



ANALISIS KINERJA DIGESTER TERHADAP WAKTU FERMENTASI SERTA PEMURNIAN BIOGAS DENGAN METODE ABSORPSI DIETHANOLAMINE (DEA)

Helena Febrianti*, Ahmad Syahari, Sahrul Effendy, Yohandri Bow,
K.A Ridwan

Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Srijaya Negara, Bukit Lama, Palembang, Sumatera Selatan 30128

E-mail: helenafebri.hf@gmail.com

Abstract

Biogas is a gas produced by methanogenic bacteria which occurs in organic compounds through an anaerobic digestion process. In this study, using a ratio of cow dung and tofu liquid waste (3: 1) and adding ± 10 ml of probiotics. This study aims to analyze the performance of the digester in terms of the fermentation time of the biogas content from the mixture of tofu liquid waste and cow dung. The study was conducted for 40 days. From the research results it is known that the fermentation time greatly influences the parameters and content of the biogas produced. The highest biogas content occurred on day 35 with Methane (CH_4) 58.38%, Carbon dioxide (CO_2) 21.18%, Hydrogen sulfide (H_2S) 210 ppm, Nitrogen (N_2) 16.34%, Oxygen (O_2) 1.58%, at pH 7, temperature 27.6 °C, and on day 30, the highest biogas production was 160L and biogas productivity was 0.216 L/gr using the blue flame test. The independent variable used was the absorption process with variations in DEA concentrations of 20% and 30% with absorbent flow rates of 0.5 LPM, 0.7 LPM, 0.9 LPM, 1.1 LPM, and 1.3 LPM at each concentration. Based on the results of the research conducted, it was shown that the optimum conditions for biogas production occurred in week 3 with methane (CH_4) levels of 45.24%vol while the peak of biogas production was obtained in week 5 with methane levels of 58.38%vol. The results also show that the flow rate and concentration of DEA solvent affect the efficiency of CO_2 absorption and the value of CO_2 loading. The greatest CO_2 absorption efficiency was obtained at a flow rate of 1.3 LPM and a 30% DEA concentration of 90.79%. While the largest CO_2 loading value was obtained at DEA solvent concentration 30% and DEA flow rate of 0.5 LPM of 0.001176 mol- CO_2 /mol-DEA. Reducing the carbon dioxide content in biogas can improve the quality of biogas due to increased levels of methane (CH_4), the higher the methane content, the greater the calorific value of biogas.

Keywords: Biogas; Fermentation; Absorption; Diethanolamine

Abstrak

Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik yang terjadi pada senyawa-senyawa organik melalui proses digesti anaerobik. Dalam penelitian ini, menggunakan perbandingan kotoran sapi dan limbah cair tahu (3:1) serta menambahkan probiotik sebanyak ± 10 ml. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja digester ditinjau dari waktu

fermentasi terhadap kandungan biogas dari campuran limbah cair tahu dengan kotoran sapi. Penelitian dilakukan selama 40 hari. Dari hasil penelitian diketahui, bahwa waktu fermentasi sangat berpengaruh terhadap parameter dan kandungan biogas yang dihasilkan. Kandungan biogas tertinggi terjadi pada hari ke-35 dengan diperoleh Metana (CH_4) 58,38%, Karbon dioksida (CO_2) 21,18%, Hidrogen sulfida (H_2S) 210 ppm, Nitrogen (N_2) 16,34 %, Oksigen (O_2) 1,58%, berada pada pH 7, Temperatur 27,6 °C, serta pada hari ke 30 didapatkan produksi biogas tertinggi sebesar 160L dan produktivitas biogas 0,216 L/gr dengan uji nyala api biru. Variabel bebas yang digunakan yaitu pada proses absorpsi dengan variasi konsentrasi DEA 20% dan 30% dengan laju alir absorben 0.5 LPM, 0.7 LPM, 0.9 LPM, 1.1 LPM, dan 1.3 LPM pada tiap konsentrasi. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa kondisi optimum produksi biogas terjadi pada minggu ke 3 dengan kadar metana (CH_4) sebesar 45,24 %vol sedangkan puncak produksi biogas didapatkan pada minggu ke 5 dengan kadar metana sebesar 58,38 %vol. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa laju alir dan konsentrasi pelarut DEA berpengaruh terhadap efisiensi penyerapan CO_2 dan nilai CO_2 loading. Didapatkan efisiensi penyerapan CO_2 terbesar pada laju alir 1,3 LPM dan konsentrasi DEA 30% sebesar 90,79%. Sedangkan nilai CO_2 loading terbesar didapatkan pada konsentrasi pelarut DEA 30% dan laju alir DEA 0,5 LPM sebesar 0,001176 mol- CO_2 /mol-DEA. Penurunan kandungan karbon dioksida pada biogas dapat meningkatkan kualitas biogas karena meningkatnya kadar metana (CH_4), semakin tinggi kadar metana maka nilai kalor biogas akan semakin besar.

