

Studi Emisi Dan Konsumsi Bahan Bakar Genset Bermesin 2 Langkah *Dual Fuels* (Biogas – Metanol)

David Lie^{1)*}, I Wayan Bandem Adnyana²⁾, Tjokorda Gde Tirta Nindhia³⁾

¹⁾ Program Studi Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362
Email: david08lie@gmail.com

²⁾ Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362
Email: bandem.aiwa@yahoo.com

³⁾ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362
Email: tirta.nindhia@me.unud.ac.id

doi: <https://doi.org/10.24843/METTEK.2022.v08.i02.p05>

Abstrak

Saat ini kualitas biogas di berbagai instalasi digester anaerobik untuk pengolahan sampah organik masih belum optimal, terutama di negara berkembang yang belum banyak dikenal pemahamannya tentang pengolahan anaerobik. Kandungan metana dalam biogas biasanya didapati rendah sehingga tidak memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin. Pemurnian Biogas biasanya akan diperkenalkan sebagai solusi untuk mengurangi gas pengotor pada biogas seperti CO₂, H₂S, dan H₂O sehingga layak digunakan sebagai bahan bakar mesin. Dibeberapa penelitian sebelumnya, menggunakan biogas sebagai bahan bakar mesin mendapatkan konsumsi bahan bakar yang tinggi (boros). Solusi lain disarankan dengan biogas diperkaya dengan bahan bakar lain (*dual fuels*). Penelitian ini memperkenalkan teknik sederhana untuk metode biogas diperkaya dengan menggunakan metanol. Metanol adalah salah satu jenis alkohol dimana metanol merupakan salah satu bahan bakar yang dapat diperbaharui (*renewable energy*). Metanol yang digunakan memiliki kemurnian 97% yang sudah berada di pasaran. Biogas yang digunakan pada penelitian ini memiliki kandungan metana sebesar 52% vol. Generator set (genset) bermesin 2 langkah yang memiliki kapasitas 63cc dengan kompresi 10 bar disiapkan untuk penelitian ini agar memungkinkan untuk dioperasikan menggunakan *dual fuels* biogas diperkaya metanol. Diketahui genset bermesin 2 langkah bekerja dengan baik dengan menggunakan bahan bakar biogas yang diperkaya dengan metanol. Konsumsi bahan bakar pada generator set (genset) bermesin 2 langkah menggunakan biogas yang diperkaya metanol diketahui mendapatkan hasil yang lebih baik bila dibandingkan dengan biogas saja. Emisi gas buang ditemukan lebih baik dibandingkan menggunakan biogas saja untuk mesin yang sama.

Kata kunci: Biogas, Metanol, *Dual Fuels*, Bahan Bakar, Generator Set

Abstract

Quality of biogas in various anaerobic digester installations for processing organic waste is not optimal, especially in developing countries where there is not much knowledge about anaerobic processing. The methane content in biogas is usually found to be low so it is not possible to use it as engine fuel. Biogas purification will be a solution to reduce impurity gases in biogas such as CO₂, H₂S, and H₂O so that it is suitable for use as engine fuel. In some previous studies, using biogas as engine fuel gets high fuel consumption (wasteful). Another solution is suggested with biogas enriched with other fuels (dual fuels). This study introduces a simple technique for the biogas enrichment method using methanol. Methanol is a type of alcohol where methanol is a renewable fuel. The methanol used has a purity of 97% which is already on the market. The biogas used in this study contains 52% vol of methane. A generator set with a 2 stroke engine which has a capacity of 63cc with a compression of 10 bar was prepared for this research to allow it to be operated using dual fuels biogas enriched with methanol. The 2 stroke engine generator works well using biogas fuel enriched with methanol. The fuel consumption of a 2-stroke engine generator set using biogas enriched with methanol is known to get better results when compared to

only biogas. Exhaust emissions were found to be better than using only biogas for the same engine.

