

Pengaruh Kombinasi Cangkang Kemiri Dengan Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Kalor Briket

The Effect of the Combination of Candlenut Shells and Shells Coconut Against Calorific Value of Briquettes

Muhammad Idris¹, Indra Hermawan¹, Verianto Sihombing^{1*}

¹ Teknik Mesin, Universitas Medan Area, Jalan Kolam No 1 Medan Estate, Indonesia

*Corresponding author: verianto96sihombing@gmail.com

Diterima: 25-08-2022

Disetujui: 23-09-2022

Dipublikasikan: 30-09-2022

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Permintaan energi di dunia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi. Biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang berasal dari makhluk hidup yang meliputi tumbuh-tumbuhan, hewan dan produk sampingnya seperti sampah kebun, hasil panen dan sebagainya. Massa 0,0002 kg merupakan massa briket yang diizinkan pada alat uji bom kalorimeter, pengujian dilakukan sebanyak Sembilan kali percobaan pada masing-masing variasi campuran, dimana ada tiga variasi campuran dalam pengujian yaitu level 1 variasi campuran 25% arang cangkang kemiri, 65% arang tempurung kelapa dan 10% tepung kanji, level 2 variasi campuran 65% arang cangkang kemiri, 25% arang tempurung kelapa dan 10% tepung kanji, level 3 variasi campuran 45% arang cangkang kemiri, 45% arang tempurung kelapa dan 10% tepung kanji. Briket adalah bahan bakar yang dipadatkan dan dibentuk dalam cetakan. Hasil data analisis diperoleh menggunakan Minitab20 dengan optimasi produk metode Taguchi. Nilai LHV optimum briket yang direkomendasikan Taguchi didapat dari briket variasi campuran level 2 yaitu 65% arang cangkang kemiri dan 25% arang tempurung kelapa dengan konsentrasi perekat 10%, diperoleh kalor sebesar 23884,252 kJ/kg terhadap uncontrol factor pada saat pengeringan briket yaitu kecepatan angin 0,5 m/s, temperatur lingkungan 37,4 °C, dengan kelembaban udara 46% sedangkan pada pengamatan pengujian di laboratorium nilai LHV optimum berada pada briket variasi campuran level 3 dengan perolehan nilai sebesar 32054,208 kJ/kg dengan variasi campuran yaitu 45% cangkang kemiri dan 45% arang tempurung kelapa dengan konsentrasi perekat 10% tepung kanji.

Kata Kunci: Biomassa, Cangkang Kemiri, Tempurung Kelapa, Nilai kalor Briket

Abstract

Energy demand in the world continues to increase in line with population growth and economic growth. Biomass is a renewable energy source that comes from living things which include plants, animals and their by-products such as garden waste, crops and so on. The mass of 0.0002 kg is the mass of the briquettes allowed on the bomb calorimeter test equipment, the test was carried out nine times for each variation of the mixture, where there were three variations of the mixture in the test, namely level 1 variation of the mixture of 25% candlenut shell charcoal, 65% coconut shell charcoal and 10% starch, level 2 variation mix 65% candlenut shell charcoal, 25% coconut shell charcoal and 10% starch, level 3 mixed variation 45% candlenut shell charcoal, 45% coconut shell charcoal and 10% starch. Briquettes are fuel that is compacted and formed in molds. The results of the analysis data were obtained using Minitab20 with product optimization of the Taguchi method. The optimum LHV value of the briquettes recommended by Taguchi was obtained from the mixed variation level 2 briquettes, namely 65% candlenut shell charcoal and 25% coconut shell charcoal with an adhesive concentration of 10%, obtained a heat of 23884.252 kJ/kg against the uncontrol factor during briquette drying, namely speed wind 0.5 m/s, ambient temperature 37.4 °C, with air humidity 46% while in laboratory observations the optimum LHV value was in level 3 mixed variation briquettes with a value of 32054.208 kJ/kg with mixed variations namely 45% candlenut shell and 45% coconut shell charcoal with an adhesive concentration of 10% starch.

