

KARAKTERISTIK BRIKET ARANG DARI LIMBAH BATUBARA DAN TONGKOL JAGUNG SERTA LAJU PEMBAKARAN

Characteristics of Charcoal Briquettes Made From Coal Waste and Corn Cobs with Combustion Rate

Mirna¹, Noor Mirad Sari^{1*}, dan Lusyiani¹

¹Program Studi Kehutanan

Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. Energy demand is continually increasing, leading to energy crises. Coal produces solid waste in the form of powder, often found at mining sites such as PT. ADARO Indonesia, which is not suitable for sale and is not being optimally utilized. The Karya Bangun Farmer Group has a significant amount of corn cobs available on their 570-hectare corn farm, but they currently only use dry corn kernels as livestock feed. The objective of this research is to analyze the characteristics and test the ignition rate and flame properties of coal waste and corn cobs. The research method used a Completely Randomized Design with five treatments and three replications, resulting in 15 test samples. The results of the study showed that the briquet with the lowest moisture content was found in treatment A (9.872%), while the highest was in treatment E. The lowest ash content was in treatment E (7.790%), meeting ASTM standards, while the highest was in treatment A (23.780%). The lowest volatile matter content was in treatment A (27.047%), meeting ASTM standards, while the highest was in treatment C (38.830%). The highest fixed carbon content was in treatment A (39.301%), and the lowest was in treatment C (25.527%). The highest calorific value was in treatment D (4,728.873 cal/g), and the lowest was in treatment E (4,022.448 cal/g). The highest density was in treatment A (1.199 g/cm³), and the lowest was in treatment E (0.950 g/cm³). The highest burning rate was in treatment E (0.358 g/minute), and the lowest was in treatment A (1.126 g/minute). The test values were influenced by the raw materials used, the fineness level of the adhesive powder, carbonization temperature, and pressing pressure.

Keywords: Charcoal briquettes; Coal waste; Corn cobs

ABSTRAK. Kebutuhan energi saat ini semakin meningkat hingga krisis energi terjadi. Batu bara memiliki limbah padat berbentuk serbuk yang banyak dijumpai di lokasi jalan pertambangan seperti di PT. ADARO Indonesia yang tidak layak jual dan belum digunakan secara optimal. Kelompok Tani Karya Bangun memiliki potensi tongkol jagung yang tinggi dengan lahan kebun jagung pakan ternak seluas 570 hektar dimana hanya memanfaatkan biji jagung kering sebagai pakan ternak. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis karakteristik serta menguji laju dan sifat nyala dari limbah batu bara dan tongkol jagung. Metode yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap dengan 5 perlakuan dan 3 ulangan sehingga memiliki 15 sampel uji. Hasil penelitian yaitu briket dengan kadar air terendah pada perlakuan A (9,872 %) dan tertinggi pada perlakuan E, kadar abu terendah pada perlakuan E (7,790 %) yang memenuhi standar ASTM dan tertinggi pada perlakuan A (23,780 %), zat terbang terendah pada perlakuan A (27,047 %) yang memenuhi standar ASTM dan tertinggi pada perlakuan C (38,830 %), karbon terikat tertinggi pada perlakuan A (39,301 %) dan terendah terdapat pada perlakuan C (25,527 %), nilai kalor tertinggi pada perlakuan D (4.728,873 kal/g) dan terendah terdapat pada perlakuan E (4.022,448 kal/g), serta kerapatan tertinggi pada perlakuan A (1,199 g/cm³) dan terendah terdapat pada perlakuan E yaitu (0,950 g/cm³) serta laju pembakaran tertinggi terdapat pada perlakuan E (0,358 g/menit) dan laju pembakaran terendah yaitu perlakuan A (1,126 g/menit) dimana nilai uji dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan, tingkat kehalusan serbuk perekat, suhu karbonisasi, dan tekanan pencetakan.

Kata kunci: Briket arang; Batubara; Tongkol jagung

Penulis untuk korespondensi, surel: noor.mirad@ulm.ac.id

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di negara kita pada saat ini semakin meningkat hingga terjadi yang namanya krisis energi. Krisis energi ini

berdampak langsung pada kenaikan harga BBM sehingga menyebabkan harga sembako (gula, minyak goreng, beras, garam, cabai, telur ayam, daging sapi, sayuran, susu, bawang, dan daging ayam) naik (Rozaini *et al.*,

2023). Ketergantungan manusia pada energi fosil ini mengakibatkan dampak buruk. Dunia dihantui dengan krisis energi hal ini bermula dari perang antar Rusia dengan Ukraina yang memicu terjadinya keterhambatan energi di dunia, di saat permintaan energi mulai merangkak yang menyebabkan harga energi semakin meningkat. Negara-negara berkembang di dunia menjadi korban yang paling menyedihkan dengan adanya krisis energi ini.

Indonesia memiliki cadangan dan sumber energi yang melimpah seperti batubara, gas hingga energi baru terbarukan. Berdasarkan data BPS statistik 2021 Indonesia menempati posisi ke-7 dengan cadangan batubara terbesar di dunia yaitu 34,87 miliar ton di akhir tahun 2022. Berdasarkan neraca gas Indonesia 2022 hingga 2030, mampu untuk memenuhi kebutuhan energi dalam negeri. Ketergantungan Indonesia terhadap batubara sangat besar sehingga diharuskan secepat mungkin beralih ke-energi baru terbarukan. Terkait hal tersebut kita harus mengembangkan riset energi baru dan terbarukan (EBT) untuk mengurangi ketergantungan energi fosil. Solusi yang dapat kita kembangkan yaitu biobriket yang berasal dari limbah pertanian (biomassa) dan pemanfaatan limbah batubara yang berbentuk serbuk.

Kabupaten Tabalong merupakan penghasil batubara yang cukup besar. Batubara itu sendiri memiliki limbah padat berbentuk serbuk yang banyak di jumpai dilokasi jalan pertambangan. PT. ADARO Indonesia memiliki banyak limbah batubara yang tidak layak jual dan belum digunakan secara optimal. Limbah batubara tersebut bisa dijadikan sebagai bahan pembuatan briket yang lebih ramah lingkungan.

Tongkol jagung (*Zea mays L*) merupakan salah satu limbah energi biomassa yang bisa menghasilkan energi sebanyak $6,8 \times 10^9$ kkal/th (Kadir, 1995). Menurut Marlani *et al.* (2010) yang dikutip oleh Widarti *et al.* (2016), serat kasar yang dikandung tongkol jagung cukup tinggi yaitu 33 % sedangkan kandungan lainnya seperti lignin sekitar 33,3 % dan selulosa sekitar 44,9 % sehingga tongkol jagung memungkinkan untuk menjadi bahan baku dalam pembuatan briket arang. Kabupaten Tabalong di kelompok Tani Karya Bangun, Desa Wirang Kecamatan Haruai memiliki potensi tongkol jagung yang tinggi dengan lahan kebun jagung pakan ternak

seluas 570 hektar. Dari hasil panen jagung tersebut para petani hanya memanfaatkan biji jagung kering saja yang gunakan sebagai pakan ternak. Hal tersebut berpotensi menghasilkan banyak limbah sisa pertanian yang sama sekali belum dimanfaatkan secara khusus oleh warga sekitar.