Keywords: Biogas, methanol, Dual fuels, Fuel, Generator set

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, pencemaran lingkungan dan penipisan sumber daya energi telah diakui sebagai isu global yang semakin mendesak, dan pentingnya mengurangi emisi berbahaya [1]. Bahan bakar minyak yang jumlahnya semakin menipis, selama tahun 2011 total pasokan energi primer Indonesia sebesar 1686.4 juta SBM (Setara Barel Minyak) jumlah ini meningkat menjadi 15%. Jika dibandingkan dengan jumlah energi primer pada tahun sebelumnya yaitu sebesar 2,8% atau setara dengan 1112.1 juta SBM (Setara Barel Minyak) [2]. Dekade ini Negara Indonesia memasuki era puncak krisis energi, dikarenakan terimbas lonjakan harga minyak dunia mencapai 98 dolar/barel, yang mengakibatkan harga bahan bakar minyak dalam negeri mengalami penyesuaian yang cukup tajam [3].

Sebagai konsekuensinya maka suatu keharusan untuk mencari sumber lain. Salah satu alternatif yaitu pemanfaatan *renewable energy* atau energi yang dapat diperbaharui dan digunakan untuk menggantikan pemakaian bahan bakar minyak atau gas alam (*fossil fuels*). Setelah krisis energi minyak di era tahun 70-an, beberapa negara telah memulai program pengembangan teknologi *renewable energy* guna menurunkan ketergantungan akan impor bahan bakar minyak [4].

Biogas merupakan salah satu jenis energi baru terbarukan (*renewable energy*) yang terbentuk melalui proses fermentasi bahan – bahan limbah organik, seperti kotoran ternak, sampah organik, serta bahan-bahan lainnya oleh bakteri metanogenik dalam kondisi *anaerob* (tanpa oksigen). Secara umum teknologi biogas dapat mengatasi permasalahan melimpahnya kotoran ternak yang tidak dapat dikelola [5].

Pada saat ini genset sudah banyak jenis dan pengembangannya, ada genset yang berpenggerak mesin 4 langkah, mesin 2 langkah, dan mesin diesel. Dari segi bahan bakar yang digunakan, gensetpun sudah tidak terbatas hanya pada bensin dan solar sebagai bahan bakarnya, melainkan ada juga yang sudah menggunakan biogas dan LPG sebagai bahan bakar alternatif pengganti bensin dan solar. Seperti contohnya mesin diesel dapat dikonversi untuk hidup dengan menggunakan bahan bakar gas secara efisien. Mesin-mesin ini disebut “mesin bahan bakar ganda” atau “mesin diesel gas”, biasanya memiliki bahan bakar gas yang dicampur dengan udara di silinder mesin, baik melalui pencampuran langsung dalam *intake manifold* dengan udara atau melalui injeksi langsung ke silinder [6]. Dalam penerapannya, genset yang memakai bahan bakar biogas memiliki konsumsi bahan bakar yang sangat boros. Konsumsi bahan bakar yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh nilai kalor pada setiap bahan bakar. Untuk biogas nilai kalor yang dihasilkan antara 4800-6200 kkal/m³, sedangkan nilai kalor gas metana murni mencapai 8900 kkal/m³ [7].

Dengan demikian, Salah satu solusi masalah ini adalah mulai memikirkan untuk memakai alkohol untuk memperkaya biogas. Alkohol jenis metanol telah menjadi topik banyak penelitian tentang pemanfaatannya sebagai pengganti bahan bakar minyak. Alkohol dengan kadar tinggi dapat digunakan secara langsung pada mesin, dan biasanya dapat juga dicampurkan dengan kadar tertentu pada bensin sebagai bahan bakar [8].

2. METODE

2.1. Prosedur Penelitian

Persamaan Untuk pengambilan data konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang biogas saja, biogas yang diproduksi dari digester lalu dialirkan kedalam *desulfurizer* untuk menurunkan kadar H₂S pada biogas, lalu dialirkan ke volume meter untuk mengukur volume biogas yang masuk kedalam *biogas bag*, dalam penelitian ini menggunakan biogas sebanyak 100 liter dan pengujian siap dilakukan.

