SENIATI 2022
ISSN 2085-4218
ITN Malang, 13 Juli 2022

Analisa Laju Pembakaran Pada Briket Ampas Kopi Dan Serbuk Kayu Dengan Campuran Minyak Sawit

Alfindra Rizky Pratama [1)], Djoko Hari Praswanto [2)]

[1),2)]Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Sigura-Gura 2 Malang
Email : Alfindra07@Gmail.Com

Abstrak. *Ketersediaan Bahan Bakar Khususnya Bahan Bakar Padat Seperti Batu Bara Semakin Menipis Karena Setiap Tahun Semakin Banyak Penggunaan Batu Bara Untuk Berbagai Kebutuhan. Sebagai Solusi Pemanfaatan Limbah Ampas Kopi Dan Serbuk Kayu Yang Melimpah, Selain Untuk Menguragi Limbah Ampas Kopi Dan Serbuk Kayu Berpotensi Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan Salah Satunya Sebagai Briket, Salah Satu Yang Menjadi Perhatian Dari Potensi Pembuatan Briket Adalah Sumber Daya Yang Banyak Sehingga Pembuatan Briket Dapat Dimaksimalkan Untuk Memenuhi Kebutuhan Masyarakat. Penelitian Ini Dilakukan Untuk Mengetahui Variasi Komposisi Briket Ampas Kopi Dan Serbuk Kayu Yang Optimum, Ampas Kopi Dan Serbuk Kayu Dilakukan Proses Karbonisasi Kemudian Dicampur Dengan Tepung Botani Dan Miyak Sawit Lalu Dimasukkan Kedalam Cetakan Dan Dilakukan Pengepresan, Sebelum Dilakukan Pengujian Briket Dilakukan Pengeringan Untuk Mengurangi Kadar Air. Selanjutnya Dilakukan Pengujian Nilai Kalor, Kadar Air, Dan Laju Pembakaran. Hasil Pengujian Menunjukkan Bahwa Campuran Ampas Kopi Dan Serbuk Kayu Dengan Perbandingan 15 Gram : 15 Gram Adalah Komposisi Terbaik Dengan Hasil Nilai Kalor Tertinggi Sebesar 9198,959 Kal/Gram, Kadar Air Yang Cukup Rendah Sebesar 3,64% Dan Waktu Laju Pembakaran Sebesar 0,193 Gr/Menit Dengan Suhu Maksimum 564℃.*

Katakunci: *ampas kopi, serbuk kayu, minyak sawit, briket, nilai kalor .*

1. Pendahuluan

Ketersediaan bahan bakar khususnya bahan bakar padat seperti batu bara semakin menipis karena semakin banyak penggunaan batu bara untuk berbagai kebutuhan. Cadangan batu bara Indonesia mencapai 38,84 miliar ton dan tersebar di berbagai wilayah di Indonesia. Dengan produksi sekitar 600 juta ton per tahun, maka katersediaan batu bara diasumsikan masih sekitar 65 tahun jika tidak ada temuan cadangan baru. Limbah di indonesia khususnya limbah biomassa belum dimanfaatkan secara optimal. Pemanfaatan limbah selain untuk mengurangi pecemaran lingkungan juga dapat digunakan untuk sumber energi alternatif terbarukan [1]. Briket adalah salah satu contoh pemanfaatan biomassa sebagai bahan bakar pemanas.

Briket adalah bahan bakar yang berbahan baku biomassa yang berpotensi dijadikan sebagai bahan bakar pengganti batu bara, akan tetapi untuk saat ini penggunaannya masih berpusat sebagai bahan bakar rumahan berskala kecil. Salah satu yang menjadi perhatian dari potensi pembuatan briket adalah sumber daya atau bahan baku yang melimpah sehingga pembuatan briket dapat dimaksimalkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Briket merupakan bahan bakar alternatif yang menyerupai arang dan memiliki kerapatan serta nilai kalor yang lebih tinggi [2]. Sebagai salah satu bentuk bahan bakar terbarukan, briket merupakan bahan yang cukup sederhana, dalam proses pembuatan maupun bahan baku yang digunakan, sehingga bahan bakar briket memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan. Pembuatan briket dapat dilakukan dilakukan dengan menggunakan bahan yang berbasis biomassa, seperti briket serbuk kayu, tongkol jagung, sampah organik, ampas kopi, sekam padi, kulit singkong dan lain-lain [3].