Pembuat briket batubara yang ramah lingkungan di perlukan dengan penambahan biomassa yang dikenal dengan sebutan briket bio batubara. Potensi briket bio batubara yang berbahan baku serbuk batubara dan limbah pertanian akan menghasilkan energi baru terbarukan yang berdampak baik untuk Indonesia nantinya. Bio batubara yang baik harus memiliki nilai kalor berdasarkan Permen ESDM No. 47 Tahun 2006 bahwa sesuai standar SNI 13-4931-1998 yaitu 4400 kkal/kg. Nilai kalor briket bio batubara dengan nilai yang baik, dapat dilakukan metode karbonisasi dan pirolisis pada bahan baku, sebelum melakukan pengolahan briket bio batubara. Briket bio batubara dengan bahan baku yang sudah melewati proses pirolisis memiliki nyala yang cukup Panjang dimana asap yang dihasilkan lebih sedikit saat dilakukan pembakaran serta kualitas yang dimiliki baik dimana sesuai standar.

Bio briket memerlukan yang namanya pengikat yang dapat menyatukan bahan baku serbuk batubara dan serbuk arang tongkol jagung. Jenis sangat berpengaruh terhadap mutu briket tersebut diantaranya nilai kalor, kadar air, kadar debu, kadar zat terbang, karbon terikat dan laju pembakaran. Jumlah perekat yang di gunakan juga berpengaruh pada mutu briket, sedikitnya takaran perekat mempengaruhi kualitas briket yang mudah hancur sedangkan perekat yang semakin banyak di gunakan maka asap yang akan dihasilkan semakin banyak dari pembakaran briket. Oleh sebab itu di perlukan takaran perekat yang tepat untuk mengasikkan briket dengan kualitas tinggi.

Bahan perekat yang digunakan dalam penelitian ini berupa tepung. Tepung tapioka merupakan perekat organik yang sering di gunakan dalam pembuatan briket selain harga yang terbilang murah, mudah dalam pemakaiannya dan hasil daya rekat yang cukup tinggi dibanding tepung lainnya. Tepung tapioka juga mampu menyerap air dengan baik, fungsi tepung tapioka sebagai penggabungan dua bahan yang mau direkatkan atau pembentuk tekstur padat.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Kayu dan Workshop Fakultas Kehutanan ULM (untuk pengujian nilai kalor) selama 3 bulan (bulan Maret – Mei 2023). Alat dan bahan yang dipergunakan selama penelitian yaitu ATK, aluminium foil, pipet tetes, lup/kaca pembesar, loyang, gelas beaker, cawan porselin, cetakkan briket, saringan 45 dan 60 mesh, bak, timbangan analitik, oven, *peroxide bomb calorimeter*, *muffle furnace*, *moisture meter*, desikator, kompor, handphone, serbuk arang tongkol jagung, limbah atau serbuk batubara, perekat tepung tapioka, aquades, dan indikator MM (metil merah) 5 ml. Briket dilakukan pengujian menggunakan standar Amerika (ASTM D 5142-02) dan laju pembakaran dilakukan pengujian juga.

Kadar Air

Kadar air ditetapkan dengan mengoven 1 gram sampel pada aluminium dengan suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$ dalam waktu 24 jam sehingga memiliki nilai kadar air yang tidak berubah lagi. Sampel didinginkan sesudah selesai pengovenan selama ± 15 menit di desikator sehingga kondisinya stabil dan kemudian ditimbang (Nasir, 2015). Rumus yang digunakan dalam penghitungan kadar air yaitu:

KA = Kadar Air

$$\frac{\text{Berat Basah (gr)} - \text{Berat Kering Tanur (gr)}}{\text{Berat Kering Tanur (gr)}} \times 100 \% \quad (1)$$

Kadar Abu

Kadar abu ditetapkan dengan menggunakan *muffle furnace* bersuhu $600-900^\circ\text{C}$ pada 1 gr sampel yang diletakkan pada cawan porselin selama 5-6 jam. Sampel didinginkan di desikator sampai memiliki kondisi yang stabil kemudian ditimbang (Nasir, 2015). Rumus mengukur kadar abu yaitu:

$$\text{kadar abu (\%)} = \frac{\text{Berat abu}}{\text{Berat sampel}} \times 100\% \quad (2)$$

Zat Terbang

Nilai zat terbang ditetapkan dengan menggunakan *muffle furnace* bersuhu 25°C pada 1 gr sampel di cawan porselin selama 7 menit yang didinginkan di desikator dan ditimbang (Nasir, 2015). Rumus yang digunakan untuk mengukur zat terbang yaitu:

$$\text{Zat mudah menguap} = \frac{B-C}{W} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

B = berat sampel sesudah dikeringkan dan diuji kadar air (gr)

C = berat sampel sesudah dipanaskan pada tanur (gr)

W = berat awal sampel (gr)

Karbon Terikat

Karbon terikat dilakukan setelah mendapatkan hasil kadar abu, zat terbang, serta kadar air. Rumus karbon terikat yaitu:

$$\text{Karbon terikat} = 100\% (\text{kadar air} + \text{zat terbang} + \text{kadar abu}) \quad (4)$$

Nilai Kalor

Nilai kalor diukur menggunakan tabung Bomb calorimeter pada sampel sebanyak 1 gram pada cawan porselin (Nasir, 2015). Sampel yang sudah dimasukkan ke dalam tabung Bomb calorimeter akan diukur menggunakan *peroxide bomb calorimeter* dimana hasilnya berdasarkan lepasnya jumlah kalor dimana sama dengan jumlah diserapnya kalor yang memiliki satuan cal/gram serta dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Nilai kalor} = \frac{W \times (T_2 - T_1)}{A} - B_1 + B_2 \quad (5)$$

Keterangan:

W = nilai kalorimeter (kal $^\circ\text{C}$)

T1 = suhu awal

T2 = suhu akhir pembakaran

A = berat contoh yang dibakar (gr)

B1 = koreksi kawat besi

B2 = titrasi Na_2CO_3

Kerapatan

Kerapatan briket bisa ditentukan dengan menimbang briket kering dan dihitung volumenya sesuai bentuk briket yaitu tabung. Rumus untuk mencari nilai kerapatan yaitu:

$$\text{Kerapatan} \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{\text{Massa (gr)}}{\text{Volume (cm}^2\text{)}} \quad (6)$$

Laju Pembakaran

Laju pembakaran briket ditentukan dengan membakar briket di atas api menyala dan diukur beratnya selama periode waktu tertentu. Lama pembakaran dihitung sampai tidak terdapat bara api pada briket tersebut. Sisa pembakaran juga dihitung dengan

menimbanginya menggunakan neraca analitik (Lestari dan Tjahjani, 2015). Rumus yang digunakan untuk menghitung laju pembakaran yaitu:

$$\text{Laju pembakaran} = \frac{\text{Berat awal (gr)} - \text{Berat sesudah pembakaran (gr)}}{\text{waktu (gr/menit)}} \quad (7)$$

Penelitian menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap komposisi limbah batubara dan serbuk tongkol jagung dengan perlakuan A (100 % limbah batubara), B (50 % limbah batubara + 50 % tongkol jagung), C (75 % limbah batubara + 25 % tongkol jagung), D (25 % limbah batubara + 75 % tongkol jagung), dan E (100 % tongkol jagung). Jumlah percobaan yang dilakukan sebanyak 5 perlakuan dengan 3 ulangan dengan total jumlah sampel $5 \times 3 = 15$ buah dan untuk uji daya nyala diperlukan sebanyak 15 buah briket.

yang dilakukan yaitu uji kadar air (%), kadar abu (%), zat terbang (%), karbon terikat (%), kalor (kal/g), kerapatan (g/cm^3), dan laju pembakaran (g/menit).

