



Pembuatan Biogas dari Limbah Cair Tahu Menggunakan Bakteri Indigeneous

Prayitno*, Sri Rulianah, Hilman Nurmahdi

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta 9 Malang

*E-mail: prayitno@polinema.ac.id

ABSTRAK

Air limbah tahu merupakan bahan pencemar apabila dibuang ke lingkungan perairan karena dapat menimbulkan bau busuk, penyakit dan menurunkan konsentrasi oksigen terlarut. Pada sisi lain, air limbah tahu dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif yaitu biogas. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu fermentasi, volume substrat dan waktu pengadukan terhadap produksi biogas dan gas metana. Variabel yang digunakan dalam percobaan, antara lain: volume starter (10%, 20%, 30% dan 40% (v/v)); waktu pengadukan (1 hari, 7 hari, dan 14 hari), waktu fermentasi (5 hari, 10 hari, 15 hari, 20 hari, dan 25 hari). Penelitian dilakukan dengan menggunakan digester yang memiliki volume 50 liter yang diisi dengan starter berupa bakteri indigeneous dan limbah cair tahu pada persen volume tertentu. Selanjutnya digester dialiri gas N₂ hingga digester berada pada kondisi anaerobik kemudian dilakukan pengadukan (1 hari, 7 hari, 14 hari) atau tanpa pengadukan. Pada setiap 5 hari hingga 25 hari dilakukan pengambilan sampel dan pengukuran volume biogas dan gas metana (CH₄) yang dihasilkan menggunakan alat gas analyzer. Hasil percobaan menunjukkan bahwa volume biogas dan gas metana terbanyak dihasilkan pada waktu fermentasi 20 hari, dengan pengadukan 14 hari, dan volume starter 30% dapat menghasilkan biogas dan gas metana (CH₄) masing – masing sebesar 5.000 ml dan 540 ml.

Kata kunci: Anaerobik, biogas, digester, fermentasi, indigeneous, starter.

ABSTRACT

Tofu wastewater is a pollutant when discharged into the aquatic environment because it can cause foul odors, diseases and reduce the concentration of dissolved oxygen. On the other hand, tofu wastewater can be used as an alternative energy source, namely biogas. The study aims to determine the effect of fermentation time, starter volume and stirring time on biogas and methane gas production. Variables used in the experiment included: volume of starter (10, 20, 30, and 40% (v/v)); stirring time (1, 7, and 14 days), fermentation time (5, 10, 15, 20, and 25 days). The research was conducted using a digester that has a volume of 50 liters filled with starter as much as 10, 20, 30 and 40% (v/v). Then the digester is flowed with N₂ gas until the digester is in anaerobic condition then stirring (1, 7, and 14 days) or without stirring. Every 5 days to 25 days a sample is taken and the amount of biogas and methane gas (CH₄) produced is measured directly using a gas analyzer. The experimental results show that the highest volume of biogas and methane gas produced during fermentation time of 20 days, with a stirring of 14 days, and a volume of starter of 30% which can produce biogas and methane gas (CH₄) respectively of 5,000 ml and and 540 ml.

Keywords: Anaerobic, biogas, digester, fermentation, indigenous, starter.

1. PENDAHULUAN

Sebagian besar industri tahu tempe merupakan usaha mikro kecil dan menengah (UMKM) yang sebagian besar belum memiliki instalasi pengolahan air limbah (IPAL) sehingga air limbah yang dihasilkan dari proses produksi secara langsung dibuang ke badan air penerima (sungai) yang

mengakibatkan terjadinya pencemaran pada sungai. Hal ini disebabkan air limbah industri tahu tempe rata- rata mengandung *biological oxygen demand* (BOD): 5.000 – 10.000 mg/l, *chemical oxygen demand* (COD): 7.000 – 12.000 mg/l, pH: 4 – 5, suhu: 35 – 40 °C [1-3]. Disamping itu, air limbah tahu tempe juga menyebabkan dampak negatif lain pada

lingkungan, antara lain: gatal – gatal di kulit, bau tidak sedap, meningkatkan pertumbuhan nyamuk, menurunkan oksigen terlarut dan menurunkan estetika lingkungan sekitar [4]. Limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu berasal dari proses pencucian kedelai, perendaman dan pemasakan. Limbah cair tersebut mengandung bahan organik terbiodegradasi, misalnya: protein, karbohidrat, lemak, dan minyak [2].