SENIATI 2022
ISSN 2085-4218
ITN Malang, 13 Juli 2022

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja, dan kotoran ternak [4]. Selain digunakan untuk bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Biomassa yang umum yang digunakan sebagai bahan bakar adalah yang memiliki nilai ekonomis rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya [5].

Salah satu limbah yang kurang dimanfaatkan selama ini yaitu ampas kopi. Indonesia merupakan negara yang cukup subur untuk dijadikan sebagai lahan perkebunan dan pertanian termasuk untuk pengembangbiakkan tanaman kopi, selain itu konsumsi kopi di indonesia juga semakin menngkat yang mengakibatkan limbah ampas kopi melimpah. Ampas kopi adalah limbah akhir dari proses penyeduhan kopi. Meningkatnya konsumsi kopi di Indonesia mengakitbatkan bertambahnya limbah ampas kopi. Pemanfaatan ampas kopi biasanya hanya digunakan untuk pupuk tanaman karena mengandung nutrisi penting untuk pertumbuhan tanaman, seperti kalsium, kalium, nitrogen, besi, magnesium fosfor, dan kromium. Ampas kopi mengandung selulosa sebesar 8,6% sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar terbarukan [6].

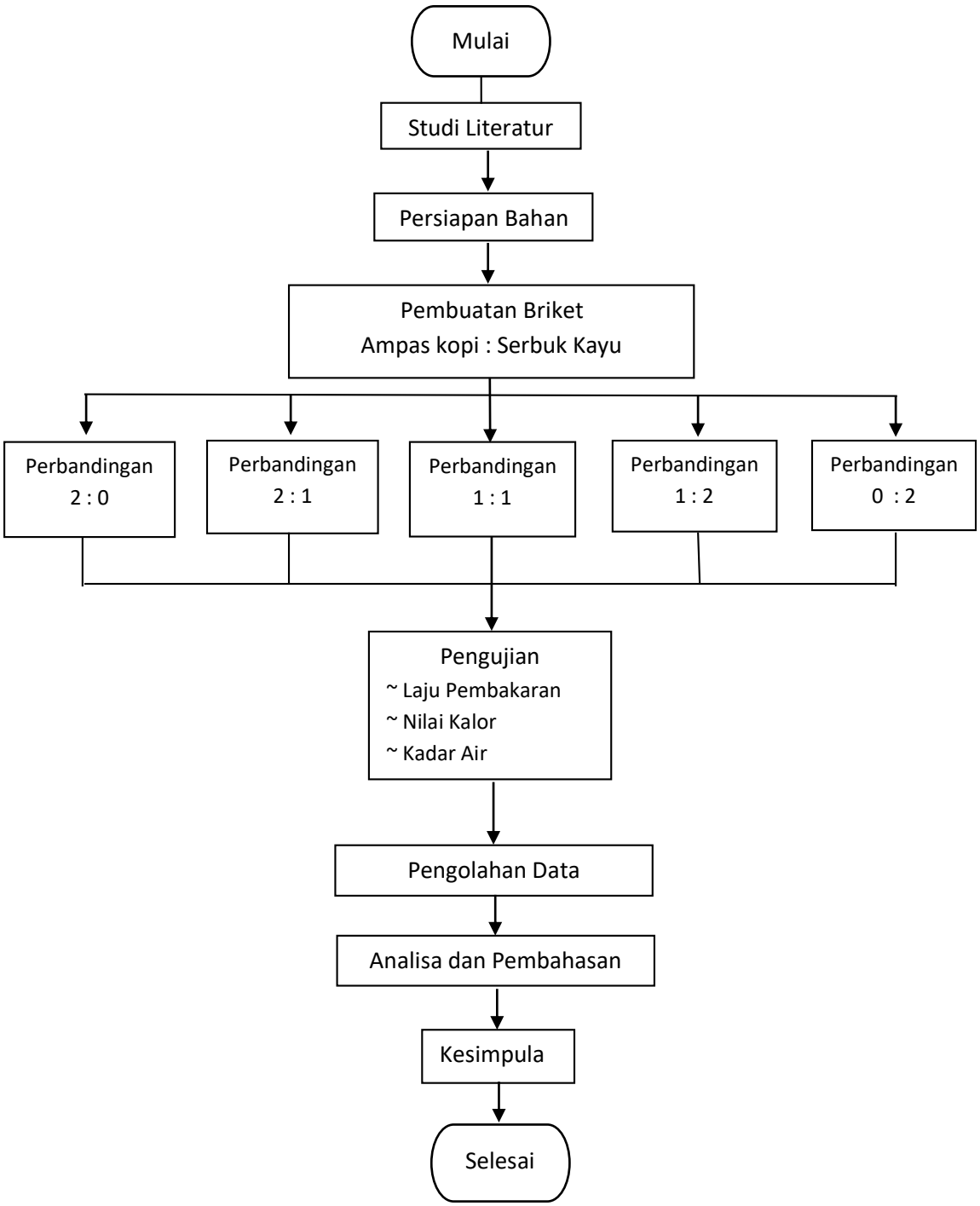
Selain itu, limbah yang kurang dimanfaatkan yaitu serbuk kayu. Indonesia termasuk negara dengan industri kayu yang tinggi hal ini mengakibatkan menumpuknya limbah serbuk kayu. Serbuk kayu merupakan limbah hasil industri yang kurang dimanfaatkan khususnya kayu sengon yang mempunyai kandungan selulosa yang cukup tinggi sebesar 41,17% [7]. Kayu sengon merupakan salah satu bahan baku biomassa dimana dalam pemanfaatannya masih belum optimal dan tidak jarang masih menjadi limbah yang menumpuk seiring dengan pesatnya industri mebel atau furnitur, oleh karena itu serbuk kayu dapat dimanfaatkan sebagai energi biomasa salah satunya sebagai bahan baku briket. Salah satu kayu yang banyak ditemukan di indonesia adalah kayu mahoni. Kayu mahoni (swietenia macrophylla king) merupakan salah satu bahan baku biomassa dimana dalam pemanfaatannya masih belum optimal dan tidak jarang masih menjadi limbah yang menumpuk seiring dengan pesatnya industri mebel atau furnitur. karena kayu mahoni terdiri atas senyawa kompleks dengan komposisi selulosa 35-50%, hemiselulosa 20-30%, dan lignin 25- 30% [8], [9][10]. Kayu mahoni sendiri termasuk hardwold, yaitu jenis kayu yang keras yang memerlukan temperatur tinggi untuk mendekomposisi senyawa-senyawanya [11].

