
Info Publikasi:

Artikel Hasil Penelitian

doi: <https://doi.org/10.56190/jree.v2i2.43>

Dikirim : Oktober 2024

Diterima : Oktober 2024

Dipublikasikan : Oktober 2024

**PEMANFAATAN LIMBAH ORGANIK SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF
MENGUNAKAN REAKTOR GASIFIKASI *DOWNDRAFT*****Jumiati Ilham¹⁾, Ervan Hasan Harun²⁾, Romi Djafar³⁾, Yunita Djamalu⁴⁾**^{1,2} Program Studi Rekayasa Energi Terbarukan, Program Vokasi Universitas Negeri GorontaloEmail: jumiatiilham@ung.ac.id¹⁾

Nomor Telp : +62 852 5589 0292

Indonesia

ABSTRACT

Organic waste from coconut shells, corn cobs, candlenut shells, and lamtoro wood is often found in the Gorontalo region. The gasification of organic waste has the potential to reduce organic waste and produce gas for various applications, including heating, power generation, and industrial raw materials. The research aims to determine the gas composition of the downdraft gasification process from organic waste from coconut shells, candlenut shells, corn cobs, and lamtoro wood, to determine the rate of fuel consumption, and to determine the calorific value. The method used is an experimental method. Test results using a downdraft gasifier reactor with 5 kg of fuel. The average H₂ value obtained from the test results for coconut shells was 12.46%, candlenut shells 13.01%, corn cobs 9.3%, and lamtoro wood 15.95%, the highest H₂ value from several of these samples was obtained from lamtoro wood with the highest percentage was 15.95%, the average O₂ value obtained was coconut shell 8.86%, candlenut shell 6.37%, corn cob 2.61%, lamtoro wood 5.22%, the average CH₄ value was shell coconut 7.88%, candlenut shell 4.05%, corn cob 8.03%, lamtoro wood 7.32%, average CO value for coconut shell 0.56%, candlenut shell 0.05%, corn cob 10.71%, lamtoro wood 0.05% while the average N₂ value obtained was 70.21% coconut shell, 76.49% candlenut shell, 69.25% corn cob, and 71.44% lamtoro wood. The findings compare four organic wastes as alternative energy using a downdraft gasification reactor. The conclusion from this research is that the best gas composition is from corncob organic waste with H₂, CH₄, and CO of 28.05%, the longest burning rate on corncob samples is 23.11 grams/minute and the highest calorific value test is on lamtoro wood samples with results reaching 4,340 cal/gram.

Keywords: Organic waste; Alternative Energy; Reactor; Gasification; Downdraft.**ABSTRAK**

Limbah organik tempurung kelapa, tongkol jagung, cangkang kemiri, dan kayu lamtoro banyak ditemukan di wilayah Gorontalo. Gasifikasi limbah organik ini memiliki potensi mengurangi limbah organik menghasilkan gas untuk berbagai aplikasi, termasuk pemanas, pembangkit listrik, dan bahan baku industri. Tujuan penelitian adalah mengetahui komposisi gas dari proses gasifikasi *downdraft* dari limbah organik tempurung kelapa, cangkang kemiri, tongkol jagung, dan kayu lamtoro, mengetahui laju konsumsi bahan bakar dan mengetahui nilai kalor. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental. Hasil pengujian menggunakan reaktor downdraft gasifier dengan bahan bakar sebanyak 5 kg. Nilai rata-rata H₂ yang didapatkan dari hasil pengujian Tempurung kelapa 12,46%, cangkang kemiri 13,01%, tongkol jagung 9,3%, kayu lamtoro 15,95%, nilai H₂ tertinggi dari beberapa sampel tersebut di dapatkan Kayu lamtoro dengan persentase tertinggi 15,95%, nilai rata-rata O₂ yang

didapatkan yaitu tempurung kelapa 8,86%, cangkang kemiri 6,37%, tongkol jagung 2,61%, kayu lamtoro 5,22%, nilai rata-rata CH₄ yaitu tempurung kelapa 7,88%, cangkang kemiri 4,05%, tongkol jagung 8,03%, kayu lamtoro 7,32%, nilai rata-rata CO untuk tempurung kelapa 0,56%, cangkang kemiri 0,05%, tongkol jagung 10,71%, kayu lamtoro 0,05% sedangkan nilai rata-rata N₂ yang didapatkan yaitu tempurung kelapa 70,21%, cangkang kemiri 76,49%, tongkol jagung 69,25% dan kayu lamtoro 71,44%. Temuannya adalah perbandingan empat limbah organik sebagai energi alternatif menggunakan reaktor gasifikasi *downraft*. Kesimpulan dari penelitian ini komposisi gas terbaik yaitu dari limbah organik tongkol jagung dengan H₂, CH₄, dan CO sebesar 28.05%, laju pembakaran terlama pada sampel tongkol jagung yaitu 23.11 gram/menit dan pengujian nilai kalor tertinggi pada sampel kayu lamtoro dengan hasil mencapai 4.340 kal/gram.

Kata kunci: Limbah organik; Energi Alternatif; Reaktor; Gasifikasi; Downdraft.

