

Pengoperasian Alat Produksi Metana dari Pembakaran Limbah Kulit Padi

Yoyo Saputro

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan, Indonesia

Email: yoyosaputro9@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan desain dan pengoperasian alat produksi metana (CH_4) dari pembakaran limbah kulit padi dengan cara dibakar didalam setup pembakar (pengujian) dan untuk mengetahui pengaruh variasi aliran massa udara terhadap temperature pembakaran limbah kulit padi, waktu mendidihnya air, dan waktu nyala maksimal, temperature pembakaran. Pada penelitian ini menggunakan aliran massa udara $0.020 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.022 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $0.024 \text{ m}^3/\text{s}$, Pengambilan data meliputi pembakaran 5 kg limbah kulit padi, volume air yang dididihkan, waktu nyala maksimal, temperature pembakaran. Hasil pengujian alat produksi skala metana aliran massa udara memberikan pengaruh terhadap nyala efektif dan nilai kalor. Atau dapat disimpulkan semakin rendah aliran massa udara yang digunakan semakin lama nyala maksimal yang dihasilkan, sehingga kalor yang didapatkan juga lebih besar.

Kata Kunci: Limbah Kulit Padi, Metana, Massa Udara.

ABSTRACT

This study aims to obtain the design and operation of methane (CH_4) production equipment from burning of rice husk waste by burning it in a burner setup (testing) and to determine the effect of variations in air mass flow on the combustion temperature of rice husk waste, boiling time of water, and burning time maximum, combustion temperature. In this study using air mass flow of $0.020 \text{ m}^3 / \text{s}$, $0.022 \text{ m}^3 / \text{s}$, and $0.024 \text{ m}^3 / \text{s}$, data collection included burning 5 kg of rice husk waste, boiling water volume, maximum flame time, combustion temperature. The results of the production of methane scale mass flow production tools have an effect on the effective flame and heat value. Or it can be concluded that the lower the mass of air mass used the longer the maximum flame produced, so that the heat obtained is also greater.

Keywords: *Rice Husk, Methane, Air Mass.*

1. Pendahuluan

Pengelolaan limbah sampah dan tersedianya sumber daya alam adalah dua dari beberapa masalah terbesar pemerintah Indonesia ataupun negara-negara lainnya. Salah satunya karena pertumbuhan penduduk Indonesia yang semakin besar membuat limbah sampah terus ada dan tidak akan berhenti untuk diproduksi oleh manusia[1]. Populasi sampah berbanding lurus dengan jumlah penduduk. Peningkatan pertumbuhan penduduk juga berdampak pada penggunaan konsumsi bahan bakar fosil yang semakin meningkat, dan akan mengakibatkan menipisnya energi fosil yang tidak dapat diperharui[2]. Sementara limbah sampah juga dapat digunakan sebagai bahan energi alternatif untuk pengganti bahan bakar fosil.

Selama 20 tahun terakhir pertumbuhan sampah meningkat tajam. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), di tahun 2010, Departemen Pertanian menghitung jumlah jerami sawah se Indonesia dengan jumlah 84 juta ton jerami[3].

Selama ini pemanfaatan limbah jerami sebagai pakan ternak hewan khususnya dan pupuk organik. Namun demikian beberapa riset sebelumnya menyatakan bahwa jerami masih bisa diambil gas CH_4 nya untuk sumber energi terbarukan [4]. Produksi CH_4 menggunakan biomassa memiliki beberapa faktor penghambat proses methanogenesis. Factor penghambat terjadi karena biomassa selulosa terdiri dari tiga buah polymer yang berdekatan: selulosa, hemiselulosa dan lignin[5]. Memunculkan Tanya bagaimana memanfaatkan sampah limbah kulit padi untuk dijadikan gas metana (CH_4) sebagai penghasil bahan bakar LPG (*Liquefied Petroleum Gas*).

Selain jerami, sampah dari limbah pertanian yang sangat melimpah adalah sekam padi. Sekam padi dapat juga dimanfaatkan sebagai penghasil energi alternatif dan sebagai pengganti Bahan Bakar Minyak (BBM)[6]–[8]. Di lingkungan pedesaan pemanfaatan limbah kulit padi bisa diolah menjadi briket atau arang untuk keperluan rumah tangga contohnya memasak atau bisa dipakai langsung sebagai bahan

bakar pada pembakaran langsung. Limbah kulit padi juga bisa dimanfaatkan sebagai penghasil gas metana (CH_4) yang mudah terbakar dengan menggunakan beberapa teknologi gasifikasi[9].