Kedua bahan di atas dapat dijadikan bahan bakar alternatif berupa briket dengan memiliki kelemahan pada laju nyala api. Oleh karena itu dilakukan penambahan bahan bakar cair berupa minyak sawit untuk meningkatkan laju nyala api briket ampas kopi dan serbuk kayu [8].

Indonesia merupakan penghasil kelapa sawit terbesar didunia yang biasanya diolah mendaji minyak sawit atau Crude palm oil (CPO) yaitu merupaan minyak yang berasal dari buah kelapa sawit yang didapatkan dengan mengekstark buah sawit tersebut, Selain berupa minyak sawit sebagai produk utama, proses ini pula menghasilkan produk sampingan berupa tandan kosong yang biasanya diolah menjadi kompos, serat perasan, lumpur sawit/solid, dan bungkir kelapa sawit [12].

Dari latar belakang diatas maka dilakukan penelitian mengenai pengaruh briket ampas kopi dan serbuk kayu dengan campuran berupa minyak sawit dengan perbandingan 2:0, 2:1, 1:1, 1:2, 0:2 terhadap performa pembakarannya. Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental, dimana metode eksperimental ini digunakan untuk mencari sebab-akibat yang terjadi dari pengaruh penambahan komposisi pada briket. Agar penelitian ini terarah maka dirumuskan diagram alir sebagai berikut.

SENIATI 2022
ISSN 2085-4218
ITN Malang, 13 Juli 2022



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2. Pembahasan

Hasil penelitian briket dari ampas kopi dan serbuk kayu dengan campuran tepung tapoika dan minyak sawit disajikan dalam bentuk Gambar dan tabel. Hasil uji nilai kalor dan kadar air dan dilanjutkan dengan uji laju pembakaran. Nilai kalor dan kadar air mempengaruhi perbedaan cukup signifikan dari masing masing spesimen laju pembakaran.