Untuk pengambilan data konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang biogas yang diperkaya metanol dilakukan dengan cara biogas yang diproduksi dari *digester* lalu dialirkan kedalam *desulfurizer* untuk menurunkan kadar hidrogen sulfida (H₂S) pada biogas, lalu dialirkan ke volume meter untuk mengukur volume biogas yang masuk kedalam *biogas bag*, dalam penelitian ini menggunakan biogas sebanyak 100 liter. Kemudian komposisi biogas akan diukur menggunakan alat *Multi Gas Detector* selama 60 detik, dalam penelitian ini kandungan metana dalam biogas didapatkan sebesar 52% vol. Untuk metanol dilakukan dengan mengukur volume metanol pada gelas ukur yang langsung dialirkan kedalam karburator, dan pengujianpun siap dilakukan.

Perhitungan konsumsi bahan bakar dihitung berdasarkan jumlah perbandingan antara volume bahan bakar yang dikonsumsi dengan waktu untuk menghabiskan bahan bakar.

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots(1)$$

Dalam satuan SI yaitu :

- Q = Konsumsi bahan bakar (l/mnt)
- t = Waktu untuk menghabiskan bahan bakar (mnt)
- V = Volume bahan bakar yang dikonsumsi (l)

Rumus kimia yang didapatkan pada bahan bakar biogas diperkaya metanol, yaitu :



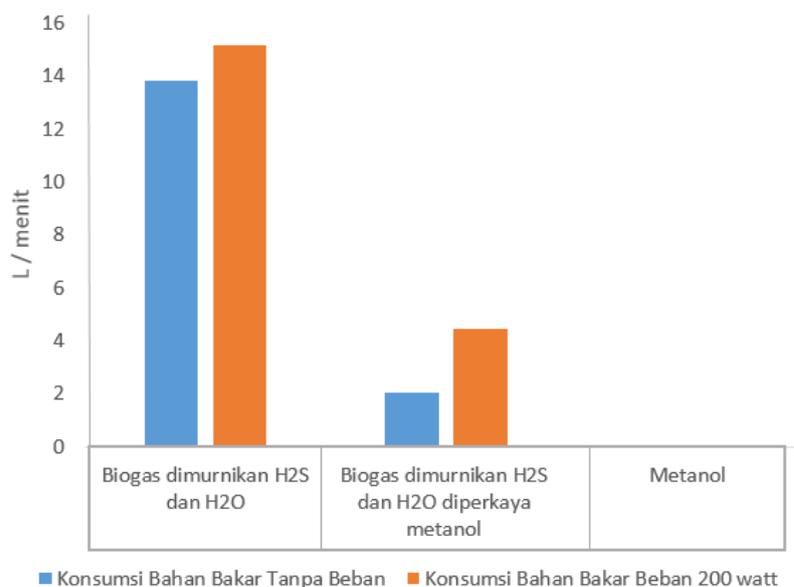
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Pengujian konsumsi bahan bakar dilakukan sebanyak 3 kali dengan penambahan pembebanan dan tanpa pembebanan, kemudian hasil dari 3 kali pengujian dirata-ratakan. Untuk pembebanan pada mesin diberikan beban sebesar 200 watt. Dan untuk membantu mengukur waktu pengujian konsumsi bahan bakar menggunakan alat *stopwatch*.

Tabel 1. Konsumsi masing – masing bahan bakar.