Penelitian pengaruh variasi kecepatan aliran udara terhadap temperatur pembakaran dilakukan oleh Subroto dkk, 2013. Penelitian tersebut menggunakan alat tungku gasifikasi dengan bahan sekam padi dan menggunakan variasi debit udara 3.5m/s, 4.0m/s, 4.5m/s''. pada penelitian tersebut masih menggunakan tungku untuk proses pembakaran sampah.

Gasifikasi merupakan konversi bahan bakar padat menjadi gas dengan oksigen yang terbatas untuk menghasilkan gas yang bisa digunakan untuk pembakaran langsung[10]. Tungku gasifikasi sebagai salah satu alat teknologi yang menghasilkan bahan bakar gas yang fleksibel untuk digunakan, contohnya untuk memasak dengan nyala api maksimal[11].

Pembuatan desain dan konstruksi alat penghasil gas metana (CH_4) dari pembakaran limbah kulit padi diorientasikan untuk menghasilkan gas metana (CH_4) yang optimal. Pembakaran gas metana digunakan sebagai nyala api kompor. Tahapan proses pembentukan gas sebagai berikut ;

- a. langkah pertama limbah kulit padi dibakar di tungku pembakar sehingga menghasilkan gas atau asap, pembakaran limbah kulit padi menghasilkan berupa gas metana (CH_4) dan senyawa lain;
- b. langkah kedua, gas hasil pembakaran limbah kulit padi mengalir menuju filter untuk proses pemurnian

Namun demikian rancangan alat produksi gas metana (CH_4) tersebut masih terdapat beberapa kelemahan, yaitu pada tahap pemurnian gas menggunakan tangki absorber masih terlalu besar, sehingga memerlukan waktu yang lama. Tangki absorber juga belum maksimal efektif untuk mengurangi partikel debu sisa pembakaran yang terbawa dari gas metana (CH_4) pembakaran. Pada tangki reaktor pembakaran belum ada saluran untuk pembuangan asap putih yang mempengaruhi hasil produksi kualitas gas metana (CH_4). Kualitas gas metana yang buruk berakibat pada sulitnya penyalaan pada unit kompor gas metana.

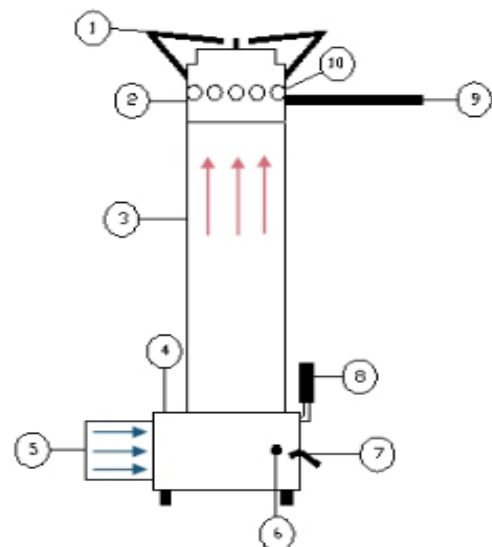
Konsep untuk menghilangkan asap putih tersebut adalah dengan membuka tutup reaktor. Desain pada pengoperasian alat produksi gas metana (CH_4) dari pembakaran sampah organik dimana pada pemurnian gas yang menggunakan drum yang berisi air, hasilnya api yang keluar masih berwarna kuning dikarenakan senyawa TAR masih tercampur dengan pembakaran tersebut[12].