1. PENDAHULUAN

Gasifikasi limbah organik ini memiliki potensi besar untuk mengurangi limbah padat organik yang mencemari lingkungan sambil menghasilkan gas yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, termasuk pemanas, pembangkit listrik, dan bahan baku industri. Terutama bahan-bahan yang disebutkan di atas, seringkali ditemukan dalam jumlah besar di berbagai wilayah di Gorontalo. Krisis energi dan kebutuhan sumber energi terbarukan dunia, termasuk Indonesia, menghadapi tantangan besar terkait ketergantungan pada sumber energi fosil yang terbatas. Penelitian ini mendukung upaya untuk mencari energi alternatif yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Limbah organik, yang tersedia dalam jumlah besar, bisa menjadi solusi untuk mengurangi ketergantungan pada energi konvensional. Pengelolaan limbah organik sering kali menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran tanah dan air, serta emisi gas rumah kaca. Pemanfaatan limbah organik untuk menghasilkan energi tidak hanya mengurangi beban lingkungan, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi dan sosial bagi masyarakat. Inovasi teknologi gasifikasi downdraft memungkinkan konversi limbah organik menjadi energi dengan efisiensi yang tinggi dan emisi yang lebih rendah dibandingkan metode pembakaran langsung. Urgensi penelitian ini terletak pada pengembangan dan pengoptimalan teknologi gasifikasi, sehingga menjadi solusi yang lebih praktis dan ekonomis. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui komposisi gas dari proses gasifikasi *downdraft* dari limbah organik tempurung kelapa, cangkang kemiri, tongkol jagung, dan kayu lamtoro, mengetahui laju konsumsi bahan bakar pada proses gasifikasi *downdraft* dari limbah organik tempurung kelapa, cangkang kemiri, tongkol jagung, dan kayu lamtoro dan untuk mengetahui nilai kalor dari limbah organik tempurung kelapa, cangkang kemiri, tongkol jagung, dan kayu lamtoro.

2. METODE PENELITIAN

Pendekatan penelitian ini bertumpu pada metode eksperimental dengan tujuan mengevaluasi unjuk kerja alat gasifikasi tipe downdraft gasifier dan menguji nilai kalor dari biomassa. Pengujian hipotesis dilakukan melalui percobaan dan pengukuran pada variabel yang terkontrol. Peneliti menggunakan downdraft gasifier untuk melihat bagaimana bahan bakar dari berbagai jenis biomassa seperti tongkol jagung, cangkang kemiri, tempurung kelapa, dan kayu lamtoro mempengaruhi komposisi gas dan nilai kalor yang dihasilkan

2.1. Prosedur Penelitian

Tahapan Uji Gasifikasi

- Persiapan Sampel: Menyiapkan biomassa dengan kadar air yang sesuai. Pengeringan dan persiapan bahan bakar sangat penting untuk memastikan bahwa hasil pembakaran optimal.
- Kontrol Variabel Proses: Mengontrol kondisi reaktor, seperti kebersihan, kondisi blower, serta pemantauan temperatur (500°C atau lebih), dan penggunaan sensor untuk mengukur komposisi gas.
- Pengukuran Data: Data komposisi gas diukur secara bertahap setiap 5 menit setelah kondisi steady (kira-kira 15 menit setelah penyalaan). Hasilnya disajikan dalam bentuk file Excel yang berasal dari sensor yang disambungkan ke komputer.

Pengujian Nilai Kalor:

- Setelah pembakaran dilakukan, biomassa diolah menjadi arang, dihaluskan, dan dibentuk menjadi pil yang kemudian diuji menggunakan alat kalorimeter bom.
- Prosedur Uji Nilai Kalor: Pil arang dimasukkan ke dalam tabung, dioksigenasi, dan diuji untuk mengukur kenaikan suhu yang disebabkan oleh pembakaran pil tersebut. Data suhu diambil selama 5 menit setelah tombol pemboman dilepas untuk mendapatkan data nilai kalor biomassa tersebut.

Analisis Data Kuantitatif:

Hasil pengujian berupa nilai komposisi gas dan laju pembakaran serta hasil nilai kalor dianalisis menggunakan metode statistik untuk mengevaluasi perbedaan performa dari berbagai bahan bakar biomassa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN**3.1 Hasil Pengujian Laju Konsumsi Bahan Bakar**

Pengujian laju pembakaran limbah organik menggunakan Reaktor downdraft gasifier dimana massa bahan bakar yang digunakan 5 kg. Artinya semakin besar nilai laju pembakaran, maka semakin cepat limbah organik tersebut untuk habis. Laju pembakaran dari limbah organik tempurung kelapa, cangkang kemiri, tongkol jagung dan kayu lamtoro dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Tabel Laju pembakaran tempurung kelapa, cangkang kemiri, tongkol jagung dan kayu lamtoro

No	Limbah Oganik	Massa (gram)	Waktu keseluruhan menjadi abu (Menit)	Nilai Laju Pembakaran (gram /menit)
1	Tempurung Kelapa	5000	180,316	27,72909781
2	Cangkang Kemiri	5000	75,366	66,34291325
3	Tongkol Jagung	5000	216,316	23,11433274
4	Kayu Lamtoro	5000	145,683	34,32109443

Pada hasil grafik diatas dapat dijelaskan bahwa lama nyala dari arang tempurung kelapa, cangkang kemiri, kayu lamtoro, dan tongkol jagung dengan menggunakan reaktor gasifikasi tipe downdraft gasifier, dimana pada sampel tempurung kelapa mendapatkan hasil lama nyala 180,316 menit, sampel cangkang kemiri mendapatkan hasil lama nyala 75,366 menit, sampel kayu lamtoro mendapatkan hasil lama nyala 154,683 menit, sampel tongkol jagung mendapatkan hasil lama nyala 216,316 menit.