Keywords: Biomass, Pecan Shell, Coconut Shell, Calorific Value Briquettes

1. Pendahuluan

Permintaan energi di dunia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi. Untuk menghasilkan energi yang di perlukan serta untuk memasok permintaan energi yang semakin meningkat dan juga untuk mematuhi peraturan yang terkait dengan lingkungan polusi mental, penggunaan biomassa sebagai sumber energi terbarukan menjadi lebih banyak dan lebih penting (Hani and Hailat 2016). Salah satu cara penting untuk membatasi deforestasi dan melindungi lingkungan adalah dengan membuat briket limbah pertanian dan biomassa lainnya (Kpelou et al. 2019). Penggunaan sumber energi alternatif sangat penting untuk terus memenuhi kebutuhan energi global sambil melestarikan lingkungan (Ba, Ndiaye, and Youm 2019). Amerika serikat dan Negara-negara Eropa telah membentuk kelompok tugas pengembangan teknologi pirolisis sebagai tugas 34 Bioenergi, Badan Energi Internasional (IEA) sejak tahun 1995 dan tugas tersebut masih berlanjut hingga sekarang (Ridhuan et al. 2019). Komposisi elementer biomassa kira-kira 53% karbon, 6% hydrogen, dan 42% oksigen, serta sedikit nitrogen, fosfor dan belerang (biasanya masing-masing kurang dari 1%). Biomassa tersebut dapat diolah menjadi bioarang, yang merupakan bahan bakar dengan tingkat nilai kalor yang cukup tinggi dan dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Gde Gianyar, Nurchayati, and Padang 2012). Semakin rendah kadar abu, air dan zat terbang serta semakin tinggi kandungan karbon tetapnya maka semakin tinggi kualitas arang (Tumbel, Makalalag, and Manurung 2019).

Biomassa dapat diubah menjadi energi (panas atau listrik) atau pembawa energi (arang, minyak, dan gas) dengan menggunakan teknologi termokimia dan biokimia (Gravalos et al. 2016). Selain dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar padat, biomassa juga dapat diolah menjadi berbagai jenis biofuel. Biofuel dapat di produksi dalam tiga jenis yang berbeda yaitu: padat (biochar), cair (bioethanol, biodiesel) dan gas (biohidrogen, biogas). Pada zaman sekarang ini biofuel merupakan bahan bakar alternatif yang mempunyai peranan penting karena dapat mengurangi emisi gas dan meningkatkan ketahanan energi (Basu 2013). Energi biomassa merupakan sumber energi yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diregenerasi untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif (Sudirman and Santoso 2021). Menurut Hornell (2001), komponen penyusun biomassa itu sendiri terdiri dari selulosa, hermiselulosa dan lignin. Perbandingan ketiga unsur tersebut adalah selulosa 40-45% (untuk tanaman kasar dan halus), lignin 25-35% (untuk tanaman halus) dan 17-25% (untuk tanaman kasar), hemiselulosa 20% (untuk tanaman halus) dan 17 -25% (tanaman kasar) (Ridhuan et al. 2019). Briket adalah bahan bakar yang telah dipadatkan dan dicetak dalam suatu cetakan. Briket dapat berbentuk kubus atau silinder dengan berbagai ukuran. Briket biasanya dibuat dari limbah atau bio-waste dari limbah pertanian yang sudah tidak terpakai lagi (Almu, Syahrul, and Padang 2014).

Briket arang dibuat dengan cara mencampurkan bahan-bahan yang berkadar karbon tinggi dan mencetaknya pada tekanan tertentu kemudian dikeringkan pada suhu tertentu supaya kadar airnya serendah mungkin serta memiliki densitas dan nilai kalor yang tinggi dengan emisi gas buang yang minimal (Qistina, Sukandar, and Trilaksono 2016). Perekat yang biasa digunakan dalam pembuatan briket adalah tepung tapioka dan sagu (Kurniati, Rezki 2019). Di Indonesia, kemiri dikenal dengan banyak nama. Diantaranya, kembiri, gambiri, hambiri (Batak), kemili (Gayo), kemiling (Lampung), buah kare (Minangkabau, Nias), keminting (Dayak), muncang (Sunda), miri (Jawa). Pohon ini juga dikenal sebagai pohon cucut atau pohon pernis (Barus 2017). Biji kemiri diolah menjadi cangkang kemiri. Setiap kilogram biji kemiri akan menghasilkan 30% kernel dan 70% cangkang (Gianyar, Nurchayati & Padang, 2012). Jika dibandingkan dengan tempurung kelapa dan tempurung kelapa sawit yang keduanya kurang

dari 30%, persentase massa buah kemiri dalam tempurungnya adalah 64,57%, yang sangat tinggi (Prabarini & Okadyana, 2012).

Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya pemanfaatan cangkang untuk mencegah pemborosan (RI 2019),(Mudaim and Hidayat 2021). Menurut penelitian Esmar (2011: 25–29), susunan kimia tempurung kelapa adalah sebagai berikut: 74,3% karbon, 21,9% oksigen, 0,2% silikon, 1,4% kalium, dan 0,5% belerang. Berdasarkan kandungan kimia tersebut, tempurung kelapa berpeluang sebagai bahan bakar dan sumber karbon aktif (Sudirman and Santoso 2021). Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian yaitu: 1. Menganalisis nilai kalor optimum briket terhadap persentase campuran, temperature lingkungan, kecepatan angin dan kelembaban udara dari kombinasi biomassa cangkang kemiri dan tempurung kelapa. 2. Menganalisis nilai kadar air, abu dan densitas briket dari kombinasi biomassa tersebut. Penulis berasumsi bahwa penelitian ini, menghasilkan nilai kalor briket yang tinggi dibandingkan dengan penelitian briket sebelumnya guna memenuhi kebutuhan energi.

1.1. Nilai Kalor

Bomb calorimeter merupakan alat yang digunakan dalam pengujian nilai kalor dengan prosedur ASTM D2015. Analisa nilai kalor dengan *oxygen automatic bomb calorimeter* untuk briket bioarang yang masih mengandung air yaitu *Gross Energy* (GE) atau nilai kalor bruto menggunakan persamaan:

$$HHV = (T_2 - T_1 - T_{kp}) \times C_v \text{ (kJ/kg)} \quad (1)$$

Dimana:

T_{kp} = 0,05 (°C) kenaikan temperatur oleh kawat penyalat

C_v = 73259,6 (kJ/kg/°C) kalor jenis bom kalorimeter.

T_1 = suhu awal (°C)

T_2 = suhu akhir (°C)

Sedangkan nilai kalor bawah/*Lower Heating Value* (LHV) dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$LHV = HHV - 3240 \quad (2)$$

1.2. Kadar Air

Kadar air dalam briket adalah perbandingan massa air yang terkandung dalam briket dengan berat briket kering. Semakin rendah kadar air maka semakin tinggi nilai kalor dan daya pembakarannya. Dan sebaliknya semakin tinggi kadar air maka semakin besar energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air. Perhitungan kadar air adalah dengan standar ASTM D 1762-84 pada persamaan berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \left(\frac{m_1 \text{ (kg)} - m_2 \text{ (kg)}}{m_1 \text{ (kg)}} \right) \times 100\% \quad (3)$$

Dimana:

m_1 = Massa awal briket (kg)

m_2 = Massa akhir setelah dikeringkan (kg)

1.3. Kadar Abu

Abu adalah sisa pembakaran dari arang, abu merupakan mineral seperti lempung, silika, kalsium serta magnesium oksida. Semakin besar kadar abu dalam briket berarti kualitasnya semakin tidak bagus dan juga kadar abu dapat menurunkan nilai kalor daripada briket. Prosedur perhitungan kadar abu adalah ASTM D 1762-84 pada persamaan berikut:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \left(\frac{m_1 \text{ (kg)}}{m_2 \text{ (kg)}} \right) \times 100\% \quad (4)$$

Dimana:

m_1 = Massa briket awal (kg)

m_2 = Massa abu total (kg)

1.4. Densitas

Massa jenis berhubungan dengan kerapatan, semakin tinggi nilai kerapatan semakin bagus kualitas briket dan juga akan semakin tinggi nilai kalor yang terdapat didalamnya. Massa jenis dihitung dengan cara membagi massa dan volume. Massa jenis juga berpengaruh terhadap tempat penyimpanan dan distribusi briket. Semakin tinggi massa jenis briket semakin kecil volume ruang yang dibutuhkan. pengujian massa jenis dilakukan dengan standar ASAE S269.2 DEC 96 dengan menggunakan metode pengukuran langsung pada persamaan berikut:

$$\text{Massa jenis } (\beta) = \frac{m}{v} \quad (5)$$

Dimana:

(β) = Massa jenis (kg/m³)

M = massa briket (kg)

v = volume (m³)

2. Metode Penelitian

Pengujian eksperimen dilakukan di Universitas Sumatera Utara Labolatorium Teknik Mesin yang beralamat di jalan Almamater, kampus USU, Kel. Padang Bulan, kec. Medan Baru, Kota Medan, Provinsi Sumatra Utara, 20155, Fax/Telp 0618212050/0618212050. Adapun alat yang digunakan seperti: Digital Anemometer, Bom Kalorimeter, Furnace, Timbangan Digital, Ayakan, Tungku, Lesung Kayu, Stopwach, dan Cetakan Briket. Sedangkan untuk bahan yang digunakan dalam pembuatan briket yaitu: Arang Cangkang Kemiri (1), Arang Tempurung Kelapa (2) dan Tepung Kanji (3), seperti ditunjukkan pada gambar dibawah:



Gambar 1. Arang Kemiri **Gambar 2.** Arang Tempurung Kelapa **Gambar 3.** Tepung Kanji