SENIATI 2022
ISSN 2085-4218
ITN Malang, 13 Juli 2022

2.1. Nilai kalor

Penetapan nilai kalor bertujuan untuk mengetahui intensitas nilai panas pembakaran yang dihasilkan briket arang. Nilai kalor menjadi parameter mutu kualitas briket arang dengan variasi campuran bahan Ampas Kopi dan Serbuk Kayu 2:0, 2:1, 1:1, 1:2, 0:2 dengan perekat sebanyak 7,5 gram dan campuran minyak sawit sebanyak 30 gram. Rata-rata massa briket setiap spesimennya 5 gram. Data massa sampel, perbedaan temperatur, dan panjang kawat sisa dapat dihitung dengan persamaan (1) :

$$HHV = [(T\ akhir - T\ awal) x\ Standart\ benzoic] - \frac{(P\ awal\ kawat - P\ sisa\ kawat) x 2.3) - nilai\ kalor\ abu}{massa\ bahan\ uji} \quad \text{.....(1)}$$

Dimana :

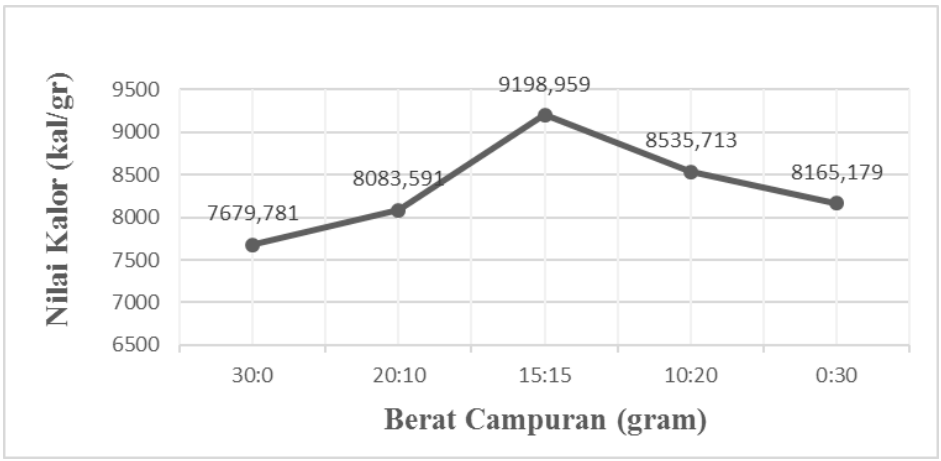
Nilai kalor abu = 10 kal/gr

Hasil pengujian dapat ditunjukkan didalam tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Nilai Kalor

No	Ampas Kopi	Serbuk Kayu	Tepung botani	Minyak Sawit	Nilai kalor (kal/gram)
1	30 gram	0 gram	7,5 gram	30 gram	7679.781
2	20 gram	20 gram	7,5 gram	30 gram	8083.591
3	15 gram	15 gram	7,5 gram	30 gram	9198.959
4	10 gram	20 gram	7,5 gram	30 gram	8535.713
5	0 gram	30 gram	7,5 gram	30 gram	8165.179

Dari tabel 1 didapatkan grafik pengaruh komposisi briket terhadap nilai kalor seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Hubungan Variasi Komposisi Briket Terhadap Nilai Kalor [1]

Berdasarkan Grafik Hubungan Variasi Komposisi Briket Terhadap Nilai Kalor diperoleh hasil uji nilai kalor terendah sebesar 7679,781 kal/gr yaitu pada spesimen 1 dengan komposisi 30gram ampas kopi, sedangkan nilai kalor tertinggi adalah sebesar 9198,959 kal/gr yaitu pada spesimen 3 komposisi 15 gram ampas kopi dan 15 gram serbuk kayu. Nilai kalor mengalami penurunan pada spesimen 2 variasi komposisi 2 gram ampas kopi dan 10 gram serbuk kayu, dengan nilai kalor 8083,591 kal/gr. Pada spesimen 4 dengan variasi komposisi 10 gram ampas kopi dan 20 gram serbuk kayu, nilai kalor mengalami penurunan dengan hasil pengujian 8535,713 kal/gr. Dan pada spesimen 5 dengan variasi 30 gram serbuk kayu, kembali mengalami penurunan dengan nilai kalor yang dihasilkan sebanyak 8165,179kal/gr. Faktor yang mempengaruhi naik turunnya nilai kalor dari setiap spesimen adalah perbedaan jumlah pencampuran dari ampas kopi dan serbuk yang bervariasi. Kadar air sangat mempengaruhi kualitas briket yang dihasilkan, semakin rendah kadar air briket maka semakin tinggi