3.2 Hasil Pengujian Nilai Kalor

Pengujian Kalor dari arang tempurung kelapa, cangkang kemiri, kayu lamtoro, dan tongkol jagung menggunakan alat bomb calorimeter, dimana massa bahan bakar biobriket digunakan 1 gram setelah itu akan dibuat menjadi pelet sehingga massa terjadi perubahan pada beratnya karena adanya tekanan dari alat press pelet tersebut, 11 (Natrium karbonat) digunakan sebanyak 2 ml dan panjang fuse wire digunakan 10 cm.

Tabel 2 Hasil Pengujian Nilai Kalor

Sampel	T(Perubahan Suhu)·C	Massa Sampel (gr)	Panjang Fuse wire yang Terbakar
Tempurung Kelapa	0,24°C	0,98 gr	10 cm
Cangkang Kemiri	1,69° C	1,02 gr	10 cm
Kayu Lamtoro	1,8° C	1 gr	10 cm
Tongkol Jagung	0,11° C	1,02 gr	4,3 cm

**Gambar 1** Proses Pembuatan Pelet**Gambar 2** Pengujian Nilai Kalor Menggunakan Alat Bomb Calorimeter

3.3. Perancangan Prototipe Reaktor Biogas

Analisis Komposisi Gas

Dari hasil pengujian ke empat bahan tersebut dan di hasilkan bahwa Komposisi gas Kayu lamtoro lebih baik

Tabel 3 Nilai Rata-rata Pengujian Komposisi Gas

No	Limbah Oganik	H ₂ (%)	O ₂ (%)	CH ₄ (%)	CO (%)	CO ₂ (%)	N ₂
1	Tempurung Kelapa	12,46497781	8,868581501	7,88586769	0,567976773	0	70,21259623
2	Cangkang Kemiri	13,01172615	6,374492863	4,059696093	0,056670049	0	76,49741485
3	Tongkol Jagung	9,305951754	2,619456628	8,032962232	10,71272417	0,078436944	69,25046827
4	Kayu Lamtoro	15,95055367	5,221570363	7,32419383	0,057948919	0	71,44573322

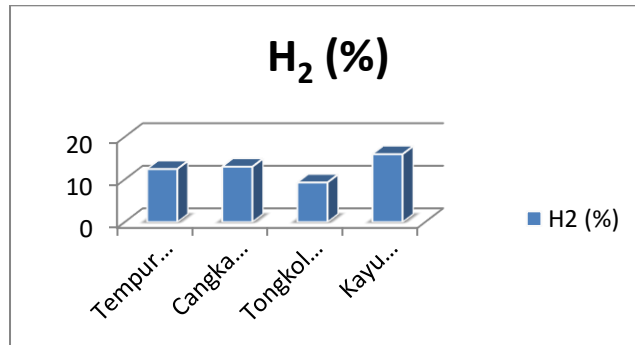
Komposisi produser gas yang terdapat pada Tabel 5.5 merupakan persentase (%) rata-rata selama satu jam pengujian yang terbaca pada gas analyzer secara real time. Berdasarkan hasil pengujian maka gas analyzer dapat mengukur H₂, O₂, CH₄, CO, dan CO₂ dengan satuan persen (%). Sedangkan nitrogen (N₂) ditentukan dari pengurangan semua komponen-komponen dari 100% dengan asumsi terdapatnya gas-gas lain diabaikan. Selama proses pengujian syngas pada sistem dual fuel diperoleh beberapa kondisi persentase komposisi gas yang fluktuatif dengan interval yang cukup signifikan misalnya berturut turut kosentrasi.

1. Persentase Kandungan H₂

Tabel 4 Persentase kandungan H_2

No	Limbah Oganik	H_2 (%)
1	Tempurung Kelapa	12,46497781
2	Cangkang Kemiri	13,01172615
3	Tongkol Jagung	9,305951754
4	Kayu Lamtoro	15,95055367

Hasil perhitungan nilai Rata-rata dari tempurung kelapa, cangkang kemiri, tongkol jagung, kayu lamtoro dapat disimpulkan dengan grafik berikut ini :

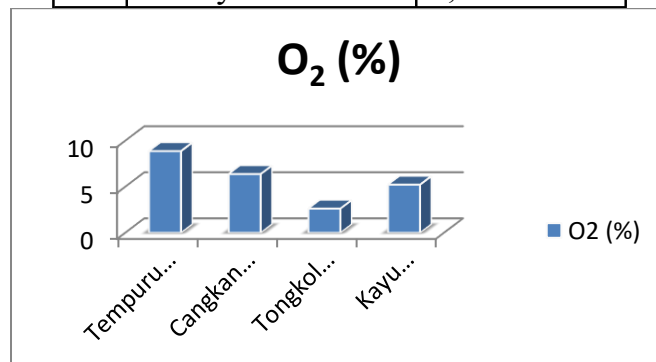
**Gambar 3.** Diagram Hasil persentase nilai rata-rata H_2

Berdasarkan Grafik diatas dijelaskan bahwa nilai Rata-rata H_2 dari pengujian tempurung kelapa, cangkang kemiri, tongkol jagung, dan kayu lamtoro menggunakan reaktor tipe downdraft gasifier. Nilai rata-rata H_2 yang didapatkan dari hasil pengujian Tempurung kelapa 12,46%, Cangkang kemiri 13,01%, tongkol jagung 9,3%, kayu lamtoro 15,95%. Dari hasil penelitian nilai H_2 tertinggi dari beberapa sampel tersebut di dapatkan Kayu lamtoro dengan persentase tertinggi 15,95%.