Bahan bakar	Konsumsi bahan bakar (L/menit)	
	Tanpa beban	Beban 200 watt
Biogas dimurnikan H ₂ S dan H ₂ O	13.83	15.17
Biogas dimurnikan H ₂ S dan H ₂ O diperkaya metanol	Biogas	2.06
	Metanol	0.0482
		0.0599

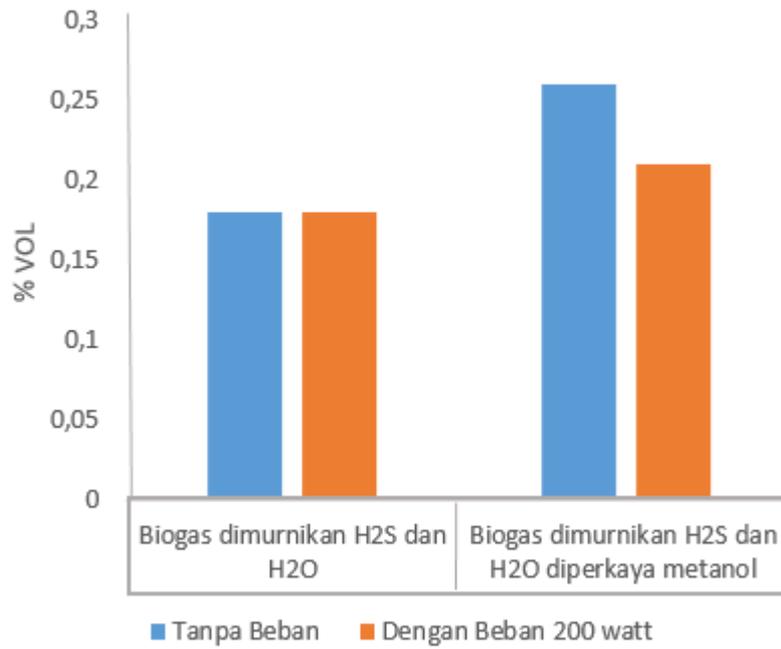


Gambar 1. Konsumsi setiap bahan bakar

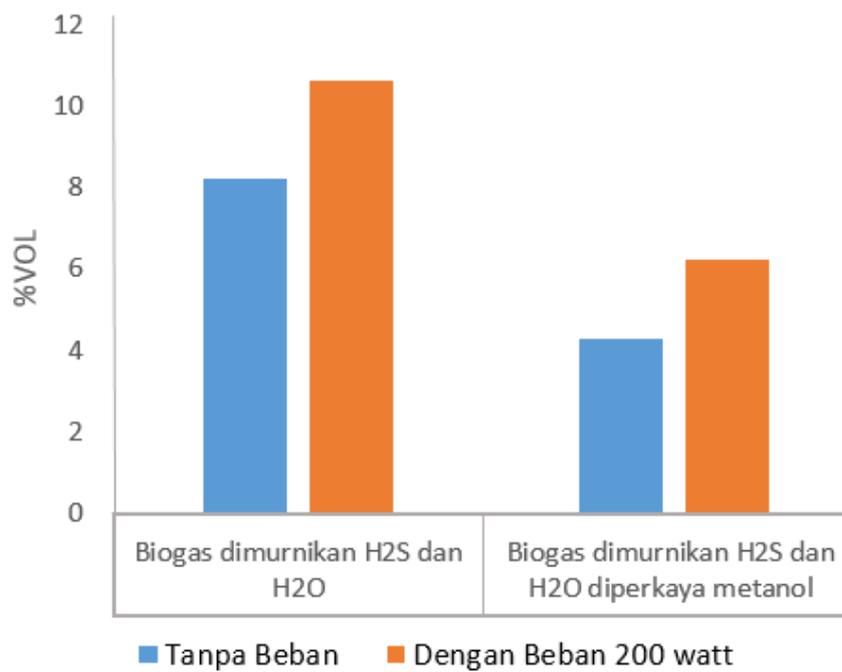
Untuk pengujian emisi gas buang, dilakukan dengan cara menghubungkan alat uji emisi ke knalpot (*exhaust*) mesin, kemudian nilai emisi akan tertera pada monitor alat uji emisi gas buang antara lain kandungan CO, CO₂, dan HC yang didapatkan pada masing – masing pengujian. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pada setiap bahan bakar dan dengan pembebanan maupun tanpa pembebanan.