Pada sisi lain, limbah cair pabrik tahu memiliki potensi untuk menghasilkan biogas melalui proses fermentasi secara anaerobik, senyawa-senyawa organik tinggi akan mengalami degradasi oleh bakteri menjadi biogas [5-7]. Sani [8] menyebutkan bahwa limbah cair tahu mengandung protein, lemak, dan karbohidrat atau senyawa-senyawa organik yang masih cukup tinggi dan apabila senyawa-senyawa organik tersebut diuraikan baik secara aerob maupun anaerob akan menghasilkan gas metana (CH_4), karbondioksida (CO_2), gas-gas lain, dan air. Pada umumnya sebagai dekomposer (pengurai) senyawa organik dalam pembuatan biogas menggunakan bakteri EM4 atau bakteri yang diperoleh dari kotoran sapi, rumen sapi atau bakteri indigeneous yaitu bakteri yang berasal dari limbah itu sendiri, dimana mikroorganisme dekomposer terdiri dari bakteri *Streptococci*, *Bacteriodes*, *Mathanobacterium*, *Desulfo-vibrio*, *Mathanobacillus*, *Metanaosacaria*, dan *Metanaococcus*, [4], [9-11]. Produksi biogas dari limbah cair industri tahu dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: pH, suhu, pengadukan, rasio substrat/starter, dan jenis mikroorganisme [12-15]. Untuk itu, penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh volume starter, waktu pengadukan dan waktu fermentasi terhadap produksi biogas dengan menggunakan starter berupa bakteri indigeneous yang 'diperkaya'.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti tahapan sebagai berikut: 1). Persiapan starter bakteri indigeneous, 2). Percobaan dalam reaktor/digester anaerobik, dan 3). Sampling serta analisis sampel hasil percobaan.

Air limbah tahu yang digunakan diambil dari industri tahu di daerah Kota Malang. Air limbah tahu mengandung BOD: 1.500– 4.000 mg/l, COD: 3.300 – 7.500 mg/l, *total suspended solid* (TSS): 400 – 1.500 mg/l, dan $\text{NH}_3\text{-N}$: 60 – 300 mg/l.

Reaktor (Digester) terbuat dari *poly vinyl chlorida* (PVC), dengan total volume cairan 50 liter, dioperasikan dalam kisaran suhu 29– 32°C dan kecepatan putaran pengadukan sebesar 3 rpm. Reaktor dioperasikan dalam kondisi *batch* seperti yang terlihat pada Gambar 1.

Variasi konsentrasi BOD awal air limbah tahu berkisar antara 1.500 – 4.000 ppm, konsentrasi *mixed-liquor suspended solid* (MLSS) sebesar 4.000 – 4.500 ppm. Sedangkan variabel yang digunakan, antara lain: volume starter (10%, 20%, 30% dan 40% (v/v)); tanpa pengadukan dan pengadukan (1 hari, 7 hari, dan 14 hari); lama fermentasi (5 hari, 10 hari, 15 hari, 20 hari, dan 25 hari).

2.1 Persiapan starter indigeneous

Kultur bakteri sebagai hasil isolasi bakteri yang terdapat dalam air limbah tahu ditampung di dalam tabung reaksi kemudian diberikan media pertumbuhan nutrisi agar (NA) dan ditutup dengan kapas steril dan dilakukan inkubasi. Selanjutnya kultur bakteri indigeneous diambil sebanyak 2 g kemudian dituangkan ke dalam erlenmeyer yang steril, ditambahkan 2 liter air distilat dan nutrient hingga diperoleh konsentrasi 1.000 ppm dan diaduk serta diatur pH hingga pH mencapai 6,5 – 7,5. Larutan starter indigeneous diaklimatisasi (diperbesar volume starter) dengan cara menumbuhkembangkan pada volume cairan yang lebih besar yaitu 10 liter dan menambahkan nutrisi sebanyak 5 – 10% volume, menjaga kondisi anaerob, pH serta suhu pertumbuhan optimum [14]. Selanjutnya dilakukan pengukuran MLSS untuk melihat jumlah pertumbuhan starter.