Desain pengembangan untuk memperbaiki produksi gas methane (CH_4) sampah organik adalah dengan menggunakan pemurnian dari material: batu

kapur, arang batok kelapa, dan batu *zeolite*. Penggunaan media batu *zeolite* mampu menghasilkan temperatur pembakaran dengan rata-rata sebesar 605 °C, sementara batu kapur menghasilkan temperatur pembakaran dengan rata-rata sebesar 512 °C dan arang batok kelapa menghasilkan temperatur pembakaran dengan rata-rata sebesar 568°C[13]. Berdasar latar belakang tersebut terdapat pokok inti masalah ini mengenai pengelolaan sampah dan ketersediaan sumber daya alam

2. Metodologi Penelitian

Berdasar, peninjauan teknologi produksi gas metana dari limbah sekam padi, masih terdapat beberapa kelemahan dan memerlukan beberapa perbaikan. Penelitian ini untuk memperbaiki desain teknologi penghasil gas metana (CH_4) dari limbah kulit padi sebagai bahan bakar gas pengganti elpiji. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menambahkan tiga filter untuk mengurangi senyawa TAR pada gas metana. Filter dibuat menggunakan pipa besi. Setup pengujian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Setup pengujian

Dimana;

- | | |
|---------------------|------------------------|
| 1. Pot holder | 2. Burner |
| 3. Setup pembakaran | 4. Ash chamber |
| 5. Fan casing | 6. Cover handle |
| 7. Cover lock | 8. Ash discharge lever |
| 9. Burner handle | 10. Filter |

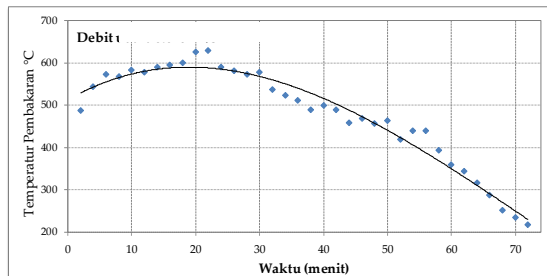
Variasi laju aliran massa udara pada temperature pembakaran, waktu mendidihnya air, dan waktu nyala maksimal diteliti untuk mendapatkan pengoperasian

yang optimal pada aplikasi filter tunggal. Laju aliran massa udara yang digunakan adalah $0.020 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.022 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $0.024 \text{ m}^3/\text{s}$, dimana single filter dengan diameter 11 inch, panjang filter 600 mm. Pengambilan data dilakukan dengan pembakaran 5 kg limbah kulit padi. Data yang diambil meliputi volume air yang mendidih, waktu nyala maksimal, temperature pembakaran, dan perubahan temperature pada 1 liter air. Pemanasan dilakukan selama 70 menit dengan energi panas sebesar 917,61 kJ[14].

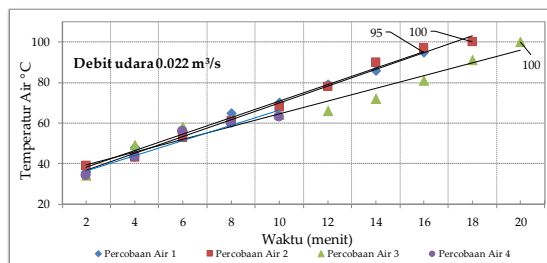
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian aliran massa udara $0.020 \text{ m}^3/\text{s}$

Pada grafik Gambar 1 menunjukkan bahwa, nyala efektif yang dihasilkan 5 kg sekam padi dengan debit udara $0.020 \text{ m}^3/\text{s}$ adalah 72 menit. Percobaan untuk mendidihkan air dengan aliran massa udara $0.020 \text{ m}^3/\text{s}$ dilakukan sebanyak tiga kali dan menunjukkan perbedaan waktu pendidihan pada setiap pengambilan sampel. Gambar 1, menunjukkan temperatur pembakaran tertinggi sebesar $628 \text{ }^\circ\text{C}$ pada menit ke-22, sedangkan temperatur pembakaran terendah adalah $217 \text{ }^\circ\text{C}$ pada menit ke-72.



Gambar 1. Hubungan antara temperatur pada pembakaran limbah sampah kulit padi dengan waktu pada aliran massa udara $0.020 \text{ m}^3/\text{s}$



Gambar 2. Temperatur pendidihan vs waktu

Penurunan temperatur diakibatkan sekam padi mulai habis sehingga produksi gas metana didalam reactor pembakaran berangsur-angsur akan berkurang. Kondisi ini sangat berpengaruh pada temperatur pembakaran gas metana.