Tabel 2. Emisi gas buang masing - masing bahan bakar

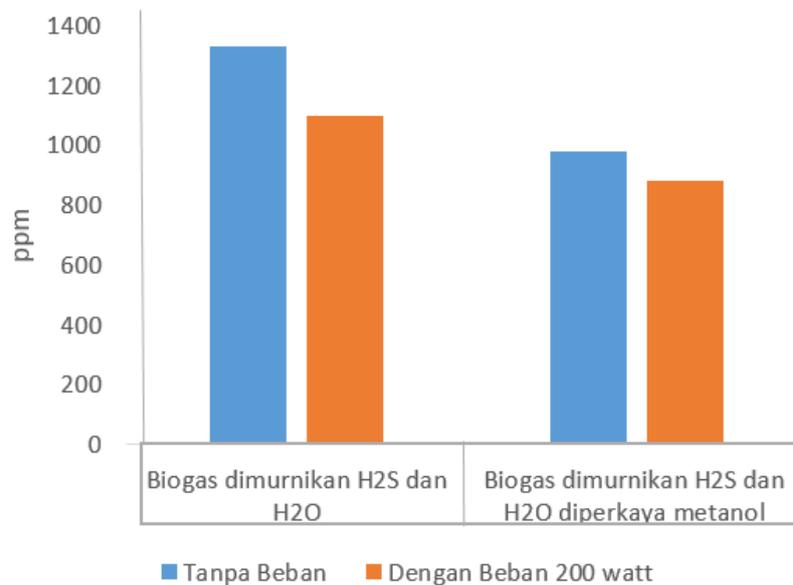
Bahan bakar	Emisi					
	Tanpa beban			200 watt		
	CO(% vol)	CO ₂ (% vol)	HC(ppm)	CO(% vol)	CO ₂ (% vol)	HC(ppm)
Biogas dimurnikan H ₂ S dan H ₂ O	0.18	8.2	1331	0.18	10.6	1098
Biogas dimurnikan H ₂ S dan H ₂ O diperkaya metanol	0.26	4.3	977	0.21	6.2	881



Gambar 2. Emisi gas buang CO setiap bahan bakar



Gambar 3. Emisi gas buang CO₂ setiap bahan bakar



Gambar 4. Emisi gas buang HC setiap bahan bakar

3.1. Pembahasan

Biogas dengan kandungan metana 54% diperkaya dengan metanol digunakan sebagai bahan bakar pada mesin generator listrik 63cc, dengan tekanan kompresi 10 bar. Biogas sebelumnya telah didesulfurisasi untuk mencegah adanya korosi pada komponen – komponen mesin (*engine failure*) [9]. Hasil konsumsi bahan bakar diilustrasikan pada tabel 5.1, dimana pada kondisi tanpa pembebanan bahan bakar biogas diperkaya metanol mendapat hasil sebesar 2,06 ltr/mnt dan metanol sebanyak 0.0482 yang merupakan hasil terendah daripada semua pengujian. Bila dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar pertalite pada genset *flexible fuels* (biogas atau bensin) hasil konsumsi bahan bakar pertalite 0.018 L/menit pada pengujian tanpa beban [10]. Konsumsi bahan bakar sangat dipengaruhi oleh karakteristik dari bahan bakar yang digunakan seperti nilai kalor dari masing – masing bahan bakar [11]. Nilai kalor dari bahan bakar metanol adalah 5831 kkal/m³, bahan bakar biogas adalah 5000-5500 kkal/m³ [12]. Konsumsi bahan bakar biogas diperkaya metanol dalam kondisi pembebanan 200 watt adalah 4.43 ltr/mnt dan metanol 0.0599 ltr/mnt. Dengan metode biogas diperkaya metanol dapat menurunkan konsumsi bahan bakar biogas hingga 85% pada kondisi tanpa pembebanan, sedangkan kondisi pembebanan 200 watt mengalami penurunan konsumsi bahan bakar biogas sebesar 71%.