2. Persentase Nilai O_2

Tabel 5. Persentase kandungan O_2

No	Limbah Oganik	O_2 (%)
1	Tempurung Kelapa	8,868581501
2	Cangkang Kemiri	6,374492863
3	Tongkol Jagung	2,619456628
4	Kayu Lamtoro	5,221570363

**Gambar 4.** Diagram Hasil persentase nilai rata-rata O_2

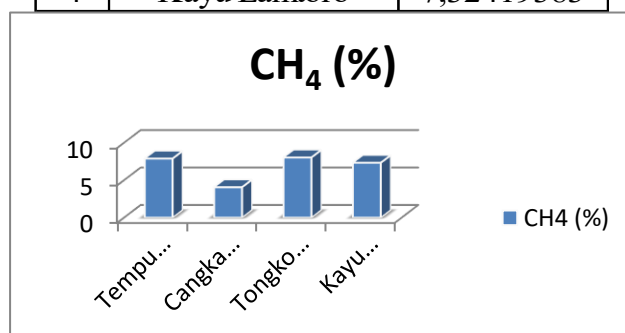
Berdasarkan Grafik diatas dijelaskan bahwa nilai Rata-rata O_2 dari pengujian tempurung kelapa, cangkang kemiri, tongkol jagung, dan kayu lamtoro menggunakan reaktor tipe downdraft gasifier. Nilai

rata-rata O_2 yang didapatkan dari hasil pengujian Tempurung kelapa 8,86%, Cangkang kemiri 6,37%, tongkol jagung 2,61%, kayu lamtoro 5,22%. Dari hasil penelitian nilai O_2 tertinggi dari beberapa sampel tersebut di dapatkan Tempurung kelapa dengan persentase tertinggi 8,86%.

3. Persentase Nilai CH_4

Tabel 6 Persentase kandungan CH_4

No	Limbah Oganik	CH_4 (%)
1	Tempurung Kelapa	7,88586769
2	Cangkang Kemiri	4,059696093
3	Tongkol Jagung	8,032962232
4	Kayu Lamtoro	7,32419383



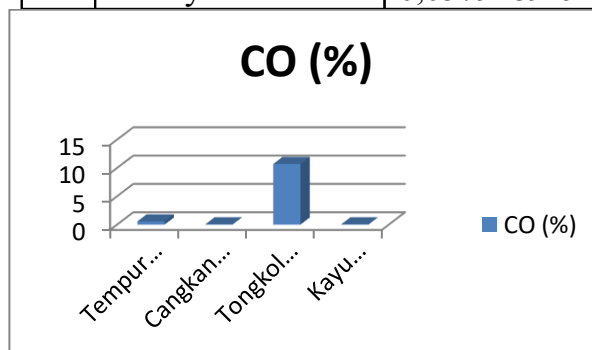
Gambar 5 Diagram Hasil persentase nilai rata-rata CH_4

Berdasarkan Grafik diatas dijelaskan bahwa nilai Rata-rata CH_4 dari pengujian tempurung kelapa, cangkang kemiri, tongkol jagung, dan kayu lamtoro menggunakan reaktor tipe downdraft gasifier. Nilai rata-rata CH_4 yang didapatkan dari hasil pengujian Tempurung kelapa 7,88%, Cangkang kemiri 4,05%, tongkol jagung 8,03%, kayu lamtoro 7,32%. Dari hasil penelitian nilai CH_4 tertinggi dari beberapa sampel tersebut di dapatkan Tempurung kelapa dengan persentase tertinggi 8,03%.

4. Persentase Nilai CO

Tabel 7 Persentase kandungan CO

No	Limbah Oganik	CO (%)
1	Tempurung Kelapa	0,567976773
2	Cangkang Kemiri	0,056670049
3	Tongkol Jagung	10,71272417
4	Kayu Lamtoro	0,057948919



Gambar 6. Diagram Hasil persentase nilai rata-rata CO

Berdasarkan Grafik diatas dijelaskan bahwa nilai Rata-rata CO dari pengujian tempurung kelapa, cangkang kemiri, tongkol jagung, dan kayu lamtoro menggunakan reaktor tipe downdraft gasifier. Nilai

rata-rata CO yang didapatkan dari hasil pengujian Tempurung kelapa 0,56%, Cangkang kemiri 0,05%, tongkol jagung 10,71%, kayu lamtoro 0,05%. Dari hasil penelitian nilai CO tertinggi dari beberapa sampel tersebut di dapatkan tongkol jagung dengan persentase tertinggi 10,71%.