Pada Gambar 2 menjelaskan bahwa temperatur air pada menit ke-2 adalah $31 \text{ }^\circ\text{C}$. Sedangkan waktu untuk mendidihkan 1 liter air pada pendidihan pertama

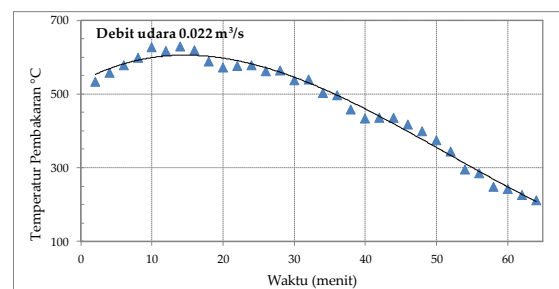
18 menit dengan temperatur air $95 \text{ }^\circ\text{C}$, pada pendidihan air yang kedua 18 menit dengan temperatur air $100 \text{ }^\circ\text{C}$ dan pendidihan air ketiga dengan waktu 22 menit dengan temperatur air $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Semakin kecil aliran massa udara $0.020 \text{ m}^3/\text{s}$ yang dipakai maka gas yang dihasilkan kecil sehingga air akan semakin lama untuk mencapai titik didihnya. Pada penggunaan aliran massa udara $0.020 \text{ m}^3/\text{s}$ dapat dicari nilai kalor sensible air dan kalor laten air, dengan analisa perhitungan pada percobaan air.

Tabel 1. Pengujian dengan aliran massa udara $0.020 \text{ m}^3/\text{s}$

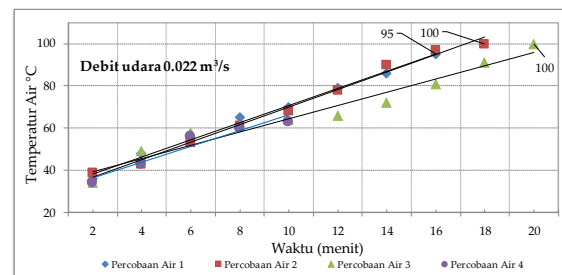
Percobaan	Massa (kg)	Temperatur Awal (kJ/kg)	Temperatur Akhir (kJ/kg)	Kalor (kJ)
I	1	113,3	397,96	284,66
II	1	113,3	419,04	305,74
III	1	113,3	419,04	305,74
IV	1	113,3	313,93	200,63

3.2. Pengujian aliran massa udara $0.022 \text{ m}^3/\text{s}$

Pada grafik Gambar 3 menjelaskan bahwa nyala efektif yang dihasilkan pembakaran sekam padi adalah 64 menit. Temperatur pembakaran tertinggi terjadi pada menit ke-14 yaitu $631 \text{ }^\circ\text{C}$. Sementara temperatur terendah pada menit ke-64 yaitu $213 \text{ }^\circ\text{C}$. Pada menit ke-32 mengalami penurunan, sehingga temperatur pembakaran cenderung menurun dikarenakan pembakaran sekam padi didalam reactor mulai berkurang dan produksi gas metana menurun.



Gambar 3. Hubungan antara temperatur pada pembakaran limbah sampah kulit padi dengan waktu pada aliran massa udara $0.022 \text{ m}^3/\text{s}$.



Gambar 4. temperatur pendidihan vs waktu

Grafik gambar 4 menjelaskan temperatur air pada menit ke-2 adalah $36 \text{ }^\circ\text{C}$, pada pendidihan air yang pertama 16 menit dengan temperatur air $95 \text{ }^\circ\text{C}$,

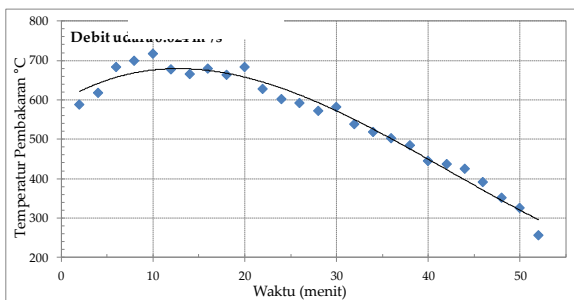
pada pendidihan air kedua 18 menit dengan temperatur air 100 °C, dan pendidihan air yang ketiga 20 menit dengan temperatur air 100 °C. Kemungkinan pada aliran massa udara 0.022 m³/s kurang stabil, sehingga gas yang mengalir menuju kompor juga tidak stabil. Pada percobaan dengan menggunakan debit udara 0.022 m³/s dapat dicari nilai kalor sensible air dan kalor laten air, dengan analisa perhitungan pada percobaan air di tunjukan pada tabel 2.