Adapun prosedur yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut. Proses Penyusunan yang meliputi tempurung kelapa dan kemiri diubah menjadi arang dengan tangan menggunakan tong, dibakar, lalu disegel hingga hampir tidak ada ventilasi di dalamnya. Prosedur ini dikenal sebagai pirolisis. Proses Penepung melibatkan menumbuk arang dalam mortar kayu hingga halus dan berbentuk seperti tepung setelah dibuat melalui pembakaran menggunakan proses pirolisis. Setelah arang dihaluskan kemudian melalui proses pengayakan untuk menghasilkan tepung arang tempurung kelapa yang lebih lembut dan ukurannya lebih halus. Arang yang terbuat dari batok kelapa ini disortir melalui saringan dengan ukuran mata jaring 70 mesh. Proses pencampuran bahan yaitu Tepung arang cangkang kemiri dan tepung arang tempurung kelapa ini lalu dicampur dengan menggunakan air dan tepung kanji. Dimana total massa tepung arang cangkang kemiri, tepung arang kelapa dan tepung kanji sebesar 0,8 kg

dalam satu variasi campuran (level) dan untuk massa air di luar dari pada massa total campuran, dimana massa air pada setiap level yaitu sebanyak 0,15 kg. Dalam eksperimen ini ada 3 variasi atau 3 level campuran yang akan diproduksi, Adapun persentase masing-masing campuran dari 0,8 kg untuk level 1 yaitu 25% (0,2 kg) tepung arang cangkang kemiri, 65% (0,52) tepung arang tempurung kelapa dan tepung kanji 10% (0,08 kg). Level 2 yaitu 65% (0,52 kg) tepung arang cangkang kemiri, 25% (0,2 kg) tepung arang tempurung kelapa dan 10% (0,08 kg) tepung kanji. Level 3 yaitu 45% (0,36 kg) tepung arang cangkang kemiri, 45% (0,36 kg) tepung arang tempurung kelapa dan 10% (0,08 kg) tepung kanji.

Selanjutnya tepung kanji campur dan aduk dengan air lalu panaskan campuran air dan tepung kanji hingga mengental berbentuk lendir atau lem. tahap selanjutnya campuran kedua tepung arang di aduk bersamaan dengan cairan lem dari campuran tepung kanji dan air. Lakukan pengadukan semua campuran selama 20 menit hingga tercampur dengan merata dan berbentuk seperti adonan. Proses pencetakan yaitu adonan tersebut dicetak pada cetakan briket dengan bentuk cetakan yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran tiap-tiap sisi kubus cetakan yaitu 40 mm. Proses pengeringan yaitu Briket yang sudah dicetak dikeringkan dialam terbuka dengan mengukur temperatur, kecepatan angin, kelembapan udara, ketiga parameter tersebut di catat pada saat pengeringan di alam terbuka pada masing-masing variasi campuran (level). Uji labolatorium yaitu Briket yang telah dikeringkan diuji dilabolatorium dengan menggunakan alat Bom Kalorimeter dengan parameter uji nilai kalor.

Pada bom kalorimeter massa briket yang di perbolehkan pada saat pengujian yaitu sebesar 0,0002 kg pada masing-masing variasi campuran (level), suhu awal dan suhu akhir dicatat untuk setiap percobaan pada bom kalorimeter dimana percobaan yang dilakukan pada saat pengujian sebanyak Sembilan kali percobaan pada masing-masing variasi campuran (level). Sedangkan untuk pemeriksaan kadar abu dan air di uji menggunakan alat Furnace, untuk kadar air temperatur yang digunakan pada furnace yaitu 105 °C selama 2 jam, Temperatur 750 °C digunakan untuk uji kadar abu selama 2 jam, masing-masing dilakukan Sembilan kali percobaan dan massa awal sebelum di masukkan ke furnace dan massa akhir setelah dikeluarkan dari furnace dicatat untuk perolehan data. Parameter pengujian biket yaitu nilai kalor, kadar air, kadar abu dan densitas. Berikut ini adalah gambar bentuk briket yang telah di cetak dan dikeringkan.



Gambar 4. Briket

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian nilai kalor briket

Massa 0,0002 kg merupakan massa briket yang di izinkan pada alat uji bom kalorimeter, pengujian dilakukan sebanyak Sembilan kali percobaan pada masing-masing variasi campuran, dimana ada tiga variasi campuran dalam pengujian yaitu level 1 variasi campuran 25% arang cangkang kemiri, 65% arang tempurung kelapa dan 10% kanji, level 2 variasi campuran 65%

arang cangkang kemiri, 25% arang tempurung kelapa dan 10% tepung kanji, level 3 variasi campuran 45% arang cangkang kemiri, 45% arang tempurung kelapa dan 10% tepung kanji.