Kadar Air

Kualitas briket akan dipengaruhi oleh kandungan kadar air. Apabila kandungan kadar air briket tinggi maka menghasilkan kualitas yang kurang bagus sehingga daya pembakarannya akan semakin rendah dimana menghasilkan asap lebih banyak (Riseanggara, 2008). Hasil pengukuran kadar air disajikan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata pengujian kadar air berkisar antara 9,872% sampai dengan 31,142%. Hasil nilai rata-rata dari pengujian kadar air disajikan pada Gambar 1

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian briket campuran batubara dan tongkol jagung dimana pengujian

Tabel 1. Hasil Pengujian Kadar Air Briket Batubara dan Tongkol Jagung (%)

Ulangan	Perlakuan (%)					ASTM
	A	B	C	D	E	
1	9,481	23,472	13,417	26,088	26,374	$\leq 8\%$
2	7,701	15,714	18,175	10,754	38,600	
3	12,435	7,158	8,826	18,963	28,452	
Jumlah	29,617	46,344	40,418	55,804	93,427	
Rata-rata	9,872	15,448	13,473	18,601	31,142	

Keterangan:

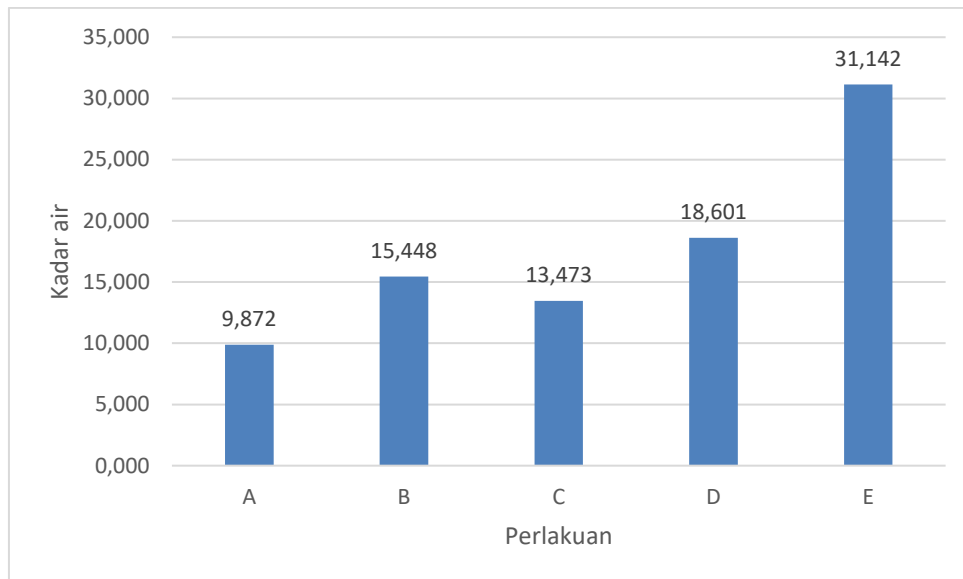
A = 100 % limbah batubara (50gr)

B = 50 % limbah batubara (25gr) + 50 % tongkol jagung (25gr)

C = 75 % limbah batubara (37,5gr) + 25 % tongkol jagung (12,5gr)

D = 25 % limbah batubara (12,5gr) + 75 % tongkol jagung (37,5gr)

E = 100 % tongkol jagung (50gr)



Gambar 1. Grafik Rata-rata Nilai Kadar Air (%)

Dari grafik rata-rata kadar air terlihat perlakuan A (100% batubara) memiliki nilai terendah sebesar 9,872% dan yang tertinggi E (100% tongkol jagung) sebesar 31,142%. Hal ini diduga karena tongkol jagung mempunyai kelembapan yang lebih tinggi. Serat kasar yang dikandung tongkol jagung cukup tinggi (33 %), selulosa $\pm$ 44,9% dan lignin $\pm$ 33,3% (Widarti *et al.*, 2016). Sedangkan batubara diduga mengandung kadar air rendah karena sebagian besar tersusun dari unsur karbon. Menurut Surajo, (2018) senyawa organik karbon yang mengendap secara alamiah dari sisa tumbuhan dan mampu terbakar atau sumber energi yang sebagian besar atau tersusun dari karbon serta unsur lainnya seperti oksigen, sulfur, nitrogen, dan hidrogen yaitu batubara.

Uji normalitas menggunakan Lilliefors dimana didapatkan bahwa data menyebar dengan normal dengan nilai $L_{max} < L_{tabel}$ 5% dan 1%. Karena data menyebar normal, dilakukan uji keseragaman dengan uji Barlett dan didapat data bersifat homogen atau seragam karena nilai $X^2_{hitung} < X^2_{tabel}$. Karena data menyebar dengan normal dan bersifat homogen, berdasarkan hasil uji analisis keragaman bahwa campuran limbah batubara dengan tongkol jagung berpengaruh nyata terhadap kadar air. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai F hitung lebih besar terhadap F

tabel 5% sehingga dilakukan uji lanjutan Duncan dimana nilai KK atau Koefisien Keragaman sebesar 35,34 %. Hasil uji lanjutan Duncan membuktikan bahwa hanya perlakuan yang berbeda nyata yaitu perlakuan E terhadap perlakuan C dan A. Faktor yang mempengaruhi kadar air pada briket yaitu bahan baku dimana kandungan kadar air pada batubara lebih rendah dibandingkan pada tongkol jagung. Menurut Rahman (2011), kadar air yang rendah maka tinggi nilai kalornya sehingga mempunyai kualitas yang baik.

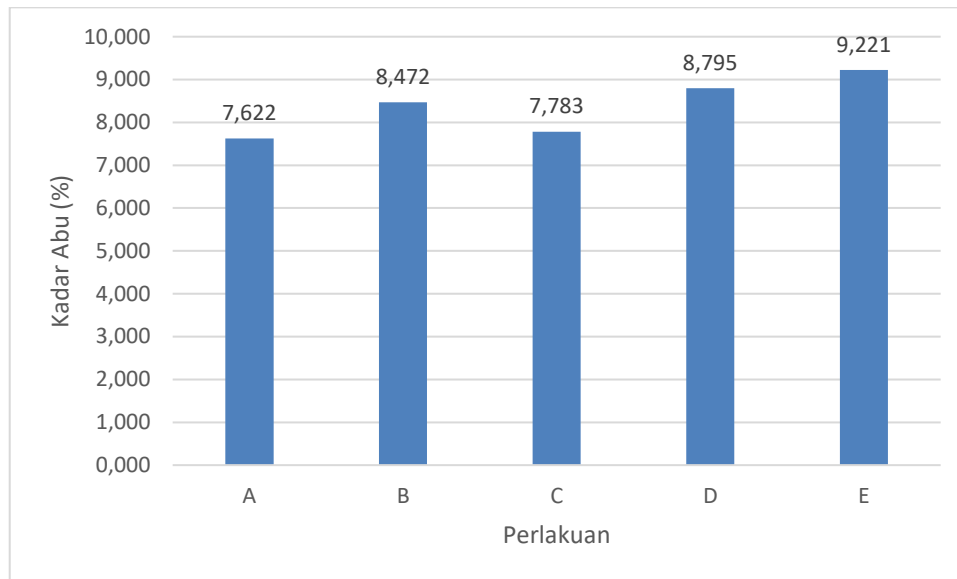
Kadar Abu

Proses pembakaran yang terjadi menghasilkan sisa dimana mempunyai unsur silika merupakan kadar abu. Apabila briket memiliki kandungan silika yang tinggi maka kadar abu yang dihasilkan akan tinggi dimana bisa menyebabkan polusi udara serta mempengaruhi volume dari pembakaran yang terjadi. Uji kadar abu yang dilakukan terhadap briket batubara dan tongkol jagung disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata pengujian kadar abu berkisar 76,220% sampai dengan 92,210%. Rata-rata kadar abu setiap perlakuan disajikan pada Gambar 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kadar Abu Briket Batubara dan Tongkol Jagung (%)