Kata Kunci: Biogas; Fermentasi; Absorpsi; Dietanolamina

1. Pendahuluan

Bertambahnya penduduk dan meningkatnya laju industrialisasi berpengaruh pada permintaan kebutuhan energi. Menurut International Energy Agency tahun 2022, subsidi bahan bakar fosil di seluruh dunia meroket hingga lebih dari \$ 1 triliun dan menjadi nilai tahunan terbesar yang pernah ada. Hal ini menyebabkan permintaan bahan bakar fosil meningkat secara pesat yang mengakibatkan pemanasan global dan efek rumah kaca. Oleh karena itu, dibutuhkan energi terbarukan sebagai alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan yaitu biogas.

Biogas merupakan bahan bakar gas yang dapat diperbaharui (renewable) dan dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik oleh bakteri anaerob dan dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah dan LPG [1]. Segala jenis bahan yang dalam istilah kimia termasuk senyawa organik, entah berasal dari sisa kotoran hewan ataupun sisa tanaman, dapat dijadikan bahan biogas [2]. Salah satu bahan baku organik dengan biaya produksi rendah dan dapat menghasilkan biogas bermutu tinggi adalah kotoran sapi dan limbah cair tahu. Dengan mencampurkan kotoran sapi dan limbah cair tahu terbukti efektif dalam produksi biogas [3]. Biogas bahan organik dengan satu kilogram kotoran sapi dapat menghasilkan biogas sebanyak 40 liter [4].

Industri tahu dalam proses pengolahannya menghasilkan limbah padat maupun cair. Hasil studi kasus karakteristik air buangan industri tahu di Palembang oleh Bappeda Tahun 2010, melaporkan bahwa air buangan industri tahu mengandung BOD, COD, TSS, dan minyak/lemak berturut-turut adalah 4583 mg/L, 7050 mg/L, 4743 mg/L,

dan 26 mg/L, sedangkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5/MENLH/10/2014, kadar maksimum yang diperbolehkan untuk BOD, COD, dan TSS yaitu 150 mg/L, 300 mg/L, dan 200 mg/L, serta pH 6-9, sehingga limbah industri tahu jelas telah melampaui baku mutu yang dipersyaratkan.

Permasalahan yang muncul ketika biogas baru diproduksi adalah komposisi biogas itu sendiri karena biogas mengandung beberapa gas lain yang tidak menguntungkan. Dekomposisi anaerob dapat menghasilkan biogas yang mengandung gas metana (55 – 70%), karbon dioksida (30 – 45%), hidrogen sulfida (<1%), dan beberapa kandungan uap air [5]. Keberadaan CO₂ dalam biogas sangat tidak diinginkan, hal ini dikarenakan semakin tinggi kadar karbon dioksida maka akan semakin menurunkan nilai kalor biogas. Beberapa cara untuk mengolah karbon dioksida yaitu dengan absorpsi kimia, absorpsi fisik, adsorpsi fisik, adsorpsi kimia, dan pemisahan gas menggunakan membran [6]. Dari beberapa teknologi tersebut, metode absorpsi kimia merupakan teknologi yang paling banyak digunakan.

Absorpsi kimia merupakan proses pemisahan campuran gas dengan menggunakan suatu cairan penyerap melalui reaksi kimia [7]. Cairan penyerap yang paling banyak digunakan dalam absorpsi CO₂ ini yaitu pelarut alkanolamina seperti *diethanolamine* (DEA) yang dipilih karena tidak terlalu korosif dan memiliki laju absorpsi yang cepat dalam mengabsorb CO₂ dibandingkan dengan pelarut sejenisnya [8]. Proses absorpsi merupakan reaksi fasa gas-cair (heterogenous) antara biogas dan DEA sehingga diperlukan suatu kontaktor sebagai tempat berlangsungnya proses absorpsi yaitu kontaktor *packing column absorber*.