Tabel 2. pengujian dengan aliran massa udara 0.022 m³/s

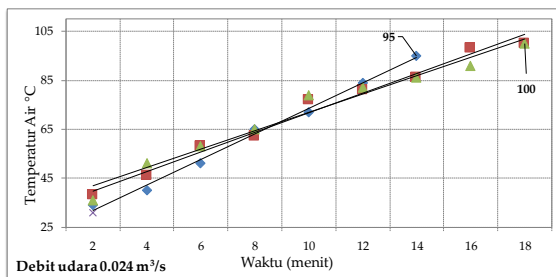
Percobaan	Masa (kg)	Temperatur Awal (kJ/kg)	Temperatur Akhir (kJ/kg)	Kalor (kJ)
I	1	113,3	397,96	284,66
II	1	113,3	419,04	305,74
III	1	113,3	419,04	305,74
IV	1	113,3	251,13	137,88

3.3. Pengujian aliran massa udara 0.024 m³/s

Pada Gambar 5, menunjukan temperatur tertinggi terjadi pada menit ke-10 yaitu sebesar 718 °C, dan temperatur pembakaran terendah adalah 257 °C. Percobaan temperatur pembakaran pada proses ini memakan waktu yang cukup singkat yaitu 52 menit sebagai nyala efektif. Hal ini dikarenakan debit udara yang besar, sehingga pembakaran sekam padi di dalam reaktor cepat habis dan gas metana yang dihasilkan juga akan cepat berkurang.



Gambar 5. Hubungan antara temperatur pada pembakaran limbah sampah kulit padi dengan waktu pada aliran massa udara 0.022 m³/s.



Gambar 6. temperatur pendidihan vs waktu

Data diatas (gambar 6) menjelaskan bahwa pada percobaan temperatur pendidihan air yang pertama

dengan aliran massa udara 0.024 m³/s membutuhkan waktu 14 menit. Pada percobaan temperatur pendidihan air yang ke-2 dan ke-3 membutuhkan waktu yang sama yaitu 18 menit. Pada percobaan temperatur pada pendidihan air dengan aliran udara 0.024 m³/s menghasilkan waktu pendidihan air lebih cepat dibandingkan dengan aliran massa udara 0.020 m³/s dan aliran massa udara 0.022 m³/s, pada percobaan dengan aliran massa udara 0.024 m³/s menghasilkan waktu pembakaran yang cukup singkat. Hal ini dikarenakan suplay udara yang dikeluarkan ke proses pembakaran besar, sehingga sekam padi cepat habis.

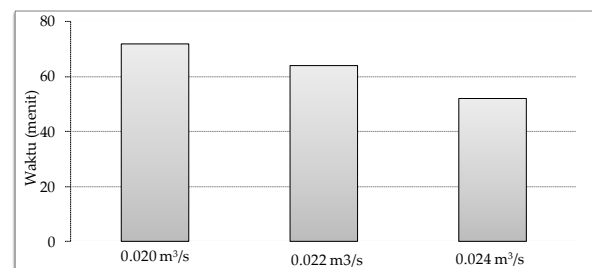
Pada percobaan dengan menggunakan debit udara 0.024 m³/s dapat dicari nilai kalor sensible air dan kalor laten air, dengan analisa perhitungan pada percobaan air pertama :

Tabel 3. Pengujiann aliran massa udara 0.024 m³/s

Percobaan	Massa (kg)	Temperatur Awal (kJ/kg)	Temperatur Akhir (kJ/kg)	Kalor (kJ)
I	1	113,3	397,96	284,66
II	1	113,3	419,04	305,74
III	1	113,3	419,04	305,74
IV	1	113,3	146,68	33,38

3.4. Perbandingan nyala efektif

Perbandingan nyala efektif dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Perbandingan nyala efektif

Gambar 9 menunjukan bahwa, aliran massa udara 0.020 m³/s menghasilkan nyala maksimal 72 menit, aliran massa udara 0.022 m³/s menghasilkan nyala maksimal 64 menit, dan aliran massa udara 0.024 m³/s menghasilkan nyala maksimal 52 menit. Semakin rendah aliran massa udara 0.020 m³/s yang digunakan, semakin lama nyala maksimal yang dihasilkan.