Ulangan	Perlakuan (%)					ASTM
	A	B	C	D	E	
1	76,110	84,190	79,020	88,720	92,590	$\leq 8,3\%$
2	74,040	86,650	79,270	86,730	94,000	
3	78,510	83,310	75,200	88,400	90,040	
Jumlah	228,66	254,15	233,49	263,85	276,63	
Rata-rata	76,220	84,716	77,830	87,950	92,210	



Gambar 2. Grafik Rata-rata Nilai Kadar Abu (%)

Dari grafik rata-rata kadar abu terlihat perlakuan A (100% batubara) dan C (75 % limbah batubara + 25 % tongkol jagung) memiliki nilai terendah. Hal ini diduga karena tongkol jagung mengandung silika yang sangat tinggi sehingga menghasilkan kadar abu yang tinggi. Menurut Fathurrahman *et al*, 2020, kandungan silika yang dimiliki tongkol jagung cukup tinggi (67,41 %). Silika sangat mempengaruhi kualitas briket menurut Ndraha (2010), silika merupakan salah satu unsur utama abu dan berpengaruh kurang baik pada kualitas briket. Sedangkan batubara hanya menghasilkan silika sebesar 52% (Kemeneq. Lingkungan Hidup, 2006). Apabila briket menghasilkan kadar abu rendah maka akan memiliki nilai kalor yang tinggi dimana kualitas briket akan semakin tinggi pula (Maryono dan Rahmawati, 2013).

Rata-rata kadar abu dilakukan uji normalitas membuktikan bahwa data menyebar dengan normal yang dibuktikan dengan nilai L_{max} (0,158) < L Tabel 5% dan 1%, serta pada uji homogenitas membuktikan data bersifat homogen atau data seragam

karena nilai X^2_{hitung} yang didapat (1,045) < X^2_{tabel} 5% dan 1%. Berdasarkan uji analisis keragaman yang dilakukan membuktikan bahwa terdapat pengaruh sangat nyata terhadap kadar abu dari diberikannya perlakuan. Hal ini terbukti dari nilai F hitung (36,898) melebihi F tabel 1% sehingga perlu dilakukan uji lanjutan dimana nilai KK 2,29 %. Uji lanjutan yang dilakukan yaitu Uji Duncan yang membuktikan bahwa perlakuan berbeda nyata terdapat pada perlakuan B terhadap perlakuan A, C, dan E, sedangkan yang berbeda sangat nyata terdapat pada perlakuan D dengan perlakuan A dan C, serta perlakuan E dengan perlakuan A dan C. nilai kadar abu memiliki faktor yang mempengaruhi yaitu bahan baku dimana kadar abu tongkol jagung lebih tinggi dibandingkan batubara, nilai kalor yang dimiliki briket karena kadar abu akan kecil apabila nilai kalornya tinggi, serta kadar silika yang dikandung oleh bahan baku karena kadar silika yang semakin tinggi maka akan menghasilkan tingginya kadar abu (Putri dan Andasuryani, 2017). Proses pencetakan pada briket juga mempengaruhi kadar abu menurut

Yunus (2015) tekanan pencetakan briket yang semakin besar maka akan semakin rendah kadar abunya.

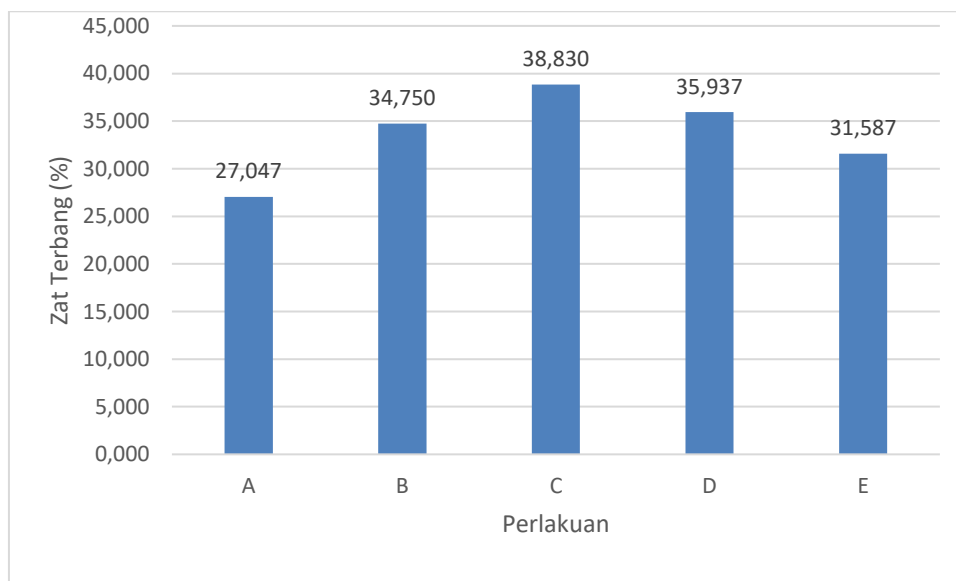
Zat Terbang

Zat terbang merupakan zat yang menyusun arang yang terdekomposisi akibat pemanasan dalam proses pembuatan arang dimana bukan

komponen dari penyusun arang. Zat terbang rendah maka asap yang dihasilkan akan sedikit (Fauziah, 2009). Hasil pengujian zat terbang terhadap briket batubara dan tongkol jagung disajikan pada Tabel 3. Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata pengujian zat terbang berkisar antara 27,047% sampai 31,587%. Rata-rata nilai zat terbang setiap perlakuan disajikan pada Gambar 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Zat Terbang Briket Batubara dan Tongkol Jagung

Ulangan	Perlakuan (%)					ASTM
	A	B	C	D	E	
1	23,250	32,940	38,550	33,460	32,410	19-28%
2	24,300	35,180	39,400	38,650	31,420	
3	33,590	36,130	38,540	35,700	30,930	
Jumlah	81,140	104,250	116,490	107,810	94,760	
Rata-rata	27,047	34,750	38,830	35,937	31,587	



Gambar 3. Grafik Rata-rata Nilai Zat Terbang (%)

Dari grafik rata-rata zat terbang terlihat perlakuan terendah terdapat pada perlakuan A (100% batubara) dan C (75% batubara + 25% tongkol jagung). Hal ini diduga karena jumlah kandungan zat terbang pada batubara berupa senyawa karbon berbentuk gas yang mudah menguap dan tingginya kandungan sulfur yang mempengaruhi zat terbang. Sedangkan tongkol merupakan energi biomassa yang memiliki unsur alifatik atau aromatik yang mudah terbakar di banding batubara yang sama sekali tidak memiliki senyawa tersebut sehingga bahan memiliki nilai zat terbang yang tinggi dimana terdapat unsur hidrokarbon

(aromatic dan alifatik) sehingga mudah menguapnya kadar zat sehingga menyebabkan mudah terbakarnya briket karena mudah terbakarnya unsur hidrokarbon ini. Serta jenis bahan baku yang digunakan akan mempengaruhi zat terbang yang dihasilkan (Sinurat, 2011).