Berdasarkan penelitian terdahulu menyatakan bahwa peningkatan penambahan waktu fermentasi dari 10 hari hingga 30 hari meningkatkan produksi biogas sebesar 50% [9]. Hasil ini juga didukung oleh penelitian yang menyebutkan bahwa waktu optimum untuk memproduksi biogas dicapai dengan waktu tinggal 30 hari [10]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan menyatakan bahwa dalam kotoran sapi telah mengandung bakteri penghasil gas metana, sehingga semakin banyak starter kotoran sapi yang digunakan maka jumlah bakteri metanogenennya semakin banyak [11]. Berdasarkan Kementerian ESDM (2018) bahwa produk biogas yang dapat diaplikasikan dalam bidang energi skala kecil harus memiliki kadar metana sebesar 40% - 70% [12] sedangkan dalam pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar bermutu tinggi skala industri harus terkandung minimal 80% vol metana dalam produk biogas [13].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini berjenis eksperimen yang bertujuan menganalisis kinerja digester ditinjau dari waktu fermentasi terhadap kandungan biogas serta untuk mengetahui pengaruh laju alir dan konsentrasi pelarut DEA terhadap efisiensi penyerapan CO₂ dan nilai CO₂ loading. Penelitian dilakukan selama 40 hari proses pembuatan biogas di dalam digester. Peralatan yang digunakan yaitu satu set alat biogas dan kolom absorpsi tipe *packing*. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran kotoran sapi dengan limbah cair tahu dan probiotik *bluegreen biotech* dengan perbandingan 3:1:0,005. Selanjutnya parameter yang diamati dari hari ke-5 sampai hari ke-40 dengan interval 5 hari adalah temperatur lingkungan, temperatur digester, pH,

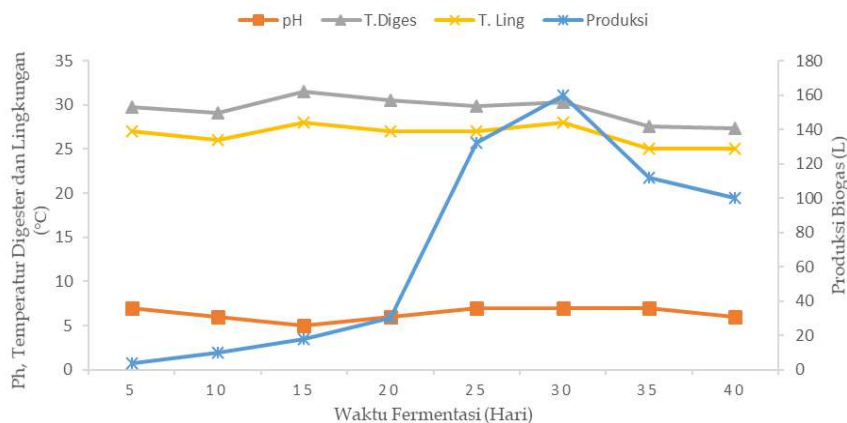
dan uji nyala api. Lalu, dilakukan juga pengukuran volume biogas untuk mengetahui produksi dan produktivitas biogas. Biogas yang telah dihasilkan akan melalui proses absorpsi menggunakan pelarut DEA dengan variasi laju alir pelarut 0,5;0,7;0,9;1,1;1,3 Liter/menit dan konsentrasi pelarut DEA sebesar 20%, 30% pada tiap laju alir.

3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil fermentasi biogas dari limbah cair tahu dan kotoran sapi dengan perbandingan 1:3 pada digester yang dilakukan selama 40 hari dengan waktu fermentasi 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 dan 40 hari, didapatkan produk biogas yang dikumpulkan dalam kantong penampung gas untuk dilakukannya analisa kandungan biogas berupa kandungan CH_4 , CO_2 , dan H_2S sebelum dan setelah proses absorpsi dengan menggunakan Gas Analyzer di Laboratorium analisis Gas dan Batubara Politeknik Negeri Sriwijaya dan analisis kandungan biogas N_2 dan O_2 menggunakan Gas Chromatography di Laboratorium PT Pupuk Sriwidjaja.

3.1. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kinerja Digester

Hasil pengamatan dan pengukuran kinerja digester dari proses pembentukan biogas menggunakan parameter temperatur, pH, dan volume biogas yang dilakukan dari hari ke-5 sampai hari ke-40 setiap interval 5 hari. Gambar 3.1 merupakan hubungan waktu fermentasi terhadap kinerja digester.



Gambar 3.1 Grafik Hubungan Waktu Fermentasi terhadap Kinerja Digester

Berdasarkan Gambar 3.1, pada hari ke-25 sampai hari ke-35 pH mengalami kenaikan sehingga pH menjadi 7 (netral). Umumnya produksi biogas yang dihasilkan akan mengalami produksi yang baik pada pH 7 (netral). Semakin netral pH maka makin tinggi pula kadar CH_4 , Sebaliknya kadar CO_2 akan menjadi semakin rendah [14]. pH netral dapat memacu perkembangan bakteri metana (metanogen) sehingga pada pH tersebut bakteri perombak asam asetat dapat tumbuh dan berkembang biak secara optimal, hal ini akan berdampak pada produksi gas yang dihasilkan [15].