4. Metana dari Sekam Padi dan Peluangnya sebagai bahan bakar Otomotif

Dikutip dari laman ec.europa.eu, biogas dan biomassa telah berperan sebesar 65% dalam kategori sebagai sumber energi terbarukan di tahun 2014. Pemanfaatan biogas ini tidak hanya untuk keperluan

memasak dan penggunaan keperluan lainnya seperti kebutuhan penghangat ruangan, bahan bakar kendaraan, pembangkit listrik dan bahkan disalurkan melalui jaringan pipa gas alam.

Seperti produksi hidrogen, gas alam, bio-oil, biogas, alcohol, biodiesel dari sumber biomassa terbarukan memang menjadi topik utama diseluruh dunia dengan prospeknya sebagai pengganti bahan fossil fuel dan mampu mengurangi polusi udara[15]. Metana (CH₄) adalah hidrokarbon yang paling sederhana yang berbentuk gas dengan rumus kimianya CH₄. Gas metana (CH₄) murni tidak bau, dan bisa digunakan untuk keperluan komersial, biasanya ditambahkan sedikit belerang untuk mendeteksi kebocoran yang mungkin bisa terjadi. Sebagai komponen utama gas alam, metana (CH₄) juga sebagai sumber bahan bakar utama. Pembakaran satu molekul metana dengan oksigen akan melepaskan satu molekul CO₂ (karbondioksida) dan dua molekul H₂O (air): CH₄ + 2O₂ → CO₂ + 2H₂O [16].

Energi bisa dihasilkan dari biomassa bisa dijadikan sebagai teknologi yang penting untuk berlanjarnya sebagai produksi energi terbarukan, hasil dan analisa chesson terhadap jerami padi pada penelitiannya menunjukkan bahwa kandungan selulosa sebesar 14,98 %, hemiselulosa 28.66 % dan lignoselulosa sebesar 11.23 %. Terdapat perbedaan hasil dan analisa jerami padi yang diambil di daerah Sumenep, Madura. Selisih kadar selulosa kemungkinan bisa disebabkan oleh adanya selulosa yang hilang pada waktu analisa, seharusnya kadar selulosanya lebih tinggi dari kadar hemiselulosanya, oleh karenanya jerami padi mengandung kadar gula total 53,39 % dimana glukosa (selulosa) sebanyak 63 % dan pentose (hemiselulosa) sebesar 37 % [17].

5. Kesimpulan

Dari penelitian ini diharapkan dapat membantu masyarakat dalam memanfaatkan limbah kulit padi agar lebih bermanfaat. Berikut hasil dari penelitian Pemanfaatan pengoperasian alat produksi metana dari pembakaran limbah kulit padi.

Aliran massa udara 0.024 m³/s menghasilkan temperatur pembakaran dengan nilai tertinggi yaitu 718 °C di menit 10, sedangkan aliran massa udara 0.022 m³/s menghasilkan temperatur pembakaran dengan nilai tertinggi yaitu 631 °C di menit ke 14, dan aliran udara udara 0.020 m³/s menghasilkan temperatur pembakaran dengan nilai tertinggi yaitu 628 °C di menit ke 22. Jadi semakin tinggi aliran massa udara yang digunakan akan semakin besar hasil temperatur pembakaran yang didapatkan.

Aliran massa udara 0.024 m³/s menghasilkan nilai kalor pembakaran sebesar 929.52 kJ, sedangkan aliran massa udara 0.022 m³/s menghasilkan nilai kalor pembakaran sebesar 1033.97 kJ, dan aliran massa udara 0.020 m³/s menghasilkan nilai kalor pembakaran sebesar 1096.77 kJ. Jadi semakin rendah aliran massa udara yang digunakan maka semakin tinggi nilai kalor pembakaran yang didapatkan.