Rata-rata zat terbang tiap dilakukan uji normalitas bahwa data menyebar dengan normal karena nilai L_{max} (0,117) lebih kecil dibandingkan L tabel 5% dan 1%, serta dilakukan uji homogenitas dimana membuktikan data bersifat homogen atau

seragam karena nilai X^2_{hitung} yang didapat $(1,689) < X^2_{tabel}$ 5% dan 1%. Dari uji analisis keragaman yang dilakukan membuktikan bahwa perlakuan berpengaruh sangat nyata terhadap zat terbang. Hal ini dibuktikan dengan besarnya nilai F hitung $(7,132)$ sehingga melebihi F tabel 1%. Berpengaruh sangat nyata ini perlu dilakukan uji lanjutan dimana nilai KK sebesar 8,69 % sehingga menggunakan uji Beda Nyata Terkecil atau Uji BNT dimana perlakuan yang berbeda nyata yaitu perlakuan C terhadap perlakuan B, serta perlakuan E terhadap perlakuan B dan A. sedangkan perlakuan yang berbeda sangat nyata terdapat pada perlakuan C terhadap perlakuan E dan A, serta perlakuan A terhadap perlakuan B dan D.

Faktor yang mempengaruhi nilai dari zat terbang yaitu kadar air dimana rendahnya kadar air menurunkan zat terbang dan akan mempengaruhi nyala api, apabila tingginya kadar air maka menghasilkan asap yang lebih banyak sehingga menyebabkan zat terbang lebih banyak dan proses penyalaan api akan

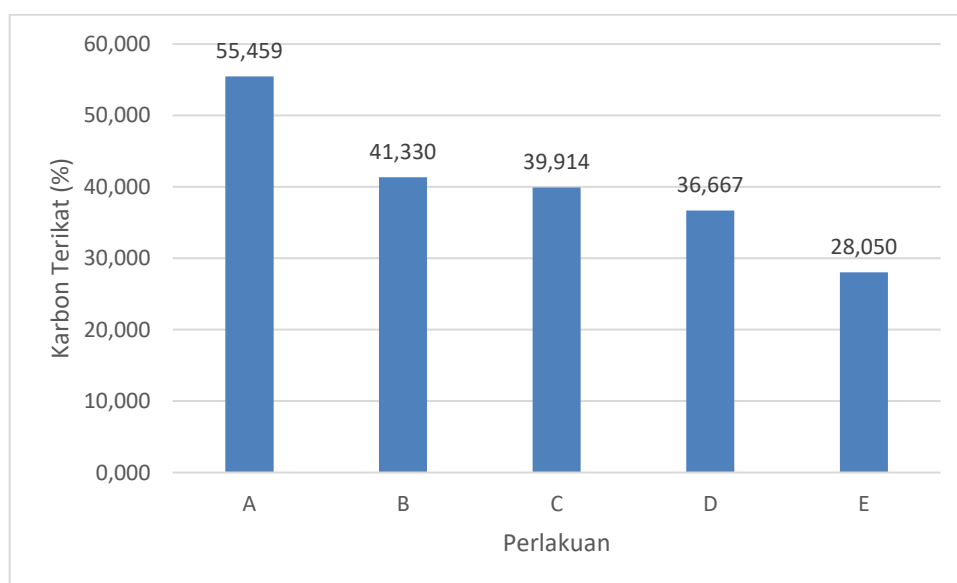
menjadi lebih sulit. Semakin rendah zat terbang yang terjadi, maka proses nyala api akan semakin mudah dan akan memperpanjang waktu nyala apinya. Faktor penyebab lainnya diduga letak sampel pada saat meletakkan sampel di dalam oven hal ini sejalan dengan penelitian Sumiati, (2023). Bahwa letak sampel tidak berada di titik panas.

Karbon Terikat

Karbon di briket atau arang selain abu, zat menguap, dan air merupakan karbon terikat (Wijayanti, 2009). Kualitas briket dipengaruhi oleh karbon terikat dimana apabila karbon terikat tinggi, maka kualitas briket dan pembakaran akan tinggi pula. Hasil uji karbon terikat pada briket batubara dan tongkol jagung disajikan pada Tabel 4. Rata-rata karbon terikat berkisar antara 28,050 % sampai 55,459%. Perlakuan yang mendekati standar yaitu perlakuan A. Rata-rata karbon terikat setiap perlakuan disajikan pada Gambar 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Karbon Terikat Briket Batubara dan Tongkol Jagung (%)

Ulangan	Perlakuan (%)					ASTM
	A	B	C	D	E	
1	59,658	35,169	40,131	31,580	31,957	$\geq 60\%$
2	60,595	40,441	34,498	41,923	20,580	
3	46,124	48,381	45,114	36,497	31,614	
Jumlah	166,377	123,991	119,743	110,001	84,150	
Rata-rata	55,459	41,330	39,914	36,667	28,050	



Gambar 4. Grafik Rata-rata Nilai Karbon Terikat (%)

Dari grafik rata-rata nilai karbon terikat terlihat perlakuan (100 % tongkol jagung) memiliki nilai terendah yaitu 28,050 % dan yang tertinggi A (100% batubara) sebesar 55,459 %. Hal ini diduga karena zat terbang berupa karbon aktif yang terkandung pada sampel briket tinggi sehingga menghasilkan rendahnya karbon terikat, kadar abu juga mempengaruhi hasil nilai karbon terikat. Hal ini sejalan dengan (Pari, 2004) semakin rendahnya karbon bereaksi dengan uap air maka gas CO dan CO₂ terbentuk. Tingginya kandungan selulosa pada tongkol jagung juga mempengaruhi hasil nilai kalor. Kandungan selulosa yang tinggi maka semakin tinggi kadar karbon terikat pada bahan karena karbon merupakan komponen penyusun selulosa (Sutmoko, 2013). Karbon terikat dilakukan uji kenormalan membuktikan bahwa data menyebar normal serta uji homogenitas membuktikan bahwa data bersifat homogen atau seragam. Hasil yang didapat dari analisis keseragaman membuktikan bahwa berpengaruh sangat nyata karena diberikannya perlakuan terhadap karbon terikat karena nilai F hitung melebihi F tabel 1 % sehingga dilakukan uji lanjutan. Uji lanjutan