5. Persentase Nilai CO₂

Tabel 8 Persentase kandungan CO₂

No	Limbah Oganik	CO2 (%)
1	Tempurung Kelapa	0
2	Cangkang Kemiri	0
3	Tongkol Jagung	0,078436944
4	Kayu Lamtoro	0

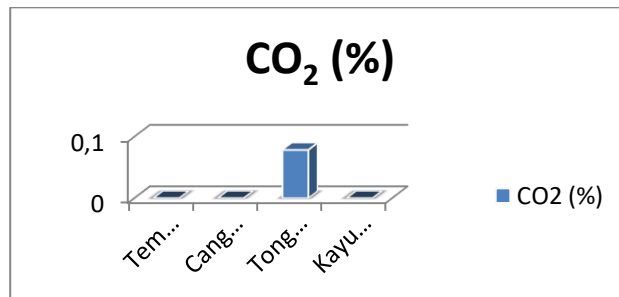


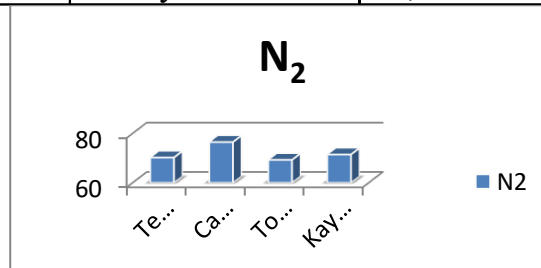
Diagram 7 Hasil persentase nilai rata-rata CO₂

Berdasarkan Grafik diatas dijelaskan bahwa nilai Rata-rata CO₂ dari pengujian tempurung kelapa, cangkang kemiri, tongkol jagung, dan kayu lamtoro menggunakan reaktor tipe downdraft gasifier. Nilai rata-rata CO₂ yang didapatkan dari hasil pengujian Tempurung kelapa 0%, Cangkang kemiri 0%, tongkol jagung 0,07%, kayu lamtoro 0%. Dari hasil penelitian nilai CO₂ tertinggi dari beberapa sampel tersebut di dapatkan tongkol jagung dengan persentase tertinggi 0,07%.

6. Persentase Nilai N₂

Tabel 9 Persentase kandungan N₂

No	Limbah Oganik	N2
1	Tempurung Kelapa	70,21259623
2	Cangkang Kemiri	76,49741485
3	Tongkol Jagung	69,25046827
4	Kayu Lamtoro	71,44573322



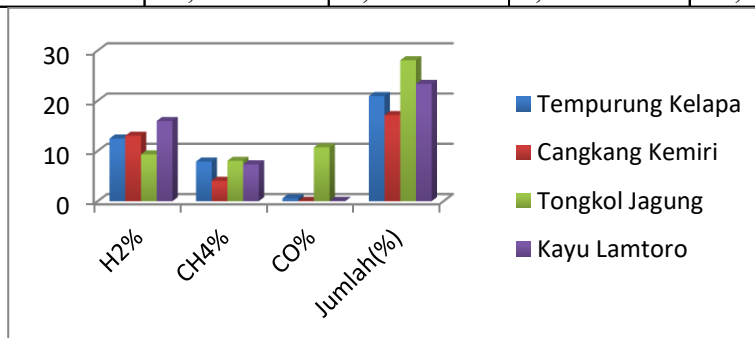
Gambar 8. Diaram Hasil persentase nilai rata-rata N₂

Berdasarkan Grafik diatas dijelaskan bahwa nilai Rata-rata N_2 dari pengujian tempurung kelapa, cangkang kemiri, tongkol jagung, dan kayu lamtoro menggunakan reaktor tipe downdraft gasifier. Nilai rata-rata N_2 yang didapatkan dari hasil pengujian Tempurung kelapa 70,21%, Cangkang kemiri 76,49%, tongkol jagung 69,25%, kayu lamtoro 71,44%. Dari hasil penelitian nilai N_2 tertinggi dari beberapa sampel tersebut di dapatkan cangkang kemiri dengan persentase tertinggi 76,49%.

Proses gasifikasi akan menghasilkan beberapa komposisi gas mampu nyala yang terkandung di dalam sampel gas hasil penelitian, diantaranya CO , H_2 dan CH_4 dengan persentase lebih rendah dari gas yang tidak mampu nyala. Jumlah fix karbon yang terdapat pada bahan bakar berbanding lurus dengan peningkatan jumlah gas mampu nyala selama proses gasifikasi (I Putu Angga Sukma Primantara, 2014).

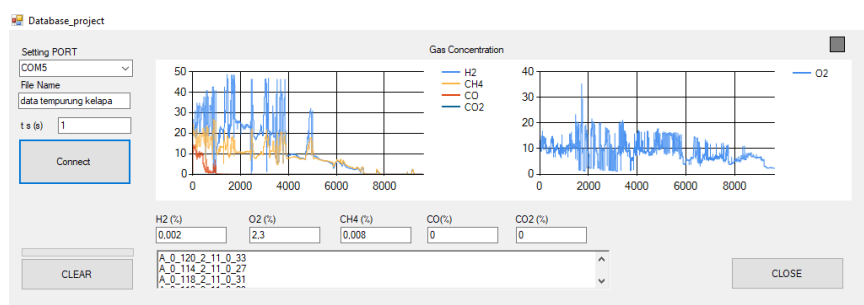
Tabel 10 Nilai rata-rata komposisi gas yang mampu nyala pada proses gasifikasi