LHV (low heat value) ialah nilai panas terendah, data nilai kalor yang di peroleh dari pengujian pada alat Bom kalorimeter di input kedalam optimasi metode Taguchi Terhadap variabel yang tidak dapat di control (*uncontrol factor*) pada saat proses pengeringan briket di alam terbuka seperti kecepatan angin, temperatur lingkungan dan kelembaban udara. Adapun data nilai LHV yang di input dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Hasil pengujian nilai LHV briket terhadap *Uncontrol factor*

NO	Kecepatan Angin (m/s)			Temperatur (°C)			Kelembaban Udara (%)			LHV (kJ/kg)		
	Lv 1	Lv 2	Lv 3	Lv 1	Lv 2	Lv 3	Lv 1	Lv 2	Lv 3	Lv 1	Lv 2	Lv 3
1	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	29848,32	23230,656	31318,912
2	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	30583,616	24701,248	31318,912
3	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	30583,616	23230,656	32789,504
4	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	29848,32	23965,952	31318,912
5	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	29113,024	24701,248	32789,504
6	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	30583,616	24701,248	32789,504
7	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	30583,616	23230,656	32054,208
8	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	29848,32	23230,656	32789,504
9	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	29113,024	23965,952	31318,912
Rata-rata										30011,719	23884,252	32054,208

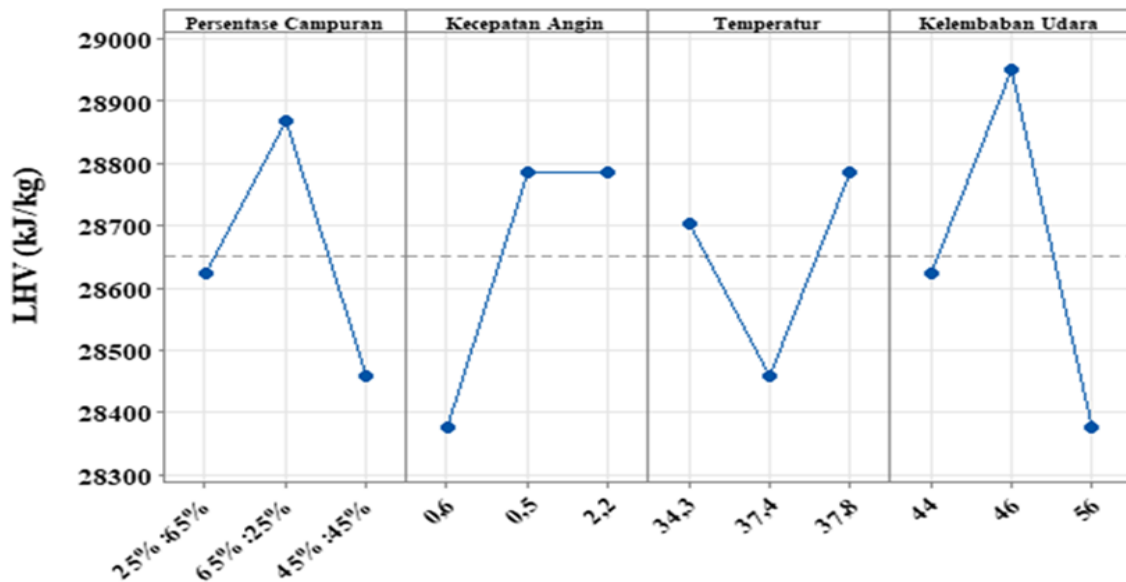
Nilai LHV briket tertinggi berdasarkan pengamatan pengujian dilabolatorium terdapat pada level 3 dengan perolehan nilai kalor sebesar 32054,208 kJ/kg dengan *uncontrol factor* pengeringan briket terhadap kecepatan angin 2,2 m/s, temperatur 37,8 °C, *humidity* 44% dengan variasi campuran 45% arang cangkang kemiri dan 45% arang dengan 10% perekat tepung kanji. Sedangkan nilai kalor terendah terdapat pada level 2 dengan perolehan nilai kalor sebesar 23884,252 kJ/kg dengan *uncontrol factor* pengeringan briket terhadap kecepatan angin 0,5 m/s, temperatur 37,4 °C, *humidity* 46% dengan variasi campuran 65% arang cangkang kemiri, 25% arang tempurung kelapa dan 10% perekat tepung kanji. Berikut ini tabel perbandingan nilai kalor dengan variasi campuran biomassa briket.