Berdasarkan Gambar 3.1, proses anaerobik yang terjadi pada digester berada dalam kisaran temperatur 27,3–31,5°C. Sedangkan temperatur lingkungan berkisar antara 25–28°C. Temperatur lingkungan mempengaruhi temperatur digester dimana terlihat pada grafik pada hari ke-15 dengan temperatur lingkungan yang tinggi menyebabkan temperatur digester juga tinggi. Temperatur yang terbaik untuk pertumbuhan mikroba mesofilik adalah 30°C atau lebih tinggi sedikit [16].

Pada Gambar 3.1, terlihat bahwa biogas yang dihasilkan terus meningkat. Proses anaerobik berlangsung melalui tahap proses hidrolisis, tahap pengasaman (Asidifikasi) dan tahap pembentukan gas metana. Pada grafik diatas terlihat bahwa produksi biogas sudah terbentuk pada hari ke-5 sampai hari ke-40 menunjukkan bahwa volume biogas terus mengalami peningkatan. Pada hari ke-30 menghasilkan volume tertinggi sebesar 160liter dan sedangkan volume terkecil pada hari ke-5 sebesar 4 liter. Hal ini menunjukkan bahwa waktu fermentasi yang makin lama dapat meningkatkan produksi biogas atau volume biogas. Produksi biogas dari limbah cair tahu dan kotoran sapi dari semua perlakuan secara umum mengalami peningkatan hingga hari ke-30 fermentasi [17].

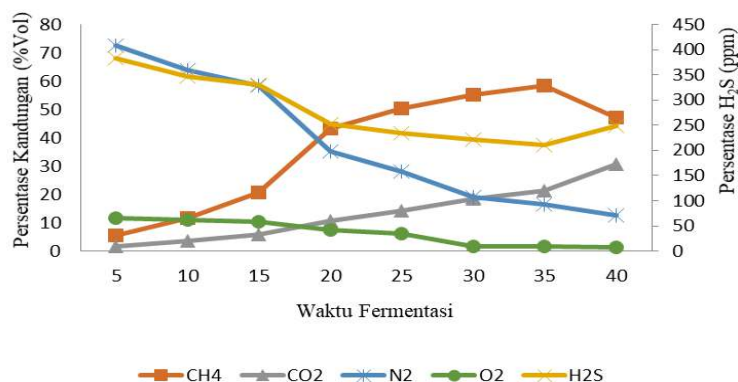
3.2. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kandungan Biogas

Dari hasil fermentasi biogas yang dilakukan selama 40 hari dengan waktu fermentasi 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 dan 40 hari, didapatkan produk biogas yang dikumpulkan dalam kantong penampung gas. Dilakukan analisa terhadap sampel biogas tersebut untuk mengetahui kandungan biogas berupa kandungan CH_4 , CO_2 , dan H_2S yang dihasilkan dengan menggunakan *Gas Analyzer* di Laboratorium analisis Gas dan Batubara Politeknik Negeri Sriwijaya dan analisis kandungan biogas N_2 dan O_2 menggunakan *Gas Chromatography* di Laboratorium PT Pupuk Sriwidjaja. Hasil analisa kandungan biogas dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Gambar 3.2.

Tabel 3.1 Data Hasil Kandungan Biogas

Tanggal	Hari	Hasil (%Vol)				
		CH_4^*	CO_2^*	H_2S^* (ppm)	N_2^{**}	O_2^{**}
02 Juni 2023	5	5,58	1,5	382	72,51	11,52
07 Juni 2023	10	11,72	3,66	346	63,9	10,92
12 Juni 2023	15	20,53	5,75	331	58,46	10,32
17 Juni 2023	20	43,13	10,53	252	35,02	7,41
22 Juni 2023	25	50,42	14,10	235	28,06	6,11
27 Juli 2023	30	55,23	18,49	221	19,08	1,63
03 Juli 2023	35	58,38	21,18	210	16,34	1,58
07 Juli 2023	40	47,22	30,56	248	12,62	1,25

Sumber: *Laboratorium Gas dan Batubara Teknik Kimia Polsri 2023, **Laboratorium PT Pupuk Sriwidjaja 2023



Gambar 3.2 Grafik Hubungan Waktu Fermentasi terhadap Kandungan Biogas

Berdasarkan Gambar 3.2, pada hari ke-35 mengandung CH_4 tertinggi sebesar 58,38%. Hal ini dikarenakan terjadi reaksi puncak dari pembentukan biogas yaitu reaksi yang

sempurna dari bakteri-bakteri pembentuk senyawa metana. Hasil ini mendekati penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa konsentrasi CH_4 didalam digesti anaerob mulai meningkat setelah hari ke-28 [18]. Produksi biogas didasarkan pada perombakan anaerob kotoran hewan dan bahan buangan organik lainnya. Selama perombakan anaerob akan menghasilkan gas metana 54-70 %, karbondioksida 24-45%, hidrogen, nitrogen, dan hidrogen sulfida dalam jumlah yang sedikit [19].