2.2 Percobaan dalam digester anaerobik

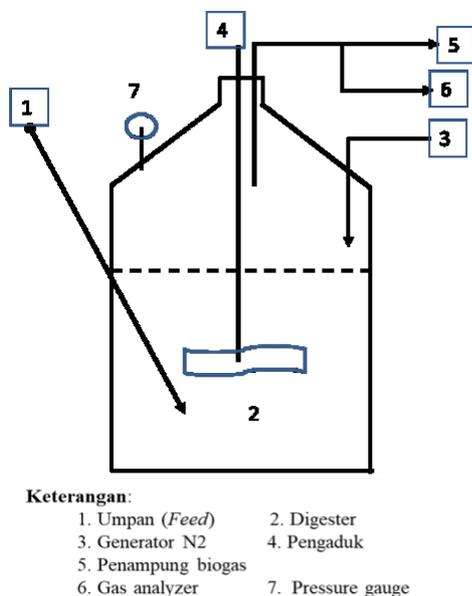
Ke dalam digester bervolume 50 liter, dituangkan starter bakteri indigeneous yang

telah diinkubasi sebanyak 10%, 20%, 30% atau 40% volume, kemudian ditambahkan air limbah tahu hingga volume total dalam digester menjadi 50 liter. Selanjutnya ke dalam digester dialirkan gas N₂ hingga konsentrasi oksigen dalam digester menjadi terbatas (kondisi anaerob) sehingga proses fermentasi atau dekomposisi bahan-bahan organik oleh bakteri indigeneous menjadi biogas dan gas metana. Digester diaduk sesuai variabel: 1 hari, 7 hari, 14 hari, tanpa pengadukan. Biogas dan gas metana yang dihasilkan dialirkan melalui pipa keluaran yang terhubung dengan kantong plastik (penampung biogas) dan alat pengukur konsentrasi gas metana (*gas analyzer*).

2.3 Sampling dan Analisa Sampel

Sampling dilakukan setiap 5, 10, 15, 20 dan 25 hari, melalui pipa keluaran gas.

Konsentrasi BOD dianalisa menggunakan metode botol winkler standart SNI No.06-6989.2-2004. Konsentrasi gas metana dianalisa menggunakan *gas analyzer equipment (smart censor multi - gas analyzer)* tipe AS8900.



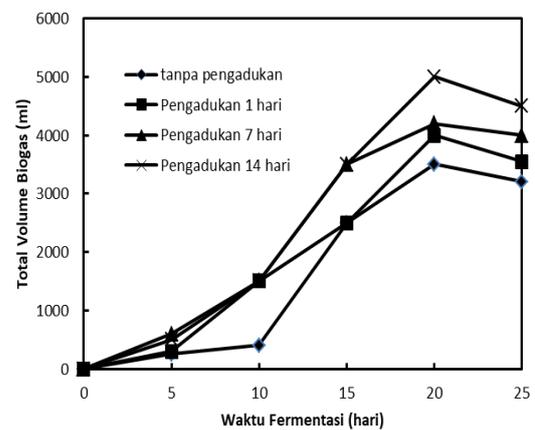
Gambar 1. Sketsa Peralatan Percobaan



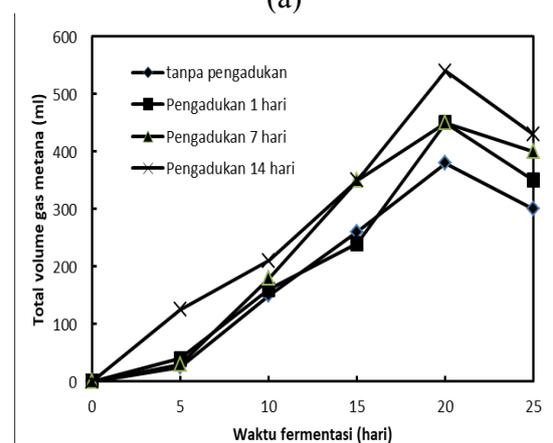
Gambar 2. Gas Analyzer

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan dengan menggunakan variasi pengadukan dan tanpa pengadukan terhadap air limbah tahu dalam digester dengan komposisi starter sebesar 30% diperoleh data percobaan yaitu volume biogas dan konsentrasi gas metana sebagaimana Gambar 3.



(a)



(b)

Gambar 3. Pengaruh pengadukan terhadap produksi (a) biogas dan (b) gas metana pada volume starter 30%.

Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin lama pengadukan dilakukan maka semakin besar

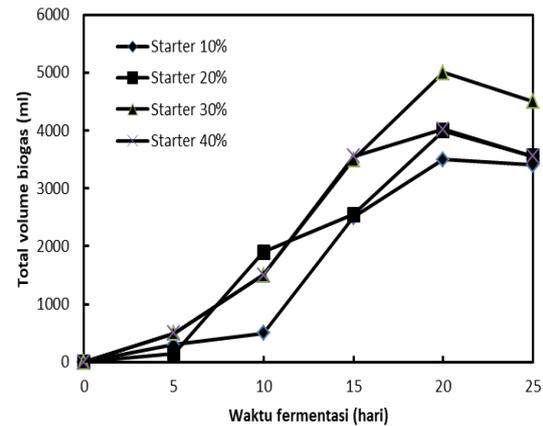
volume biogas maupun gas metana yang dihasilkan. Sedangkan tanpa pengadukan maka biogas dan gas metana paling sedikit yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama pengadukan maka semakin terjadi homogenisasi bakteri dalam air limbah sehingga proses dekomposisi/fermentasi bahan – bahan organik dapat berlangsung pada setiap titik dalam digester yang berakibat pada semakin besar biokonversi bahan organik oleh bakteri indigeneous untuk menghasilkan biogas maupun gas metana. Demikian juga semakin lama proses fermentasi air limbah tahu oleh bakteri indigenesous maka semakin banyak biogas maupun gas metana yang dihasilkan [12], [14].

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada 20 hari dan pengadukan 14 hari merupakan kondisi produksi biogas dan gas metana yang maksimal dihasilkan yaitu masing-masing sebesar 5.000 ml dan 540 ml. Dibandingkan dengan tanpa pengadukan maka pengadukan menghasilkan biogas maupun gas metana lebih banyak yaitu sebesar 30%. Faisal, dkk. [16] melaporkan bahwa dengan beban COD sebesar 162,5 mg dapat menghasilkan gas metana maksimal sebesar 15 ml dengan waktu fermentasi 6 hari. Dengan demikian adanya pengadukan serta penggunaan starter indigeneous dalam digester memberikan hasil gas metana yang lebih baik dibanding tanpa pengadukan dan starter non indigeneous.

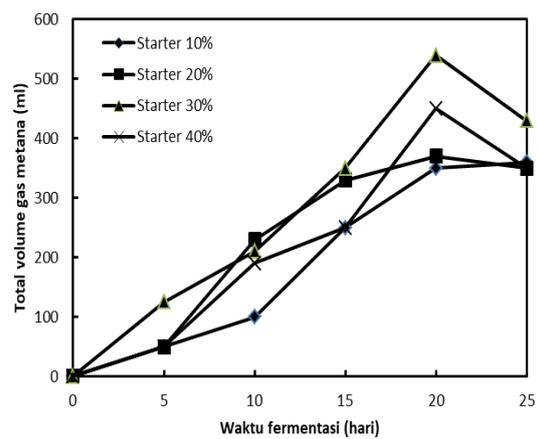
Selanjutnya dengan menggunakan perlakuan perubahan komposisi starter terhadap substrat (bakteri indigeneous terhadap limbah cair tahu diperoleh data percobaan sebagaimana Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan bahwa pada volume starter yang tetap, semakin lama waktu fermentasi maka semakin banyak volume biogas maupun gas metana yang dihasilkan. Sedangkan pada volume starter 30% dan waktu fermentasi 20 hari mampu menghasilkan volume biogas dan gas metana maksimal yaitu sebesar 5.000 ml dan 540 ml. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak starter yang digunakan maka semakin banyak bakteri indigeneous yang mendegradasi bahan-bahan organik dalam limbah tahu

menjadi biogas maupun gas metana. Namun demikian, untuk komposisi starter 40% produk biogas maupun gas metana yang dihasilkan lebih sedikit dibanding starter 30%. Hal ini disebabkan substrat yang tersedia sangat terbatas sehingga proses biokonversi menjadi biogas dan gas metana menjadi berkurang.



(a)



(b)

Gambar 4. Pengaruh volume starter terhadap produksi biogas (a) dan gas metana (b) pada pengadukan 14 hari

Hidayat, dkk. [9] dan Putra, dkk. [17] menyebutkan bahwa dengan menggunakan starter berupa kotoran sapi pada volume starter 75% serta waktu fermentasi 21 hari dapat menghasilkan biogas sebesar 50,4 ml. Dengan demikian dalam pengolahan limbah cair industri tahu, pemakaian starter berupa bakteri indigeneous pada rasio 30% volume memiliki kemampuan lebih baik dibanding starter berupa kotoran sapi.