SENIATI 2022
ISSN 2085-4218
ITN Malang, 13 Juli 2022

nilai kalor dan laju pembakarannya (Eka Putri,2017). Dapat dilihat dari grafik diatas ampas kopi yang memiliki kadar air tinngi nilai kalornya lebih rendah dibanding serbuk kayu yang memiliki kadar air yang rendah. Pada spesimen 3 dapat dilihat bahwa campuran ampas kopi dan serbuk kayu dapat menaikan nilai kalor.

2.2. Kadar air

Kadar air adalah jumlah air yang terdapat dalam biobriket setelah dilakukannya proses pengovenan, pengovenan dilakukan dengan waktu 20 menit pada temperatur 90°C sebelum pengujian untuk mengurangi kadar air yang ada pada briket. Besar kecilnya persentase kadar air berpengaruh pada nilai kalor yang ada pada briket. Kadar air dapat dihitung dengan persamaan (2).

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{((m1-m2))}{m1} \times 100\% \quad \text{.....(2)}$$

Keterangan : m1 = massa awal (gr)

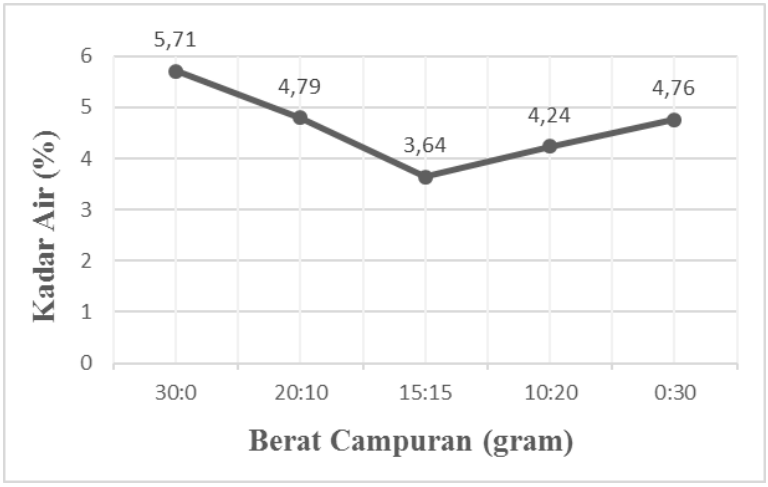
m2 = massa setelah kering (gr)

Hasil pengujian dapat ditunjukkan didalam tabel 2.

Tabel 2. Tabel Hasil Pengujian Kadar Air

No	Ampas Kopi	Serbuk Kayu	Tepung botani	Minyak Sawit	Kadar Air (%)
1	30 gram	0 gram	7,5 gram	30 gram	5.71
2	20 gram	20 gram	7,5 gram	30 gram	4.79
3	15 gram	15 gram	7,5 gram	30 gram	3.64
4	10 gram	20 gram	7,5 gram	30 gram	4.24
5	0 gram	30 gram	7,5 gram	30 gram	4.76

Dari tabel 2 didapatkan grafik pengaruh komposisi briket terhadap nilai kalor seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Hubungan Variasi Komposisi Briket Terhadap Kadar Air [1]

Berdasarkan pada grafik Hubungan Variasi Komposisi Briket Terhadap Kadar Air dapat dilihat hasil kadar air tertinggi sebesar 5,71% yang diperoleh dari spesimen 1 dengan variasi komposisi 30gr ampas kopi, 7,5 gram campuran perekat tepung botani dan 30 gram minyak sawit, sedangkan kadar air terendah pada spesimen 3 dengan variasi komposisi 15 gram ampas kopi, 15 gram serbuk kayu, 7,5 gram campuran perekat tepung botani dan 30 gram minyak sawit dengan nilai kadar air sebesar 3,64%. Pada spesimen pertama dengan variasi komposisi 30 gram ampas kopi serbuk kayu, 7,5 gram campuran