Berdasarkan grafik kandungan CO_2 pada Gambar 3.2, pada hari ke-5 sampai hari ke-40 mengalami kenaikan. Kandungan CO_2 tertinggi di hari ke-40 yaitu sebesar 30,56%. Kandungan CO_2 yang dihasilkan dari produksi biogas ini masih tergolong sangat tinggi. Hal ini dapat terjadi karena adanya aktivitas dari bakteri sehingga gas ini dapat timbul sebagai hasil pernapasan aerob maupun anaerob, kebanyakan senyawa yang cepat terurai oleh bakteri serta menghasilkan CO_2 adalah golongan gula [20].

Berdasarkan grafik kandungan H_2S pada Gambar 3.2, mulai dari hari ke-10 sampai hari ke-35 mengalami penurunan yang cukup signifikan. Didapatkan kandungan gas hidrogen sulfida (H_2S) tertinggi sebesar 382 ppm pada hari ke-5 dan gas hidrogen sulfida (H_2S) terendah sebesar 210 ppm pada hari ke-35. Semakin sedikit kandungan H_2S yang terkandung di dalam starter, maka kandungan gas CH_4 akan meningkat.

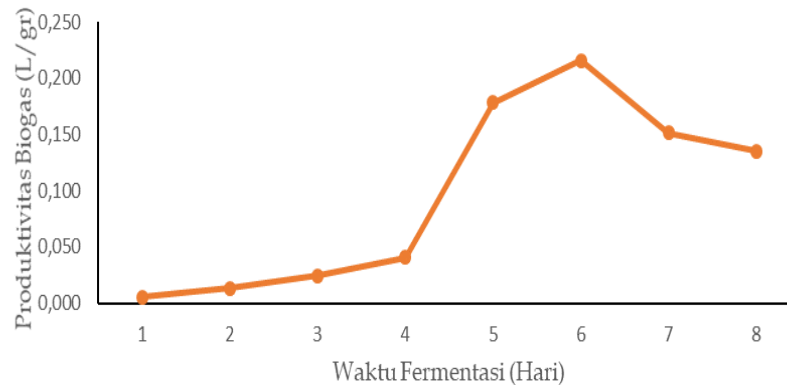
Berdasarkan grafik kandungan N_2 Gambar 3.2, mulai dari hari ke-5 sampai hari ke-15 kandungan N_2 masih tinggi yaitu rentang 58 – 72%. Penyebab tingginya kandungan nitrogen dalam biogas dapat diakibatkan karena ikut masuknya udara luar selama proses pengambilan sampel serta pengecekan sampel. Selain itu, besarnya kandungan gas N_2 disebabkan karena banyaknya jumlah bakteri metanogen yang berperan sebagai agen degradasi bahan organik, ini mengakibatkan nilai total gas N_2 sebagai hasil degradasi bahan organik akan semakin meningkat [21]. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, kandungan nitrogen terkecil yang terjadi pada hari ke-40 yaitu sebesar 12,62%.

Berdasarkan grafik kandungan O_2 pada Gambar 3.2, mulai dari hari ke-5 sampai hari ke-15 kandungan O_2 masih cukup tinggi yaitu rentang 10 – 11%. Tingginya kandungan oksigen dalam biogas sangat berpengaruh pada pembentukan senyawa metana (CH_4). Hal tersebut dikarenakan bakteri pengurai pembentuk senyawa metana bersifat anaerob atau tidak membutuhkan oksigen. Jika terdapat kandungan oksigen pada proses fermentasi maka akan menyebabkan bakteri pengurai mati. Kondisi yang memungkinkan masuknya oksigen pada digester adalah ketika dilakukannya pengambilan sampel bahan dari dalam digester [22]. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, oksigen terkecil yang terjadi pada hari ke-40 yaitu sebesar 1,25%.