No	Limbah Oganik	$H_2\%$	$CH_4\%$	$CO\%$	Jumlah(%)
1	Tempurung Kelapa	12,46497781	7,88586769	0,567976773	20,91882227
2	Cangkang Kemiri	13,01172615	4,059696093	0,056670049	17,12809229
3	Tongkol Jagung	9,305951754	8,032962232	10,71272417	28,05163816
4	Kayu Lamtoro	15,95055367	7,32419383	0,057948919	23,33269642

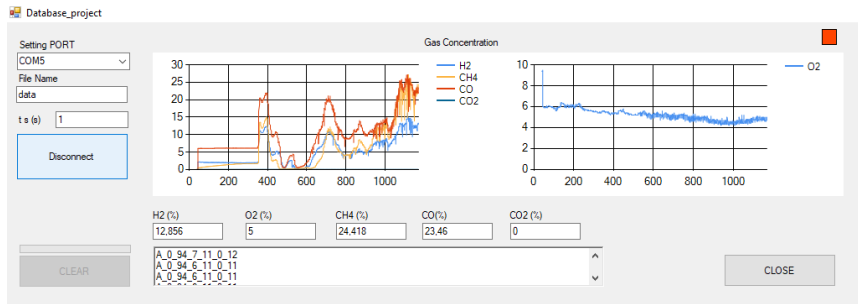


Gambar 9 Diagram Nilai rata-rata komposisi gas yang mampu nyala pada proses gasifikasi

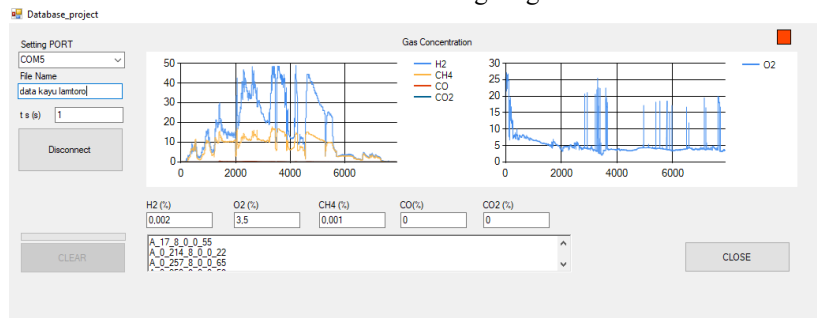
Berdasarkan Grafik diatas dijelaskan bahwa nilai Rata-rata komposisi gas yang mampu nyala pada proses gasifikasi dari pengujian tempurung kelapa, cangkang kemiri, tongkol jagung, dan kayu lamtoro menggunakan reaktor tipe downdraft gasifier. Nilai rata-rata H_2 , CH_4 , dan CO yang didapatkan dari hasil pengujian Tempurung kelapa 20,91%, Cangkang kemiri 17,12%, tongkol jagung 28,05%, kayu lamtoro 23,33%. Dari hasil penelitian nilai rata-rata dari H_2 , CH_4 , dan CO tertinggi dari beberapa sampel tersebut di dapatkan tongkol jagung dengan persentase tertinggi 28,05%.



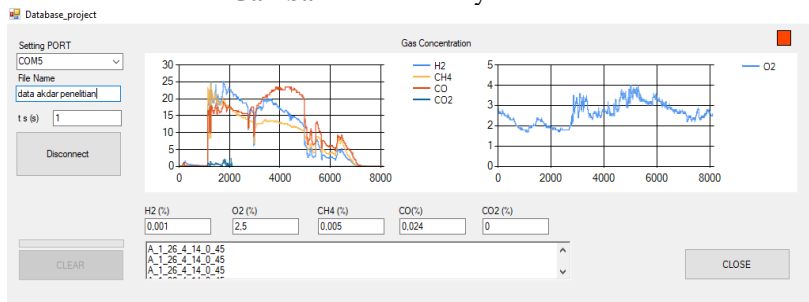
Gambar 10 Grafik Tempurung kelapa



Gambar 11 Grafik Cangkang Kemiri



Gambar 12 Grafik Kayu Lamtoro



Gambar 13 Grafik Tongkol Jagung

Analisis Pengujian Laju konsumsi Bahan Bakar

Berdasarkan tabel hasil pengujian laju pembakaran dari tempurung kelapa, cangkang kemiri, kayu lamtoro, dan tongkol jagung menggunakan reaktor gasifikasi tipe downdraft gasifier, dimana rata – rata massa bahan bakar awal yang digunakan di dapatkan, sehingga massa bahan bakar yang terbakar (m) yang didapatkan dengan mengurangi massa bahan bakar awal dengan massa bahan bakar sisa. Maka laju pembakaran biobriket dari arang bambu dan tempurung kelapa menggunakan perekat tepung tapioka dan tepung sagu dengan kompor biomassa dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3 diketahui :

$$\text{Laju pembakaran} = \frac{m}{t}$$

$$\text{Sampel 1} = \frac{5000}{180,316} = 27,72 \text{ gram/menit}$$

Tabel 12 Nilai Hasil Pengujian Laju Komsumsi Bahan Bakar

No	Limbah Oganik	Massa (gram)	Waktu keseluruhan menjadi abu (Menit)	Nilai Laju Pembakaran (gram /menit)
1	Tempurung Kelapa	5000	180,316	27,72909781
2	Cangkang Kemiri	5000	75,366	66,34291325
3	Tongkol Jagung	5000	216,316	23,11433274
4	Kayu Lamtoro	5000	145,683	34,32109443