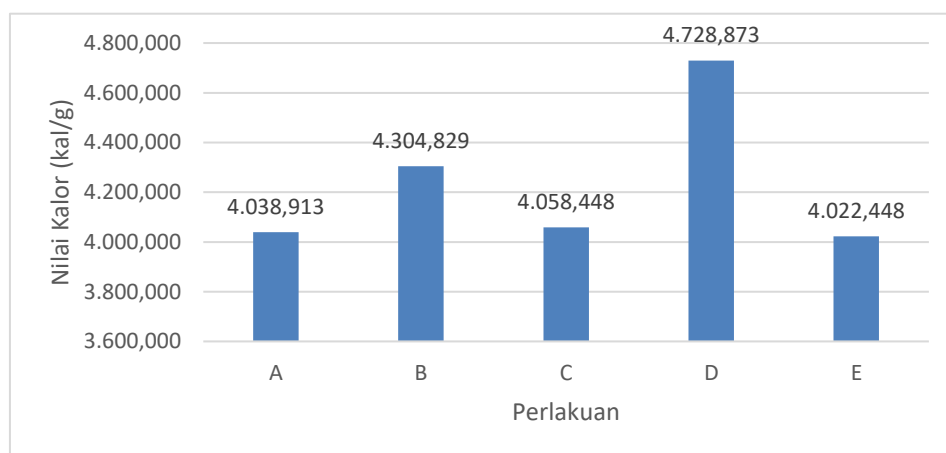
yang dilakukan yaitu Uji Duncan karena memiliki nilai koefisien keragaman sebesar 15,96 % dimana perlakuan yang berbeda nyata yaitu perlakuan A terhadap D dan E. Faktor yang mempengaruhi karbon terikat yaitu zat terbang serta kadar abu dimana semakin tinggi maka menurunkan nilai karbon terikat suatu briket. Faktor lain yang mempengaruhinya yaitu briket yang mengandung lignin dan selulosa dimana semakin tinggi kandungannya, maka semakin tinggi karbon terikatnya (Hanun, 2014).

Nilai Kalor

Kualitas briket dipengaruhi oleh faktor-faktor tertentu, salah satunya yaitu nilai kalor. Apabila nilai kalor yang dimiliki briket tinggi maka kualitasnya tinggi, apabila nilai kalor rendah maka kualitas briket rendah juga. Hasil perhitungan kalor yang dilakukan terhadap briket batubara dan tongkol jagung disajikan pada Tabel 5. Rata-rata pengujian nilai kalor berkisar 4.038,913 kal/g sampai 4.022,448 kal/g. Rata-rata nilai kalor terhadap perlakuan yang diberikan disajikan pada Gambar 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Nilai Kalor Briket Batubara dan Tongkol Jagung (kal/g)

Ulangan	Perlakuan (kal/g)					ASTM
	A	B	C	D	E	
1	3.302,908	3.485,180	3.894,748	4.774,460	4.431,868	> 6230 kal/g
2	4.375,259	4.387,640	3.896,800	4.821,480	4.280,756	
3	4.438,572	5.041,668	4.383,796	4.590,680	3.354,720	
Jumlah	12.116,739	12.914,488	12.175,344	14.186,620	12.067,344	
Rata-rata	4.038,913	4.304,829	4.058,448	4.728,873	4.022,448	



Gambar 5. Grafik Rata-rata Nilai Kalor (kal/g)

Dari grafik rata-rata kalor terlihat perlakuan E (100% batubara) memiliki nilai terendah yaitu 4.022,448 kal/g dan yang tertinggi D (75% tongkol jagung + 25% batubara) sebesar 4.728,873 kal/g. Penyebabnya yaitu kadar air yang terkandung dalam bahan baku briket hal ini disebutkan Rahman (2011), kadar air yang semakin rendah maka semakin tinggi nilai kalornya sehingga mempunyai kualitas yang baik. Tingkat kerapatan briket juga mempengaruhi hasil nilai kalor, semakin kuat penekanan ketika dilakukan pencetakan maka kadar air akan semakin sedikit pada briket sehingga menghasilkan tingginya nilai kalor. Hal ini sejalan dengan penelitian (Darvina dan Asma, 2011) variasi tekanan pencetakan briket dimana tingginya nilai kalor apabila tekanan ketika pencetakan briket tinggi juga.

Nilai kalor pada setiap perlakuan dilakukan uji normalitas mendapatkan nilai L_{max} (0,140) yang lebih kecil dibandingkan L_{tabel} serta data bersifat homogen yang dibuktikan dari uji homogen yang dilakukan dimana X^2_{hitung} (5,05) yang lebih kecil dibandingkan X^2_{hitung} . Uji analisis keragaman membuktikan bahwa

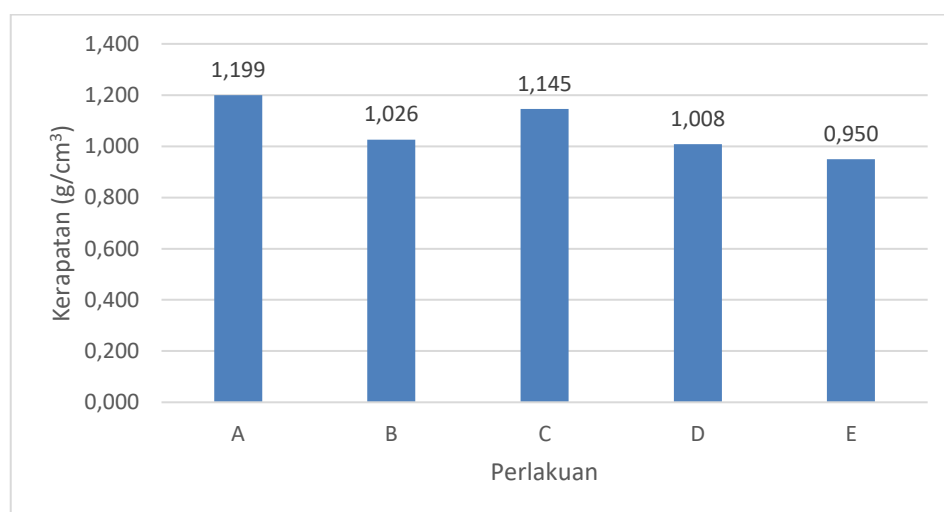
tidak terdapat berpengaruh nyata terhadap setiap perlakuan karena nilai F hitung lebih kecil dari F tabel sehingga tidak dilakukan pengujian lanjutan. Faktor yang mempengaruhi nilai kalor yaitu komposisi, jenis perekat yang digunakan, kadar air, dan kerapatan (Sumiati, 2023).

Kerapatan

Kerapatan suatu briket bisa menentukan kualitas briket itu sendiri. Apabila kerapatan briket tinggi, maka kualitas briket tinggi juga sehingga pembakaran yang dilakukan akan menjadi lebih lama. Bahan yang digunakan sebagai briket menjadi salah satu faktor tinggi rendahnya kerapatan yang dimiliki (Sidiq, 2017). Hasil kerapatan yang didapat terhadap briket batubara dan tongkol jagung disajikan pada Tabel 6. Tabel 6 menunjukkan bahwa rata-rata pengujian kerapatan berkisar antara 1,199 g/cm³ sampai 0,950 g/cm³. Rata-rata kerapatan setiap perlakuan disajikan pada Gambar 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kerapatan Briket Batubara dan Tongkol Jagung (g/cm³)

Ulangan	Perlakuan (g/cm ³)					ASTM
	A	B	C	D	E	
1	1,221	1,037	1,129	1,048	0,907	1 g/cm ³
2	1,228	0,996	1,167	0,966	0,940	
3	1,149	1,044	1,140	1,010	1,003	
Jumlah	3,598	3,078	3,436	3,024	2,849	
Rata-rata	1,199	1,026	1,145	1,008	0,950	



Gambar 6. Grafik Rata-rata Nilai Kerapatan (g/cm³)