3.3 Produktivitas Biogas

Produktivitas biogas dapat dilihat pada grafik hubungan waktu fermentasi terhadap produktivitas dapat dilihat pada Gambar 3.3. Produktivitas biogas dari starter limbah cair tahu dan kotoran sapi produktivitas sebesar 0,216L/ gr. Hasil penelitian menunjukkan produksi dan produktivitas biogas baik, hal tersebut menandakan proses degradasi bahan organik terjadi secara baik sehingga berdampak pada produksi gas yang optimum dengan ditandai nyala api berwarna biru yang dapat dilihat pada Gambar 3.4. Berdasarkan Pengamatan karakteristik warna api

menunjukkan biogas yang dihasilkan mengandung gas metana yang cukup tinggi, terlihat dari komposisi warna api biru lebih dominan dari warna api merah [23].



Gambar 3.3 Hubungan Waktu Fermentasi terhadap Produktivitas Biogas

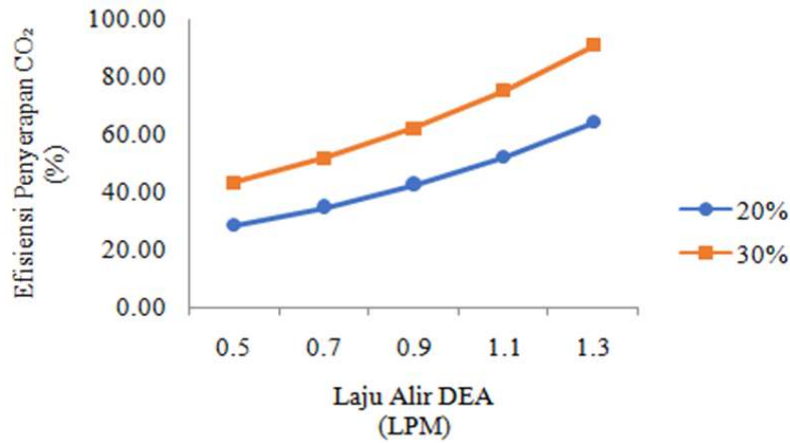


Gambar 3.4 Uji Nyala Api

Biogas yang dihasilkan pada minggu ke-5 telah memenuhi persyaratan baku mutu biogas untuk bidang energi skala kecil dengan kadar metana sebesar 58,38%vol dan karbon dioksida 21,18%vol. Namun hasil tersebut belum mendukung pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar komersial yang harus memiliki kandungan metana (CH_4) minimal 80%vol, sehingga pada penelitian ini biogas yang dihasilkan akan melewati proses absorpsi dengan larutan penyerap *diethanolamine* (DEA) dengan memvariasikan laju alir serta konsentrasi pelarut DEA pada kolom absorber.

3.4 Pengaruh Laju Alir dan Konsentrasi DEA terhadap Efisiensi Penyerapan CO_2

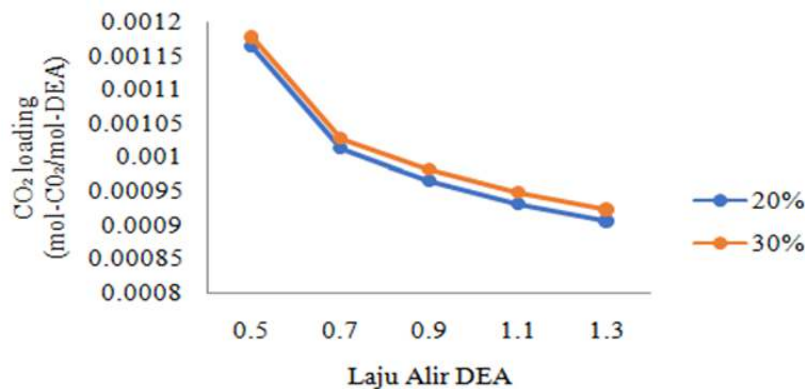
Efisiensi penyerapan CO_2 merupakan perbandingan jumlah CO_2 terserap oleh pelarut DEA terhadap jumlah CO_2 yang masuk kolom absorber. Jika nilai efisiensi penyerapan besar, maka jumlah mol CO_2 yang diserap oleh DEA juga semakin banyak. Gambar 3.5 menunjukkan bahwa efisiensi penyerapan CO_2 semakin besar seiring dengan peningkatan laju alir dan konsentrasi DEA. Terlihat bahwa efisiensi tertinggi dicapai pada laju alir DEA 1,3 LPM dan konsentrasi DEA 30%, dengan nilai 90,79%. Pada konsentrasi pelarut DEA 20% dengan laju alir 0,5 LPM, efisiensi penyerapan yang didapatkan hanya 28,74%. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi laju alir dan konsentrasi pelarut DEA maka akan semakin banyak jumlah mol komponen aktif DEA yang akan berdampak pada banyaknya jumlah mol CO_2 yang terserap [24] sehingga efisiensi penyerapan CO_2 oleh pelarut *diethanolamine* semakin meningkat.