Tabel 2. Perbandingan nilai kalor briket

Jenis Biomassa	Nilai Kalor (kJ/kg)
C. Kemiri & T. Kelapa (level 1)	30011,719
C. Kemiri & T. Kelapa (level 2)	23884,252
C. Kemiri & T. Kelapa (level 3)	32054,208
Cangkang Kemiri	33297,658
Tempurung Kelapa	28320,203

Taguchi merekomendasikan produk pada briket level 2 dengan variasi campuran 65% arang cangkang kemiri, 25% arang tempurung kelapa dan 10% perekat tepung kanji merupakan briket yang menghasilkan nilai kalor optimum untuk proses produksi terhadap *uncontrol factor*

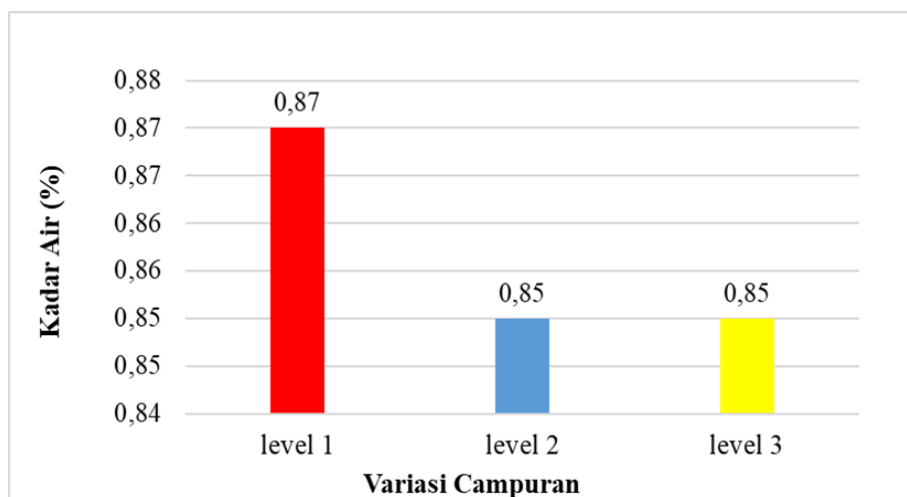
pengeringan briket dengan kecepatan angin lingkungan 0,5 m/s, temperatur lingkungan 37,4 °C, dan kelembaban udara 46%. Seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 5. Nilai kalor briket

3.2. Pengujian kadar air briket

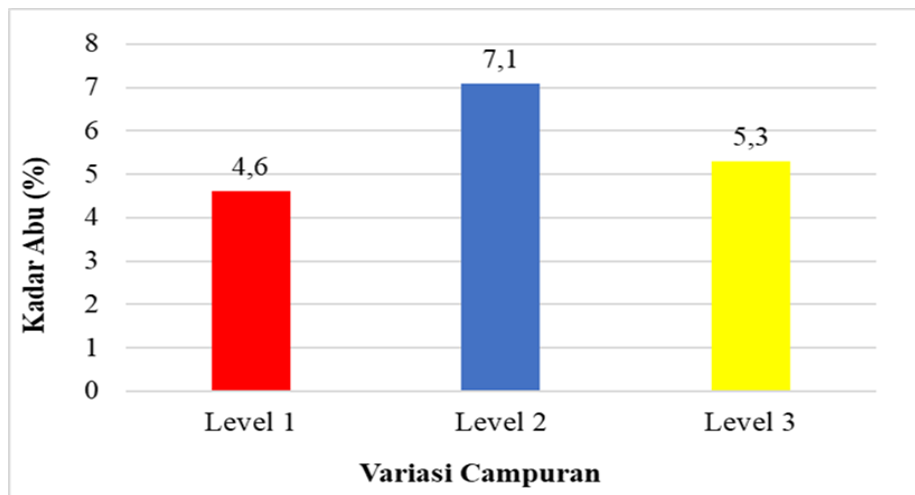
Sampel briket dengan kadar air tertinggi sebesar 0,87% pada sampel level 1 dengan variasi campuran 25% arang cangkang kemiri dengan 65% arang tempurung kelapa, 10% tepung kanji. Persentase kadar air yang terkecil berada di posisi level 2 sebesar 0,85%, dengan variasi campuran 65% arang cangkang kemiri dengan 25% arang tempurung kelapa, 10% tepung kanji dan juga pada level 3 variasi campuran 45% arang cangkang kemiri dengan 45% arang tempurung kelapa, 10% tepung kanji seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 6. Kadar air briket