Dari grafik rata-rata nilai kerapatan terlihat perlakuan E (100% tongkol jagung) memiliki nilai terendah yaitu $0,950 \text{ g/cm}^3$ dan tertinggi A (100% batubara) sebesar $1,199 \text{ g/cm}^3$. Hal ini diduga karena kandungan air pada batubara yang rendah sedangkan kandungan air pada tongkol jagung sangat tinggi sehingga berpengaruh pada kerapatan briket. Daya tekan pada pencetakan briket juga akan mempengaruhi hasil nilai kerapatan. Rata-rata nilai kerapatan ini dianalisis lebih mendalam dimana data tersebar normal yang dibuktikan dari uji normalitas yang nilai $L_{\max}$ (0,169) lebih kecil dibandingkan L_{tabel} , serta bersifat homogen yang terbukti pada uji homogen bahwa nilai X^2_{hitung} (1,727) lebih kecil dibandingkan X^2_{tabel} . Analisis keseragaman bahwa nilai F hitung melebihi F tabel 1 % sehingga terdapat berpengaruh sangat nyata terhadap perlakuan yang diberikan. Karena terdapat perbedaan sangat nyata, maka dilakukan uji lanjutan dimana nilai KK sebesar 3,52 % maka menggunakan uji lanjutan BNJ yang membuktikan bahwa perlakuan yang berbeda sangat nyata terdapat pada Perlakuan A terhadap B, D, dan E, serta

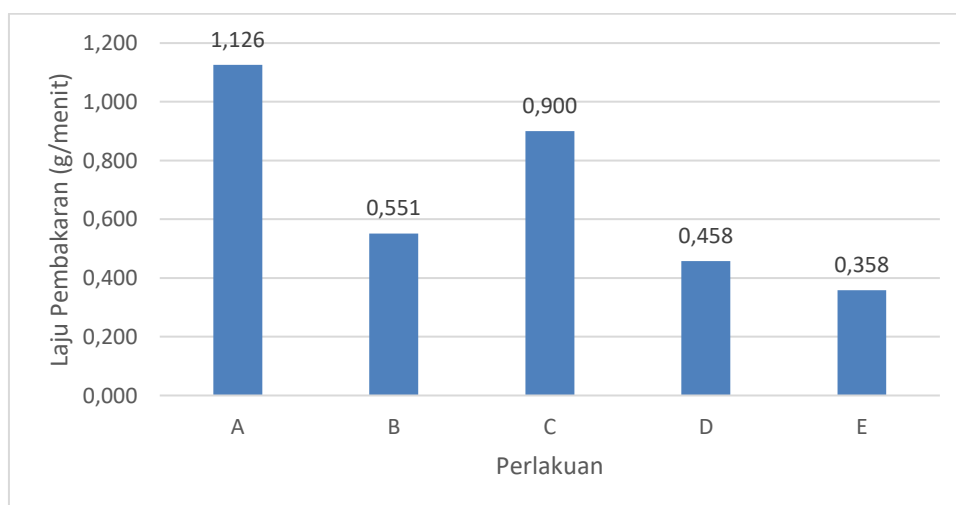
perlakuan C terhadap B, D, dan E. Faktor yang mempengaruhi nilai kerapatan yaitu bahan baku yang digunakan karena memiliki berat jenisnya tinggi menandakan kerapatan yang dimiliki bahan baku tersebut tinggi, serta proses pencetakan yang dilakukan dimana pencetakan yang dilakukan kurang sempurna, akan menyebabkan kerapatan rendah dan menghasilkan rongga atau pori-pori yang lebih besar (Sumiati, 2023).

Laju Pembakaran

Laju pembakaran merupakan suatu proses yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan lama menyala dari briket sehingga bisa mengetahui kualitas dari briket tersebut (Almu et al, 2014). Hasil pengujian yang dilakukan terhadap briket batubara dan tongkol jagung disajikan pada Tabel 7. Tabel 7 menunjukan bahwa rata-rata pengujian laju pembakaran berkisar antara 1,129 g/menit sampai 0,358 g/menit. Nilai rata-rata laju pembakaran briket disajikan pada Gambar 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Laju Pembakaran Briket Batubara dan Tongkol Jagung

Ulangan	Perlakuan (g/menit)				
	A	B	C	D	E
1	1,066	0,521	0,891	0,468	0,352
2	1,134	0,539	0,907	0,445	0,356
3	1,177	0,594	0,902	0,460	0,368
Jumlah	3,388	1,653	2,700	1,373	1,075
Rata-rata	1,129	0,551	0,900	0,458	0,358



Gambar 7. Grafik Rata-rata Laju Pembakaran (g/menit)

Dari grafik rata-rata laju pembakaran terlihat perlakuan E (100% tongkol jagung) memiliki nilai terendah yaitu 0,358 g/menit dan tertinggi A (100% batubara) sebesar 1,126 g/menit. Hal ini diduga bahwa semakin besar kandungan batubara pada briket, maka akan menghasilkan laju pembakaran lebih besar pula. Pada proses pemangangan briket batubara panjang nyala yang di hasilkan tergantung tinggi rendahnya zat terbang semakin tinggi zat terbang maka akan menghasilkan nyala api yang panjang semakin kecil, partikel pada serbuk batubara yang di gunakan juga mempengaruhi laju pembakaran sejalan dengan pendapat (Sukandarrumidi, 1995) *short flaming coal* yang mengandung sedikit. Berdasarkan grafik tersebut, maka perlakuan E merupakan perlakuan yang terbaik karena laju pembakaran yang paling kecil sehingga lama menyala briket menjadi lebih lama.

Data hasil pengujian laju pembakaran dilakukan uji normalitas yang dilakukan bahwa data menyebar normal dimana nilai L_{max} (0,211) lebih kecil dibandingkan L_{tabel} , serta dilakukan uji homogenitas yang membuktikan bahwa data bersifat homogen atau seragam dimana nilai X^2_{hitung} (9,39) lebih kecil

dibandingkan X^2_{tabel} . Uji lanjutan pada perlakuan terhadap laju pembakaran membuktikan bahwa terdapat berpengaruh sangat nyata karena F_{hitung} (322,699) melebihi F_{tabel} 1 % sehingga dilakukan uji lanjutan. Uji lanjutan yang dilakukan berdasarkan nilai KK yang didapat sebesar 4,59 % yaitu uji lanjutan Tukey yang membuktikan bahwa perlakuan yang berbeda sangat nyata yaitu perlakuan A terhadap B, D, dan E, serta perlakuan C terhadap B, D, dan E. sedangkan perlakuan yang berbeda nyata terdapat pada perlakuan A terhadap C, Perlakuan B terhadap D dan E, serta perlakuan D terhadap E Sehingga setiap perlakuan memiliki nilai yang berbeda dibandingkan perlakuan lainnya. Faktor yang mempengaruhi laju pembakaran briket yaitu tekanan saat pencetakan briket yang dilakukan dimana semakin tinggi tingkat kerapatannya maka temperatur panas akan semakin terjaga.