Bahan bakar sendiri terdiri dari beberapa senyawa hidrokarbon yang jika terjadi pembakaran sempurna dengan oksigen akan menghasilkan karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O) yang tidak berbahaya bagi kesehatan umat manusia dan lingkungan. Tetapi pada kondisi yang sebenarnya, pembakaran sempurna pada mesin sangat sulit didapatkan, sehingga dihasilkan gas-gas sisa pembakaran yang berbahaya dan beracun seperti CO, NO_x, HC, dan sebagainya. Hidrokarbon (HC) merupakan hasil dari pembakaran tidak sempurna, konsentrasi HC akan bertambah besar apabila campuran miskin bahan bakar. Hal ini karena kekurangan bahan bakar menyebabkan pembakaran menurun dan mengakibatkan bahan bakar ikut keluar dari ruang bakar sebelum terbakar sempurna [13]. Sedangkan karbon monoksida (CO) dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna karena kurangnya oksigen dalam ruang bakar. Konsentrasi CO meningkat pada keadaan stasioner dan berkurang terhadap kecepatan, konsentrasi CO rendah pada saat kecepatan konstan [14].

Hasil yang menarik dapat dilihat pada uji emisi gas buang bahan bakar, dimana pada kondisi tanpa pembebanan maupun dengan pembebanan 200 watt emisi gas buang CO yang

dihasilkan oleh bahan bakar biogas sebesar 0.18% vol lebih rendah bila dibandingkan dengan biogas yang diperkaya metanol yaitu sebesar 0,26% vol dan biogas yang diperkaya metanol sebesar 0,21% vol. Namun emisi gas buang HC yang tertinggi didapat pada bahan bakar biogas sebesar 1331 ppm pada pengujian tanpa beban. Menariknya emisi HC yang paling rendah didapatkan pada bahan bakar biogas yang diperkaya metanol dengan pengujian pembebanan 200 watt yang mendapatkan hasil 881 ppm. Untuk emisi gas buang CO₂, bahan bakar biogas dengan pengujian pembebanan 200 watt mendapatkan hasil tertinggi sebesar 10.6% vol. Point dari hasil uji konsumsi dan emisi gas buang bahan bakar yang dilakukan pada generator listrik bermesin 2 langkah, bahan bakar biogas diperkaya metanol merupakan bahan bakar yang layak dipergunakan untuk menurunkan konsumsi dan emisi dari biogas.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian konsumsi bahan bakar dan pengujian emisi gas buang pada bahan bakar biogas (CH₄ 52% vol) yang diperkaya metanol, dan bahan bakar biogas pada mesin generator listrik berpengerak 2 langkah 63cc yang sudah di modifikasi menjadi bahan bakar *dual fuels*, dapat ditarik kesimpulan antara lain :

