yang di produksi berbahan baku kacang kedelai.

Tabel I.5. Jumlah Panen Kedelai Propinsi Jawa Timur Tahun 2013-2017

Tahun	Tahun ke	Kapasitas (Ribuan Ton)
2013	1	274
2014	2	320
2015	3	329
2016	4	344
2017	5	355

(Badan Pusat Statistik Jawa Timur, 2017)



Gambar 1.1. Kapasitas Kedelai

Dari Gambar I.3 diperoleh persamaan yang berbentuk $Y = 270,6e^{0,059x}$ dengan R^2 sebesar 0,862. Nilai Y adalah kapasitas kedelai di propinsi Jawa Timur dan x adalah tahun pembangunan pabrik. Sehingga, dari persamaan tersebut dapat diperoleh kapasitas produksi kedelai pada tahun 2023 (tahun ke-11) sebesar 517,8 ribu ton / Tahun. Pada umumnya kedelai yang digunakan untuk membuat tahu yaitu 20% dari kapasitas produksi kedelai (Coniwati, dkk 2009);

- $20\% \times 517,8 \text{ ribu ton} = 103.400,2 \text{ Ton kedelai}$
- Menurut hasil penelitian Shurtleff dan Aoyagi, (1975) bobot ampas tahu rata-rata 1,12 kali bobot kedelai.

- Sehingga, ampas tahu yang dihasilkan pada tahun 2023 = $103.400,2 \times 1,12 = 115.808,2$ ton ampas tahu atau 115.808.179,2 kg/tahun.
- Menurut hasil penelitian yang di lakukan Coniwatti, dkk, 120 kg ampas tahu dihasilkan biogas sebanyak $1,5 \text{ m}^3$. Densitas biogas sebesar $1,15 \text{ kg/m}^3$.

$$\text{Konversi ke kg} = 1,5 \text{ m}^3 \times 1,15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1,725 \text{ kg}$$

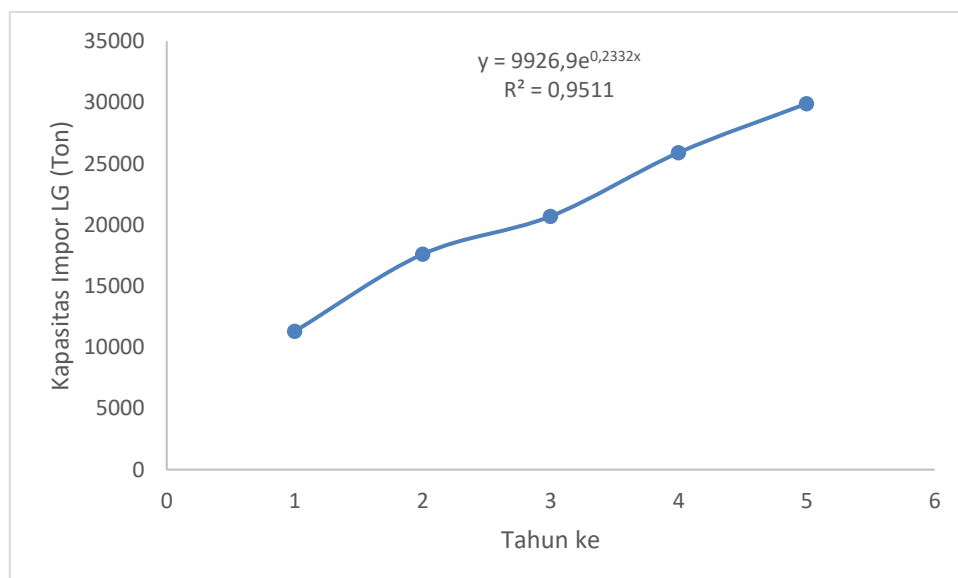
$$\text{Maka, } 115.808.179,2 \frac{\text{kg ampas tahu}}{\text{tahun}} \times \frac{1,725 \text{ kg biogas}}{120 \text{ kg ampas tahu}} = 1.664.742,58 \text{ kg/tahun atau } 1.664,74 \text{ Ton/Tahun.}$$

Kilang gas bumi di Indonesia berproduksi berdasarkan kapasitas LNG sehingga LPG yang dihasilkan merupakan produk samping dari kilang gas bumi, akibatnya Indonesia masih mengimpor LPG dari luar negeri guna mencukupi kebutuhan bahan bakar yang dibutuhkan masyarakat. Data impor LPG berdasarkan Badan Pusat Statistik disajikan pada tabel 1.6.

Tabel 1.6. Data Impor LPG

Tahun	Tahun ke	Impor (Ribuan Ton)
2013	1	11,3
2014	2	17,6
2015	3	20,7
2016	4	25,9
2017	5	29,9

(Sumber; Badan Pusat Statistik, 2018)



Gambar 1.2. Kapasitas Impor LPG

Dari Tabel I.6 diperoleh persamaan yang disajikan pada Gambar I.4, dimana $Y = 9926,9e^{0,2332x}$ dengan R^2 sebesar 0,9511. Nilai Y adalah kapasitas impor LPG

pada tahun 2023 dan x adalah tahun didirikannya pabrik (Tahun ke-11). Sehingga, dari persamaan tersebut dapat diperoleh perkiraan impor LPG pada tahun 2023 sebesar 129.082 Ton / Tahun.

Biogas yang dibuat dalam prarencana pabrik ini untuk menggantikan sebagian dari jumlah import LPG. Diperkirakan import LPG yang bisa digantikan sebanyak 0,175 %. Maka, biogas yang bisa diproduksi $\frac{0,175\%}{100\%} \times 129.082 \text{ ton} = 225,894 \text{ Ton}$. Pada tahun 2018, PT. Aneka Industri Sidoarjo, memiliki kapasitas produksi oksigen sebesar 102.888 kg/hari atau sekitar 33.953 ton/tahun, namun hanya memproduksi rata-rata 77.166 kg/hari atau sekitar 1.852 ton/tahun. Pada tahun 2017 Pabrik gula Candi Sidoarjo memiliki kapasitas 33.000 ton/tahun, namun pabrik hanya mampu memproduksi rata-rata 23.102 ton/tahun. Di tahun 2019 pabrik Kaca Lembaran sidoarjo memiliki kapasitas 300.000 ton/tahun, namun hanya mampu memproduksi 222.002 ton/tahun. Dari hasil produksi beberapa pabrik diatas, diperoleh rata-rata produksi sebesar 74,1% dari kapasitas pabrik, sehingga kapasitas yang bisa digunakan untuk pabrik biogas ini sebesar $\frac{225,894}{0,741} = 304,8 \text{ ton/tahun}$ atau 305 ton/tahun