Rekapitulasi Pengujian Briket

Pembuatan briket yang dilakukan dengan menggunakan bahan baku batubara dan tongkol jagung dengan konsentrasi berbeda-beda disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Pengujian Briket Batubara dan Tongkol Jagung

Parameter	Perlakuan					ASTM
	A	B	C	D	E	
Kadar Air (%)	9,872	15,448	13,473	18,601	31,142	$\leq 6,2$
Kadar Abu (%)	7.622	8.472	7.783	8.795	9.221	$\leq 8,3$
Zat Terbang (%)	27,047	34,750	38,830	35,937	31,587	19-28
Karbon Terikat (%)	55.459	41.330	39.914	36.667	28.050	≥ 60
Nilai Kalor (kal/g)	4.038,913	4.304,829	4.058,448	4.728,873	4.022,448	≥ 6230
Kerapatan (g/cm ³)	1,199	1,026	1,145	1,008	0,950	1
Laju Pembakaran (g/menit)	1,126	0,551	0,900	0,458	0,358	

Tabel 8 menunjukkan bahwa, setiap perlakuan yang diberikan dalam pembuatan briket belum memenuhi semua standar dimana hanya beberapa parameter saja yang terpenuhi. Perlakuan yang memenuhi standar terbanyak yaitu perlakuan A dimana parameter yang terpenuhi yaitu kadar abu, zat terbang dan kerapatan. Perlakuan lainnya hanya memenuhi satu standar dari 6 parameter, dimana perlakuan B, C, dan D memenuhi standar untuk parameter kerapatan, sedangkan perlakuan E tidak memenuhi standar untuk parameter kadar abu. Berdasarkan hal tersebut, maka perlakuan A

merupakan briket yang paling bagus dibandingkan perlakuan lainnya dimana terdapat 2 parameter yang memenuhi standar dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan terbaik sesudah perlakuan A yaitu perlakuan C merupakan perlakuan terbaik selanjutnya karena mengandung kadar abu terendah dan memenuhi standar, kandungan air terkecil sesudah perlakuan A, dan nilai laju pembakaran tertinggi sesudah perlakuan A.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini yaitu briket yang kadar air terendah pada perlakuan A (100 % limbah batubara) yaitu 9,872 % dan tertinggi pada perlakuan E (100 % tongkol jagung), kadar abu terendah pada perlakuan A yaitu 7,622 % yang memenuhi standar ASTM dan tertinggi pada perlakuan E yaitu 9,221 % yang tidak memenuhi standar ASTM, zat terbang terendah pada perlakuan A yaitu 27,047 % yang memenuhi standar ASTM dan tertinggi pada perlakuan C (75 % limbah batubara + 25 % tongkol jagung) sebesar 38,830 %, karbon terikat tertinggi pada perlakuan A yaitu 55,459 % dan terendah pada perlakuan E yaitu 28,05 %, nilai kalor tertinggi terdapat pada perlakuan D (25 % limbah batubara + 75 % tongkol jagung) yaitu 4.728,873 kal/g dan terendah pada perlakuan E yaitu 4.022,448 kal/g, serta kerapatan tertinggi terdapat pada perlakuan A yaitu 1,199 g/cm³ dan terendah terdapat pada perlakuan E yaitu 0,950 g/cm³ dimana laju pembakaran tertinggi terdapat pada perlakuan E sebesar 0,358 g/menit dan laju pembakaran terendah yaitu perlakuan A sebesar 1,126 g/menit.

Saran

Saran dari penelitian yaitu penelitian selanjutnya menggunakan sampel perbandingan variasi komposisi briket dan perekat yang berbeda serta dalam penggunaan mesin pencetak briket agar lebih teliti kembali sehingga briket yang dihasilkan akan menjadi lebih bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- Almu, M. A., Syahrul, S., & Padang, Y. A. 2014. Analisa Nilai Kalor dan Laju Pembakaran pada briket Campuran Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) dan Abu Sekam Padi. *Dinamika Teknik Mesin*.
- Darvina, Yenni dan Nur Asma. 2011. "Upaya Peningkatan Kualitas Briket Dari Arang Cangkang Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Melalui Varlas Tekanan Pengepresan". Laporan Penelitian Jurusan Fisika UNP. Padang.
- Fauziah, N. 2009. *Pembuatan Arang Aktif Secara Langsung dari Kulit Acacia mangium Wild Dengan Aktivasi Fisika dan Aplikasinya Sebagai Adsorben*. Institut Pertanian Bogor.
- Hanun, F. 2014. *Nilai Kalor Kayu yang Memiliki Kerapatan dan Kadar Lignin Berbeda*. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor
- Kadir, A. 1995. *Energi: Sumberdaya, Inovasi, Tenaga Listrik, Potensi Ekonomi, Cet I Edisi ke-2/revisi*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI- Press).
- Lestari, A. P. dan Tjahjani, S., 2015, Pemanfaatan Bungkil Biji Kapuk (Ceiba Pentandra) Sebagai Campuran Briket Sekam Padi, Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences State University of Surabaya, *UNESA Journal of Chemistry* Vol. 4, No.1, 69-74.
- Maryono, S. Rahmawati. 2013. Preparation and Quality Analysis of Coconut Shell Charcoal Briquette Observed by Starch Concentration. *Journal Chemical*, 14(1), 74-83.
- Nasir A. 2015. *Karakteristik Wood Pellet Campuran Cangkang Sawit dan Kayu Bakau (Rhizophora spp.)*. [Skripsi]. Bogor : Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Pari, G. 2004, *Kajian Struktur Arang Aktif dari Serbuk Gergaji Kayu sebagai Adsorben Emisi Formaldehida Kayu Lapis*, Disertasi, Institut Pertanian Bogor.
- Putri, R. E., & Andasuryani, A. 2017. Studi mutu briket arang dengan bahan baku limbah biomassa. *Jurnal teknologi pertanian andalas*, 21(2), 143-151.
- Rahman. 2011, *Uji Keragaan Biopellet dari Biomassa Limbah Sekam Padi (Oryza sativa sp.) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan*, Skripsi. Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Riseanggara, R.R. 2008. *Optimasi Kadar Perekat pada Briket Limbah Biomassa*. Bogor: Perpustakaan Institut Pertanian Bogor.
- Rozaini, N., & Harahap, A. F. 2023. Dampak Kenaikan Harga Bahan Bakar Minyak (BBM) Terhadap Sembilan Bahan Pokok (Sembako) Di Kota Medan. *Jurnal Ekonomi*

- Manajemen dan Bisnis (JEMB)*, 1(2), 229-236.
- Satmoko, M.E.A.; Saputro, D.D.; Budiyono, A. 2013. *Karakteristik Briket dari Limbah Pengolahan Kayu Sengon dengan Metode Cetak Panas*, Univeristas Negeri Semarang, Semarang, 2(1)
- Sidiq, M. H. 2017. *Karakteristik Briket Arang dari Tempurung Kelapa (Cocos nucifera) dan Ulin (Eusideroxylon zwageri)*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sinurat, E. 2011. Studi Pemanfaatan Briket Kulit Jambu Mete dan Tongkol Jagung Sebagai Bahan Bakar Alternatif, Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makasar.
- Sukandarrumidi, 1995. *Batubara dan Gambut*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press,
- Sumiati. 2023. Pengaruh Komposisi Briket Campuran Arang Dari Limbah Batubara Dan Serbuk Arang Kayu Ulin (Eusideroxylon zwageri) Terhadap Kualitas Dan Laju Pembakaran. *Skripsi*. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Surajo I K, A., 2018. *Differences Between Coal and Hydrocarbons (Petroleum)*. 10.5281/zenodo.1484646
- Widarti, B. N., Sihotang, P., & Sarwono, E. 2016. Penggunaan tongkol jagung akan meningkatkan nilai kalor pada briket. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(2).
- Wijayanti, D. S. 2009. Karakteristik Briket Arang dari Serbuk Gergaji dengan Penambahan Arang Cangkang Kelapa Sawit. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Yunus, M. 2015. Karakteristik Thermal Briket Arang Limbah Serbuk Kayu Sengon dengan Variasi Tekanan.