3.3. Pengujian kadar abu briket

Kadar abu terendah berada di posisi level 1 dengan variasi campuran 25% arang cangkang kemiri dengan 65% arang tempurung kelapa, 10% tepung kanji yaitu sebesar 4,6%, dan kadar abu paling besar berada pada level 2 dengan variasi campuran 65% arang cangkang kemiri dengan 25% arang tempurung kelapa, 10% tepung kanji sebesar 7,1%. Semakin besar kadar abu dalam briket berarti kualitasnya semakin tidak bagus dan juga kadar abu dapat menurunkan nilai kalor daripada briket seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 7. Kadar abu briket

3.4. Densitas briket

Kepadatan briket atau sering disebut densitas briket dapat dihitung berdasarkan volume cetakan briket. 0,068 kg merupakan massa briket yang telah dikeringkan di alam terbuka dengan cetakan berbentuk kubus ukuran sisi 40 mm, volume cetakan 0,000064 m³ mempunyai densitas sebesar 1062,5 kg/m³ untuk variasi campuran level 1, pada variasi campuran level 2 dan variasi campuran level 3 langkahnya sama seperti variasi campuran level 1 dan dilakukan percobaan sebanyak Sembilan kali pada masing-masing variasi campuran, dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 3. Densitas Briket

Massa Briket Kering (kg)			Volume (m ³) Lv1, Lv2, Lv3	Densitas Briket (kg/m ³)		
Level 1	Level 2	Level 3		Level 1	Level 2	Level 3
0,068	0,072	0,057	0,000064	1062,5	1125	890,625
0,068	0,075	0,059	0,000064	1062,5	1171,875	921,875
0,069	0,071	0,059	0,000064	1078,125	1109,375	921,875
0,067	0,072	0,056	0,000064	1046,875	1125	875
0,069	0,073	0,057	0,000064	1078,125	1140,625	890,625
0,07	0,068	0,062	0,000064	1093,75	1062,5	968,75
0,069	0,072	0,062	0,000064	1078,125	1125	968,75
0,068	0,073	0,057	0,000064	1062,5	1140,625	890,625
0,07	0,075	0,059	0,000064	1093,75	1171,875	921,875
0,069	0,072	0,059	Rata-rata	1072,92	1130,21	916,64

4. Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen dan hasil pengujian penelitian mengenai pengaruh kombinasi cangkang kemiri dengan tempurung kelapa terhadap nilai kalor briket dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai LHV optimum briket yang direkomendasikan Taguchi terdapat pada briket variasi campuran level 2 dengan perolehan nilai sebesar 23884,252 kJ/kg terhadap uncontrol factor yaitu kecepatan angin 0,5 m/s, temperatur lingkungan 37,4 °C, dengan kelembaban udara 46%. Sedangkan pada pengamatan pengujian di labolatorium nilai LHV optimum berada pada briket variasi campuran level 3 dengan perolehan nilai sebesar 32054,208 kJ/kg.

2. Persentase kadar air terendah didapat pada variasi campuran level 2 dan level 3 dengan perolehan nilai kadar air sebesar 0,85% dan kadar air tertinggi berada di level 1 dengan nilai kadar air sebesar 0,87%. Kadar abu terendah sebesar 4,6% terdapat pada variasi campuran level 1 dan Kadar abu tertinggi sebesar 7,1% berada pada variasi campuran level 2. Sedangkan untuk densitas briket tertinggi yaitu berada pada briket variasi campuran level 2 dengan nilai sebesar 1130,21 kg/m³ dan terendah berada pada briket variasi campuran level 3 dengan nilai sebesar 916,64 kg/m³.

Ucapan Terima Kasih

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT yang telah hadir dan memberikan rahmat serta petunjuk sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak berikut pada kesempatan ini: (1). Rektor Universitas Medan Area, Bapak Prof. Dr. Ir. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., yang telah memberikan izin dan kemudahan dalam penyusunan tugas akhir ini. (2). Direktur Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area, Bapak Muhammad Idris, S.T., M.T. sekaligus Dosen Pembimbing satu dalam penyusunan tugas akhir. (3). Pembimbing Dua pembuatan proyek tugas akhir, Bapak Indra Hermawan, S.T., M.T. (4). Seluruh guru besar dan staf administrasi birokrasi yang dipekerjakan oleh program studi teknik mesin Universitas Medan Area. (5). Kedua orang tua, ayahanda Masril Sihombing dan Bunda Ramsini Bondar, serta seluruh keluarga, yang tak henti-hentinya menginspirasi, menyemangati, dan mendoakan kami dengan sungguh-sungguh. (6). Sahabat dan rekan kerja yang selalu memberikan semangat dan dukungan selama penyusunan proyek tugas akhir ini.