Gambar 3.5 Pengaruh Laju Alir dan Konsentrasi pelarut DEA terhadap Efisiensi Penyerapan CO₂

3.5 Pengaruh Laju Alir dan Konsentrasi DEA terhadap CO₂ loading

Pada percobaan kali ini, laju alir dan konsentrasi pelarut DEA divariasikan untuk melihat banyaknya CO₂ yang terserap per molekul DEA. Perbandingan jumlah mol CO₂ terserap terhadap mol DEA disebut CO₂ loading. Profil laju alir dan konsentrasi pelarut DEA terhadap CO₂ loading dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Pengaruh Laju Alir dan Konsentrasi Pelarut DEA Terhadap CO₂ loading

Pada Gambar 3.6 dapat dilihat bahwa ketika laju alir DEA semakin besar, maka CO₂ loading justru akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena semakin besar laju alir DEA maka jumlah mol CO₂ yang terserap semakin banyak. Namun, peningkatan jumlah CO₂ terserap tidak sebanding dengan peningkatan jumlah mol DEA. Selain itu, dengan bertambah besar laju alir pelarut maka waktu tinggal atau residence time yang terjadi dalam absorber akan semakin singkat [25] yang berakibat nilai CO₂ loading semakin menurun.

Pada konsentrasi pelarut DEA 20%, nilai CO₂ loading maksimum sebesar 0,001163 mol-CO₂/mol-DEA, sedangkan pada laju alir DEA yang sama CO₂ loading menunjukkan nilai 0,001176 mol-CO₂/mol-DEA pada konsentrasi pelarut DEA 30%. Hal ini disebabkan karena jumlah mol CO₂ yang terserap akan berbanding lurus dengan banyaknya mol DEA yang aktif. Akibatnya semakin besar konsentrasi pelarut DEA maka nilai CO₂ loading akan semakin meningkat. Selain berpengaruh positif terhadap peningkatan CO₂ loading, konsentrasi pelarut juga dapat berpengaruh negatif yaitu dengan konsentrasi yang tinggi akan berakibat pada viskositas yang tinggi pula dan

akan mempengaruhi kemampuan absorben dalam menyebar sehingga nilai CO_2 loading akan menurun [26].

4. Kesimpulan

Kandungan biogas puncak maksimum terletak pada hari ke-35 dengan diperoleh Metana (CH_4) 58,38%, Karbon dioksida (CO_2) 21,18%, dan Hidrogen sulfida (H_2S) 210 ppm, Nitrogen (N_2) 16,34% dan Oksigen (O_2) 1,58%. Produksi Biogas tertinggi terletak pada hari ke-30 sebesar 160 L dengan nilai pH 7 pada temperatur digester 30,3°C dan temperature lingkungan 28°C. Produktivitas Biogas tertinggi terletak pada hari ke-30 sebesar 0,216 L/gr dengan uji nyala api berwarna biru. Efisiensi penyerapan CO_2 terbesar didapatkan pada laju alir DEA 1,3 LPM dengan konsentrasi 30% sebesar 90,79% dan Nilai CO_2 loading tertinggi didapatkan pada konsentrasi DEA 30% dengan laju alir terkecil 0,5 LPM sebesar 0,001176 mol- CO_2 /mol-DEA.

Referensi

- [1] AM Ritonga dan M. Masrukhi, "Optimasi Kandungan Metana (CH_4) Biogas Kotoran Sapi Menggunakan Berbagai Jenis Adsorben," Rona Teknik Pertanian, vol. 10, tidak. 2, hlm. 11-22, 2017.
- [2] Suriawiria dan Unus, H. (2002). Menuai Biogas dari Limbah, (online), (<http://www.pikiran-rakyat.com/squirrelmail>, diakses 15 Januari 2012).
- [3] Yanti, V. H. (2016). *the Cow Feses Adding Effectivity of Tofu Liquid Waste As Biogas Material for Handout Development of Biotechnology Concept in Third.* 3, 1-12.
- [4] Wahyono, E. H., dan N, Sudarno. 2012. Biogas: Energi Ramah Lingkungan. Yapeka: Bogor. 50 Hlm.
- [5] Ghatak, M.D., and Mahanta, P, 2016. "Biogas Purification Using Chemichal Absorption". International Journal of Engineering and Technology, Vol 8, No 3. ISSN: 2319-8613
- [6] Ujjal K Ghosh, S. E. (2009), *Absorption of carbon dioxide into aqueous potassium carbonate promoted by boric acid.* Energy Procedia, ELSEVIER, 1075- 1081.
- [7] Paryanto, P., Sartanto, S., and A. N. Valentino. (2015). "Penyerapan Gas Karbon dioksida (CO_2) Dalam Biogas Dengan Larutan $Ca(OH)_2$ ", EKUILIBIUM Jurnal Chemical Engineering, vol. 14, no. 1, pp. 31-34.
- [8] Mondal, M.K., Balsora, H.K., Varshney, P. (2012). *Progress and trends in CO capture/separation technologies: A review.* Energy, 46, 431-441.
- [9] Ihsan, A., Bahri, S., dan Musafira. 2013. Produksi Biogas Menggunakan cairan Isi Rumen Sapi dengan l imbah Cair Tempe. Jour nal Of Natur al Science. 2(2): 27-35.
- [10] Jegede, A.O., Zeeman, G. and Bruning, H., 2019. Evaluation of liquid and solid phase mixing in Chinese dome digesters using residence time distribution (RTD) technique. Renewable Energy, 143, pp.501-511
- [11] Wati, D. A. T., Sugito, 2013, Pembuatan Biogas dari Limbah Cair Pabrik Tahu