Hasil perhitungan laju pembakaran tempurung kelapa, cangkang kemiri, kayu lamtoro, dan tongkol jagung menggunakan reaktor gasifikasi tipe downdraft gasifier dapat disimpulkan pada grafik berikut ini :

**Gambar 14** Nilai Laju Pembakaran

Pada grafik diatas dijelaskan bahwa laju pembakaran tempurung kelapa, cangkang kemiri, kayu lamtoro, dan tongkol jagung menggunakan reaktor gasifikasi tipe downdraft gasifier, dimana pada sampel tempurung kelapa mendapatkan hasil pembakaran 27,72 gram/menit, sampel cangkang kemiri mendapatkan hasil pembakaran 66,34 gram/menit, sampel kayu lamtoro mendapatkan hasil 34,32 gram/menit, sampel tongkol jagung mendapatkan hasil 23,11 gram/menit.

Analisis Pengujian Nilai Kalor

Nilai kalor adalah jumlah satuan panas yang dihasilkan per satuan bobot dari proses pembakaran cukup oksigen dari suatu bahan yang mudah terbakar. Setelah mendapatkan data berupa nilai perubahan suhu pada pengujian briket menggunakan bomb calorimeter maka, Nilai kalor dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2 dimana diketahui :

$$Hg = \frac{Tw - I1 - I2 - I3}{m}$$

Dengan :

Hg = Kalori per gram (kalori/g)

T = Kenaikan temperatur pada thermometer

w = 2426 kalori/0C

I1 = ml Natrium karbonat yang terpakai untuk titrasi

I2 = 13,7 x 1,02 x berat sampel

I3 = 2,3 x panjang fuse wire yang terbakar

m = berat sampel (g)

Berdasarkan Data Hasil Pengujian Kalor menggunakan bomb calorimeter, dimana kenaikan suhu pada termometer (T) didapatkan nilai 0,24°C, untuk cairan titrasinya (I1) diberi sebanyak 2 ml, untuk berat sampel didapatkan 0,98 gram dan untuk panjang fuse wire yang terbakar sepanjang 10 cm, maka besarnya nilai kalor dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2 dimana :

$$Hg = \frac{Tw - I1 - I2 - I3}{m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sampel 1} &= \frac{(0,24 \times 2426) - 2 - (1,37 \times 1,02 \times 0,98) - (2,3 \times 10)}{0,98} \\
 &= \frac{582,24 - 2 - 1,369452 - 23}{0,98} \\
 &= \frac{555,870548}{0,98} \\
 &= 567,214 \text{ Kalori/gram}
 \end{aligned}$$

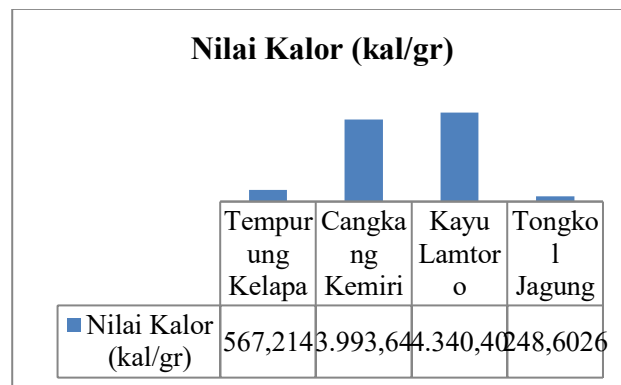
Berdasarkan perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai kalor yang dihasilkan oleh sampel 1 adalah 567,214 kalori/gram atau setiap satu kilogram biobriket sampel 1 dapat menghasilkan 567,214 kkal namun kalor untuk sampel 1 belum memenuhi SNI 01-6235-2000 dimana minimum kalor yang ditentukan yaitu 5000 Kal/g.

Adapun untuk hasil perhitungan nilai kalor yang dihitung menggunakan persamaan 2.2 dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 13 Hasil Perhitungan Nilai Kalor

Sampel	Masa Sampel (gr)	Tw (kalori/°C)	I1 (ml)	I2 (gr)	I3(cm)	Nilai Kalor (kal/gr)
Tempurung Kelapa	0,98 gr	582,24	2	1,369452	23	567,214
Cangkang Kemiri	1,02 gr	4.099,94	2	1,425348	23	3.993,64
Kayu Lamtoro	1 gr	4.366,80	2	1,3974	23	4.340,40
Tongkol Jagung	1,02 gr	266,86	2	1,425348	9,89	248,6026

Hasil perhitungan nilai kalor tempurung kelapa, cangkang kemiri, kayu lamtoo, dan tongkol jagung dapat disimpulkan dengan grafik berikut ini :



Gambar 15 Diagram Hasil Perhitungan Nilai Kalor

Berdasarkan Grafik diatas dijelaskan bahwa nilai kalor dengan pengujian bomb calorimeter pada sampel 1 didapatkan 567,214 kal/gram, nilai kalor pada sampel 2 didapatkan 3.993,64 kal/gram, nilai kalor pada sampel 3 didapatkan 4.340,40 kal/gram, nilai kalor pada sampel 4 didapatkan 248,6026 kal/gram. Nilai kalor yang didapatkan dari hasil pengujian menggunakan bomb calorimeter terdapat beberapa sampel yang telah memenuhi syarat SNI 01-6235-2000 dimana pada sampel 3 nilai kalor yang didapatkan 4.340,40 kal/gram merupakan nilai kalor tertinggi dari beberapa sampel tersebut.