Daftar Pustaka

- Almu, M. Afif, S. Syahrul, and Yesung Allo Padang. 2014. "Analisa Nilai Kalor Dan Laju Pembakaran Pada Briket Campuran Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Dan Abu Sekam Padi." *Dinamika Teknik Mesin* 4 (2): 117–22. <https://doi.org/10.29303/d.v4i2.61>.
- Ba, Mamadou S., Lat G. Ndiaye, and Issakha Youm. 2019. "Thermochemical Characterization of Casamance Biomass Residues for Production of Combustibles Briquettes." *Open Journal of Physical Chemistry* 09 (03): 170–81. <https://doi.org/10.4236/ojpc.2019.93009>.
- Barus, Rikki Alanta. 2017. "Pembuatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kemiri (*Aleurites Mollucana* L) Dengan Proses Pengaktifan Kimia H₃PO₄ Menggunakan Microwave."
- Basu, Prabir. 2013. *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction: Practical Design and Theory*. *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction: Practical Design and Theory*. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-07564-6>.
- Gde Gianyar, Ida Bagus, Nurchayati Nurchayati, and Yesung Allo Padang. 2012. "Pengaruh Persentase Arang Tempurung Kemiri Terhadap Nilai Kalor Briket Campuran Biomassa Ampas Kelapa - Arang Tempurung Kemiri." *Dinamika Teknik Mesin* 2 (2): 67–74. <https://doi.org/10.29303/d.v2i2.96>.
- Gravalos, Ioannis, Panagiotis Xyradakis, Dimitrios Kateris, Theodoros Gialamas, Dimitrios Bartzialis, and Kyriakos Giannoulis. 2016. "An Experimental Determination of Gross Calorific Value of Different Agroforestry Species and Bio-Based Industry Residues." *Natural Resources* 07 (01): 57–68. <https://doi.org/10.4236/nr.2016.71006>.
- Hani, Falah F. Bani, and Mohammad M. Hailat. 2016. "Production of Bio-Oil from Pyrolysis of Olive Biomass with/without Catalyst." *Advances in Chemical Engineering and Science* 06 (04): 488–99. <https://doi.org/10.4236/aces.2016.64043>.
- Kpelou, Pali, Damgou Mani Kongnine, Saboillié Kombate, Essowè Mouzou, and Kossi Napo.

2019. "Energy Efficiency of Briquettes Derived from Three Agricultural Waste's Charcoal Using Two Organic Binders." *Journal of Sustainable Bioenergy Systems* 09 (02): 79–89. <https://doi.org/10.4236/jsbs.2019.92006>.
- Ardina ningsih, Ibnu Hajar. 2019. "Analisis Kualitas Briket Arang Tempurung Kelapa Dengan Perekat Tepung Kanji Dan Tepung Sagu Sebagai Bahan Bakar Alternatif." Seminar Nasional Industri Dan Teknologi (SNIT), Politeknik Negeri Bengkalis. 270–76.
- Mudaim, Sarifah, and Sahrul Hidayat. 2021. "Analisis Proksimat Karbon Kulit Kemiri (Aleurites Moluccana) Dengan Variasi Suhu Karbonisasi." *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika* 05 (02): 157–63.
- Qistina, Idzni, Dede Sukandar, and Trilaksono Trilaksono. 2016. "Kajian Kualitas Briket Biomassa Dari Sekam Padi Dan Tempurung Kelapa." *Jurnal Kimia Valensi* 2 (2): 136–42. <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i2.4054>.
- RI, Menteri Kesehatan. 2019. *No TitleEΛENH. Ayan*. Vol. 8.
- Ridhuan, Kemas, Dwi Irawan, Yulita Zanaria, and Fendi Firmansyah. 2019. "Pengaruh Jenis Biomassa Pada Pembakaran Pirolisis Terhadap Karakteristik Dan Efisiensi bioarang - Asap Cair Yang Dihasilkan." *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin* 20 (1): 18–27. <https://doi.org/10.23917/mesin.v20i1.7976>.
- Sudirman, Sudirman, and Hadi Santoso. 2021. "Pengujian Kuat Tekan Briket Biomassa Berbahan Dasar Arang Dari Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif." *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin* 8 (2): 101–8. <https://doi.org/10.36706/jptm.v8i2.15319>.
- Tumbel, Nicolas, Ardi K Makalalag, and Supardi Manurung. 2019. "Proses Pengolahan Arang Tempurung Kelapa Menggunakan Tungku Pembakaran Termodifikasi." *Jurnal Penelitian Teknologi Industri* 11 (2): 83–92.