Aliran massa udara 0.024 m³/s menghasilkan nilai nyala maksimal yaitu 52 menit, sedangkan aliran massa udara 0.022 m³/s menghasilkan nilai nyala maksimal 64 menit, dan aliran massa udara 0.020 m³/s menghasilkan nilai nyala maksimal 72 menit. Jadi semakin rendah aliran massa udaranya maka semakin lama nyala maksimal yang didapatkan.

Daftar Pustaka

- [1] Armi and D. Mandasari, "Pengelolaan Sampah Organik menjadi Gas Metana," *Serambi Sainia*, vol. 5, no. 1, pp. 1–11, 2017.
- [2] D. Anggraini, M. B. Pertiwi, and D. Bahrin, "Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan dan Waktu Tinggal terhadap Komposisi Biogas Dari Sampah Organik," *Tek. Kim.*, vol. 18, no. 1, pp. 17–23, 2012.
- [3] A. M. Jannah, "Proses Fermentasi Hidrolisat Jerami Padi," *J. Tek. Kim.*, vol. 17, no. 1, pp. 44–52, 2010.
- [4] D. A. Herawati and A. A. Wibawa, "Pengaruh Pretreatment Jerami Padi pada Produksi Biogas dari Jerami Padi dan Sampah Sayur Sawi Hijau Secara Batch," *Pengaruh Pretreat. Jerami Padi pada Produksi Biogas dari Jerami Padi dan Sampah Sayur Sawi Hijau Secara Batch*, vol. 4, no. 1, pp. 25–29, 2010.
- [5] Noviyanto, F. A. S, veny uli A, H. Anwar, S. Gunawan, and T. Widjaja, "Produksi Gas Metana Dari Limbah Jerami Padi Dengan Energi Terbarukan," *J. Tek. Kim.*, vol. 9, no. 2, pp. 58–61, 2015.
- [6] N. Nurhasni, H. Hendrawati, and N. Saniyyah, "Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah," *J. Kim. Val.*, vol. 4, no. 1, 2014.
- [7] F. Amalinda and M. Jufri, "Formulasi Briket Bioarang Sekam Padi dan Biji Salak sebagai Sumber Energi Alternatif," *J. SAINS Terap.*, vol. 4, no. 2, pp. 99–103, 2018.
- [8] I. Taufik, "Identifikasi Nilai Kalor Biochar Dari Tongkol Jagung Dan Sekam Padi Pada Proses Pirolisis," *J. Tek. Kim.*, vol. 7, no. 1, pp. 32–35, 2012.
- [9] D. Dzulfansyah, L. Nelwan, and D. Wulandani, "Analisis Computational Fluid

- Dynamics untuk Perancangan Reaktor Gasifikasi Sekam Padi Tipe Downdraft,” *J. Keteknikan Pertan.*, vol. 2, no. 2, pp. 133–140, 2014.
- [10] L.Najib and S. Darsopuspito, “Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Sistem Downdraft Kontinyu,” *Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Sist. Downdraft Kontinyu dengan Variasi Perbandingan Udar. Bakar dan Ukuran Biomassa*, vol. 1, no. 1, pp. 12–15, 2012.
- [11] “Gasifikasi,” pp. 1–2.
- [12] T. T. Arianto Suyatno Putro, Sartono Putro, “Pengembangan Desain dan Konstruksi Alat Produksi Gas Metana Dari Pembakaran Sampah Organik Sekam Padi,” no. September, p. 13, 2013.
- [13] U. T. A. L. Wicaksono, “Dengan Satu Tabung,” 2015.
- [14] U. M. Surakarta, “Tipe Ganda,” 2014.
- [15] G. Corro, U. Pal, F. Bañuelos, and M. Rosas, “Generation of biogas from coffee-pulp and cow-dung co-digestion: Infrared studies of postcombustion emissions,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 74, pp. 471–481, 2013.
- [16] P. Reaksi, P. Bahan, P. Proses, K. Sumber, B. Di, and B. K. Lihat, “Metana,” vol. 17564, 2008.
- [17] Basworo and Jahti, “Analisis Kandungan Selulosa Hemiselulosa dan Lignin Jerami Padi (*Oryza Sativa*) pada Proses Pre-treatment Bioetanol dengan Metode Resistive Heating,” no. 1, p. 43, 2018.