4. KESIMPULAN

Pengadukan dan volume starter mempengaruhi produksi biogas dan gas metana, yaitu pada lama pengadukan 14 hari dan volume starter 30 % (v/v) menghasilkan biogas dan gas metana yang maksimal masing-masing sebesar 5.000 ml dan 540 ml. Pengadukan dapat menghasilkan biogas dan gas metana 30% lebih banyak dibanding tanpa pengadukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan terima kasih pada Politeknik Negeri Malang yang telah memberikan dukungan dana, dan seluruh staf Jurusan Teknik Kimia yang membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. I. Said dan H. D. Wahjono, Teknologi Pengolahan Air Limbah Tahu-Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob, *Tek Lingk P3TL-BPPT*, 1999.
- [2] M. Faisal, P. N. Alam, dan H. Daimon, Wastewater Characteristics from Tofu Processing Facilities in Banda Aceh, in *The Proceedings of The 4th Annual International Conference Syiah Kuala University (AIC Unsyiah)*, 2014, hal. 22–25.
- [3] R. R. Saputra, Potensi Biogas dari Limbah Pabrik Tahu di Desa Sindang Sari Tanjung Bintang Lampung Selatan, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung, Indonesia, 2017.
- [4] N. I. Handayani dan I. R. J. Sari, Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Sebagai Sumber Energi dan Mengurangi Pencemaran Air, in *Seminar Bisnis dan Eko-Industri Semarang*, 2015, hal. 1–9.
- [5] S. S. Rahayu, T. Prasetyo, P. Purwanto, dan B. Budiyo, Biogas Productivity as Renewable Energy and Performance of Waste Water Treatment in Tofu Small Scale Industry using an AnSBR Reactor, *MATEC Web Conf.*, vol. 156, 2018, hal. 1–3.
- [6] H. Nisrina, dan P. Andarani, Pemanfaatan Limbah Tahu Skala Rumah Tangga Menjadi Biogas Sebagai Upaya Teknologi Bersih Di Laboratorium Pusat Teknologi Lingkungan – BPPT," *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, vol. 15, no. 2, hal. 139-140, Sep. 2018.
- [7] S. S. Rahayu, Purwanto dan Budiono, Development of Water Processing Technology of Tahu Industrial Waste : An Overview, *International Journal of Applied Environmental Sciences*, vol. 11, no. 1, hal. 165–172, 2016.
- [8] E. Y. Sani, Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Reaktor Anaerob Bersekat Dan Aerob, M.Si. Tesis, Program Study Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Indonesia, 2006.
- [9] M. R. Hidayat, Hidayati, dan P. P. Utomo, Produksi Biogas dari Limbah Cair Industri Tahu dengan Biokatalis Effectiev Microoganisms 4 (EM 4), *Biopropal Ind.*, vol. 3, no. 1, hal. 22–27, 2012.
- [10] P. Saputra, Potensi Campuran Limbah Cair Industri Tahu dan Kotoran Sapi Sebagai Substrat Penghasil Biogas, skripsi, Jurusan Biologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Indonesia,, 2016.
- [11] B. N. Widarti, S. Syamsiah, dan P. Mulyono, Degradasi Substrat Volatile Solid pada Produksi Biogas dari Limbah Pembuatan Tahu dan Kotoran Sapi, *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 6, no. 1, hal. 14–19, 2012.
- [12] R. J. T. Al Seadi, D. Rutz, H. Prassl,

- M. Kottner, T. Finsterwalder, S. Volk, R. Janssen, *Biogas Handbook*, University of Southern Denmark Esbjerg, Denmark, 2008.
- [13] A. Yilmaz, S. Ünvar, A. Kocer, B. Aygün, Factors Affecting the Production of Biogas, *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 9, no. 5, hal. 59–62, 2018.
- [14] P. Iriani, Y. Suprianti, dan F. Yulistiani, Fermentasi Anaerobik Biogas Dua Tahap dengan Aklimatisasi dan Pengkondisian pH Fermentasi, *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, vol. 1, no. 1, hal. 1–10, 2017.
- [15] H. Hutagalung, Pengaruh Waktu Tinggal dan Komposisi Bahan Baku Pada Proses Fermentasi Terhadap Produktifitas Biogas Limbah Cair Industri Tahu di Desa Sindangsari, skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung, Indonesia, 2017.
- [16] M. Faisal, A. Gani, F. Mulana, dan H. Daimon, Effect of Organic Loading on Production of Methan Biogas from Tofu Wastewater Treated by Thermophilic stirred Anaerobic Reactor, *Rasayan J. Chem.*, vol. 9, no. 2, hal. 133–138, 2016.
- [17] H. P. Putra, D. Andrio, dan S. Elystia, Pengaruh Rasio Pencampuran Limbah Cair Tahu dan Kotoran Sapi Terhadap Proses Anaerob, *JOM F TEKNIK.*, vol. 3, no. 2, hal. 1–5, 2016.