3.4. Komposisi Gas

Pengujian Komposisi gas menggunakan reaktor downdraft gasifier dimana massa bahan bakar yang digunakan adalah 5 kg limbah organik

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Komposisi gas terbaik dari pengujian menggunakan alat gasifikasi tipe downdraft gasifier diperoleh dari pembakaran tongkol jagung, dengan nilai rata-rata gas H₂, CH₄, dan CO sebesar 28,05%.
2. Pada pengujian laju konsumsi bahan bakar, dengan menggunakan sampel masing-masing 5000 gram, laju pembakaran terlama terjadi pada sampel tongkol jagung, yaitu 23,11 gram/menit.
3. Hasil pengujian nilai kalor menggunakan Bomb Calorimeter menunjukkan dua sampel memenuhi standar SNI 01-6235-2000, dengan nilai kalor minimum 3.993,64 kal/gram. Nilai kalor tertinggi ditemukan pada sampel kayu lamtoro (100 gram), mencapai 4.340,40 kal/gram.

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian ini:

1. Diperlukan pengujian kadar air terlebih dahulu
2. Agar mengkopel secara langsung pada mesin diesel yang akan memutar generator listrik.
3. Pada penelitian selanjutnya dapat mengukur luaran listrik yang di hasilkan dari proses gasifikasi

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Mahardika, F. D. (2022). Pengaruh Putaran Exhauster Terhadap Karakteristik Dan Persentase Kandungan Syngas Hasil Gasifikasi Cangkang Kemiri Dengan Reaktor Updraft Gasifier. 10(01): 61-68.
- (2) Irawan, B., Amir, N., dan Budiarto, K. (2021). Pengembangan Gasifikasi Tongkol Jagung untuk Meningkatkan Performa Reaktor Downdraft dengan Masukan Dua Udara Bertingkat. *Journal of Science and Technology*, 14(1): 49-56.
- (3) Putra, A. P., Susila, I. W. (2020). Pengaruh Variasi Laju Aliran Udara Pada Updraft Gasifier Sistem Semi Kontinyu Terhadap Kualitas Nyala Api Syn Gas Pada Gasifikasi Biomassa Limbah Cangkang Kemiri. 08(02): 41-48.
- (4) Djafar, R., Ginting, S. A. Uji Kinerja Mesin Diesel Generator Menggunakan Bahan Bakar Mode Sistem Dual Fuel Solar Dan Syngas Hasil Gasifikasi Dari Tongkol Jagung. *Jtech*, 7(2): 92-98
- (5) Djafar, R., Darise, F. Pengaruh Jumlah Aliran Udara Terhadap Nyala Api Efektif Dari Reaktor Gasifikasi Biomassa Tipe Fixed Bed Downdraft Menggunakan Bahan Bakar Tongkol Jagung. *Jtech*, 6(2): 94-100.
- (6) Primantara, P. A. S., Winaya, I. N. S., Widiyarta, I. M. (2014). Fluidized Bed Gasification Berbahan Bakar Biomassa Dan Batubara Dengan Variasi Komposisi Bahan Bakar. *Jurnal Logic*, 14(3): 177-183.
- (7) Abineno, J. C., Koyle, J. A., (2018). Gasifikasi Limbah Tempurung Kemiri Sebagai Energi Alternatif Menggunakan Updraft Gasifier Pada Laju Aliranudara Berbeda. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 7(3):175-180.
- (8) Pratama, I., Suwandi., Nurwulan F. (2021). Pengaruh Tinggi Gasifier Terhadap Kinerja Yang Dihasilkan Kompor Gasifikasi Tipe Downdraft The Effect Of The Height Of The Gasifier On The Performance Of Downdraft Type Gasification Stoves. *e-Proceeding of Engineering*, 8(2): 1869-1875.
- (9) Kurniawan, H. D. C., Susila, I. W. (2012). Pengaruh Ukuran Cangkang Kemiri Pada Proses Gasifikasi Terhadap Performa Gasifier Tipe Updraft. *JTM*, 09(01): 109-116.
- (10) Rahinwari, B. U., Susila, I. W. (2021). Pengaruh Ukuran Lubang Nozzle Air Terhadap Nyala Api Pada Gasifikasi Biomassa Cangkang Kemiri. *JTM*, 09(02): 11-16.
- (11) Gorontalo, B. P. *Luas Panen dan Luas Tanam Jagung Menurut Kabupaten/Kota (Hektar), 2019-2021*. <https://gorontalo.bps.go.id/>. Di akses pada Selasa, 17 November 2023. <https://gorontalo.bps.go.id/indicator/53/329/1/luas-panen-dan-luas-tanam-jagung-menurut-kabupaten-kota.html>.
- (12) Primantoro, A. Y. *Gorontalo Bangun Taman Kelapa Dunia Pertama di Indonesia*. <https://www.kompas.id/>. Di akses pada Selasa, 17 November 2023.