1. Konsumsi bahan bakar biogas (CH₄52%) diperkaya metanol tanpa pembebanan adalah 2.06 ltr/mnt dan metanol sebesar 0.0482 ltr/mnt, sedangkan konsumsi bahan bakar biogas saja yaitu 13.83 ltr/mnt. Untuk konsumsi bahan bakar biogas (CH₄52%) diperkaya metanol pada kondisi pembebanan 200 watt adalah 4.43 ltr/mnt dan metanol sebesar 0.0599 ltr/mnt, sementara konsumsi bahan bakar biogas saja dalam kondisi pembebanan 200 watt yaitu 15.17 ltr/mnt.
2. Emisi gas buang yang dihasilkan dari bahan bakar biogas (CH₄ 52% vol) diperkaya metanol tanpa pembebanan untuk CO sebesar 0.26%, CO₂ sebesar 4.3%, dan HC sebesar 977 ppm. Sedangkan dengan pembebanan sebesar 200 watt emisi CO sebesar 0.21%, CO₂ sebesar 6.2%, dan HC sebesar 881 ppm. Untuk bahan bakar biogas saja tanpa pembebanan, didapatkan emisi CO sebesar 0.18%, CO₂ sebesar 8.2%, dan emisi HC sebesar 1331 ppm. Dan bahan bakar biogas saja dengan kondisi pembebanan 200 watt didapatkan emisi CO sebesar 0.18%, CO₂ sebesar 10.6%, dan emisi HC sebesar 1098 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kim, Y., Kawahara, N., Tsuboi, K., Tomita, E, Combustion Characteristics And No_x Emissions Of Biogas *Fuels* With Various Co₂ Contents In A Micro Co-Generation Spark-Ignition Engine. *Applied Energy* 182 (2016) 539–547, 2016.
- [2] Yahya, Karakteristik Produktivitas Listrik Dari Genset Berbahan Bakar Biogas Dengan Variasi Pembebanan 360 Watt, 420 Watt, 480 Watt, 540 Watt Dan 600 Watt. Yogyakarta, 2017.
- [3] Agung, A.I., Potensi Sumber Energi Alternatif Dalam Mendukung Kelistrikan Nasional. Vol. 2 No. 2. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik UNESA, 2013.
- [4] Haryati , T., Biogas : Limbah Peternakan Yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. *Wartazoa* Vol. 16 No. 3 Th. 2006.
- [5] Wahyuni, S., *Biogas Energi Alternatif Pengganti Bbm, Gas, Dan Listrik*. Jakarta. Agro Media, 2013.
- [6] Yilmaz, I.T., Gumus, M., *Investigation Of The Effect Of Biogas On Combustion And Emissions Of Tbc Diesel Engine*. *Fuel* 188 (2017) 69–78, 2017.
- [7] Surono, U.B., Machmud, S., Peningkatan Kualitas Biogas Dengan Metode Absorpsi Dan Pemakaiannya Sebagai Bahan Bakar Mesin Generator Set (Genset). *Jurnal Rekayasa*

- Mesin Vol. 2 No.3. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Janabadra, Yogyakarta. 2014.
- [8] Venkateswarlu, K., Ramesh, K., Veladri, K., Testing of Metanol-gasoline Blends as Alternative Fuel for SI Engine, IE (I) Journal-MC Vol 90, 2009.
- [9] Negara, K.M.T., Nindhia, T.G.T., Sucipta, I.M., Atmika, I.K.A., Negara, D.N.K.P., Surata, I.W., dan Komaladewi, A.A.I.A.S., Pemurnian Biogas Dari Gas Pengotor Hidrogen Sulfida (H₂S) Dengan Memanfaatkan Limbah Geram Besi Proses Pembubutan. Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, 2012.
- [10] Dede, R., Nindhia, T.G.T., dan Surata, I.W., Mengubah (Converting) Mesin Genset 2 Langkah Silinder Tunggal Kapasitas 750 Watt Menjadi Berbahan Bakar Fleksibel (Flexible Fuel) Biogas Atau Bensin. Vol. 7 No. 2. Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali, 2018.
- [11] Anissa, R., Wahyuni, S., Irawan, I., Anam, S., Studi Eksperimen Biomassa Padat Sebagai Bahan Bakar Alternatif Menggunakan Campuran Limbah Pertanian. Journal of Science and Technology 15(1): 15-20, Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo Madura, 2022.
- [12] Nugroho, A., Pengaruh Campuran Metanol Terhadap Prestasi Mesin. Jurusan Teknik Mesin Akademi Teknologi Warga Surakarta, 2015.
- [13] Ismiyati., Marlita, D., dan Saidah, D., Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. Universitas Muhammadiyah Jakarta, 2014.
- [14] Maryanto, D., Mulasari, S.A., dan Suryani, D., Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO) Dengan Penambahan Arang Aktif Pada Kendaraan Bermotor Di Yogyakarta. Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Ahmad Dahlan , Yogyakarta, 2009.