dengan Tinja Sapi, *Jurnal Teknik WAKTU*, Vol. 11, No.2, 60.

[12] Kementerian ESDM. (2018). *Permen ESDM No.36 tahun 2018 tentang Petunjuk Operasional Pelaksanaan Dana Alokasi Khusus Fisik Bidang Energi Skala Kecil*. 74.

[13] Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2014). *Standar mutu biogas bertekanan tinggi*.

[14] Fachry, H. A. R., Rinenda, dan Gustiawan, 2004, Penentuan nilai kalorifik yang dihasilkan dari proses pembentukan biogas, *Jurnal Teknik Kimia*, 2 (5), 7-12

[15] Yonathan A., Avianda R.P., dan Bambang P. (2013). Produksi Biogas dari Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*): Kajian Konsistensi dan pH Terhadap Biogas Dihasilkan. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, Vol. 2.1: 211 - 215.

[16] Ilham, Jumiati; Ridwan, Wrastawa; Harun, Ervan Hasan. 2018. Pengembangan dan Uji Kinerja Reaktor Biogas Tipe Fixed Dome Multi Input. Gorontalo

[17] Anggraini, Mumu Sutisna, Yulianti P. 2014. Pengolahan limbah tahu secara anaerob menggunakan sistem batch, *J Reka Lingkungan*, no1 vol 2.

[18] P. Iriani, Y. Suprianti, and F. Yulistiani, "Fermentasi Anaerobik Biogas Dua Tahap Dengan Aklimatisasi dan Pengkondisian pH Fermentasi," *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, vol. 1, no. 1. Politeknik Negeri Malang, p. 1, 2017.

[19] Simamora dkk. 2006. Pengaruh Derajat Keasaman (pH) Terhadap Dekomposisi Anearob Digester dan Pertumbuhan Bakteri Penghasil Gas Metana. Institut Pertanian Bogor: Bogor.

[20] Mara, I., M. 2012. Analisis Penyerapan Gas Karbondioksida (CO₂) dengan Larutan NaOH Terhadap Kualitas Biogas Kotoran Sapi. 1: 38-46.

[21] Kurniawan, D., Sri, K., dan Nimas, M.S. 2013. Pengaruh Volume Penambahan EM4 1% dan Lamanya Fermentasi Terhadap Kualitas Pupuk Bokashi dari Kotoran Kelinci dan Limbah Nangka. Malang: Universitas Brawijaya.

[22] Khaerunnisa, Gita dan Ika Rahmawati. (2013). Pengaruh pH dan Rasio COD: N Terhadap Produksi Biogas Dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Vinnase). *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, Vol. 2, No.3.

[23] Yoseph Dkk. (2022). Pengaruh Campuran Limbah Tahu Dan Kotoran Sapi Terhadap Produksi Biogas. **9**, 10-18.

[24] Sapitri, N. (2020). PENJERAPAN GAS BUANG KARBON DIOKSIDA (CO₂).

[25] Corni, A.S. (2016). "Pengaruh laju alir Diethanolamina (DEA) terhadap absorpsi gas CO dari campurannya dengan CH₄ melalui kontaktor membran superhidrofobik." Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok 2016.

[26] Setameteekul.A, Aroonwilas, A., & Veawab, A. (2008)., *Statistical factorial design analysis for parametric interaction and empirical correlations of CO₂ absorption performance in MEA and blended MEA/MDEA processes*, Sep. Purif. Technol.64, 16-25.