SENIATI 2022
ISSN 2085-4218
ITN Malang, 13 Juli 2022

perekat tepung botani dan 30 gram minyak sawit didapatkan kadar air sebesar 5,71%, kemudian pada specimen 2 dengan variasi komposisi 20 gram ampas kopi, 10 gram serbuk kayu, 7,5 gram campuran perekat tepung botani dan 30 gram minyak sawit mengalami penurunan diperoleh 4.79% kandungan kadar air. Pada spesimen 3 dengan variasi komposisi 10 gram : 10 gram campuran ampas kopi dan serbuk kayu kadar air kembali mengalami penurunan dan merupakan komposisi dengan kadar air terendah yaitu sebesar 3,64%, pada spesimen 4 dengan variasi komposisi 10 gram : 20 gram campuran ampas kopi dan serbuk kayu kadar air yang dihasilkan naik menjadi 4,24%. Pada spesimen 5 kadar air turun menjadi 4.76% dengan variasi komposisi 30 gram campuran ampas kopi dan serbuk kayu. Semakin tinggi kandungan selulosa dan lignin maka menghasilkan kadar air yang rendah. Hal ini disebabkan pada proses karbonisasi selulosa dan lignin di dalam bahan akan berubah menjadi arang [9]. Ampas kopi memiliki kandungan selulosa sebesar 8,6% sedangkan serbuk kayu memiliki kandungan selulosa sebar 41,17% dapat dilihat pada grafik diatas ampas kopi memiliki kadar selulosa rendah kadar airnya lebih banyak dibanding serbuk kayu yang mengandung kadar selulosa lebih tinggi, pada spesimen 3 dapat dilihat bahwa campuran ampas kopi dan serbuk kayu akan meningkatkan kadar air.

2.3. Laju pembakaran

Pengujian laju pembakaran dilakukan secara manual cara dengan cara dibakar menggunakan torch flame gun dan waktu pembakaran dihitung menggunakan stopwatch dan diukur menggunakan thermometer setiap spesimen briket diuji mana yang lebih mudah terbakar dan paling cepat menghasilkan bara api. Pengujian nyala api awal hanya sampai di detik-detik briket menghasilkan bara api. Laju pembakaran dapat dihitung menggunakan persamaan (3).

$$\text{Laju pembakaran } \frac{a}{b} = \ldots \text{ gr/menit} \quad (3)$$

Keterangan : a = Massa Briket terbakar

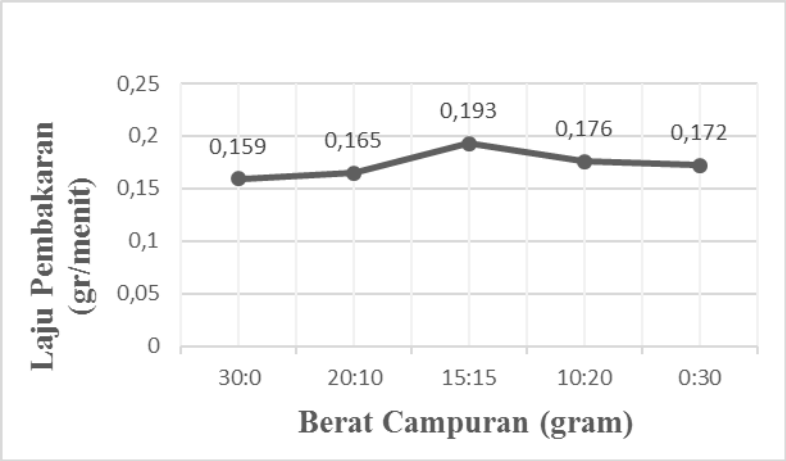
b = Waktu Pembakaran

Tabel 3. Hasil Pengujian Laju Pembakaran

No	Ampas Kopi	Serbuk kayu	Tepung botani	Minyak sawit	Massa Briket (gr)	Waktu Pembakaran (m)	Laju Pembakaran (gr/menit)
1	30gr	0gr	7,5gr	30gr	5	31.30	0.159
2	20gr	10gr	7,5gr	30gr	5	30.30	0.165
3	15gr	15gr	7,5gr	30gr	5	25.09	0.193
4	10gr	20gr	7,5gr	30gr	5	28.40	0.176
5	0gr	30gr	7,5gr	30gr	5	29.06	0.172

Dari tabel 3 didapatkan grafik pengaruh komposisi briket terhadap nilai kalor seperti pada gambar 4.

SENIATI 2022
ISSN 2085-4218
ITN Malang, 13 Juli 2022

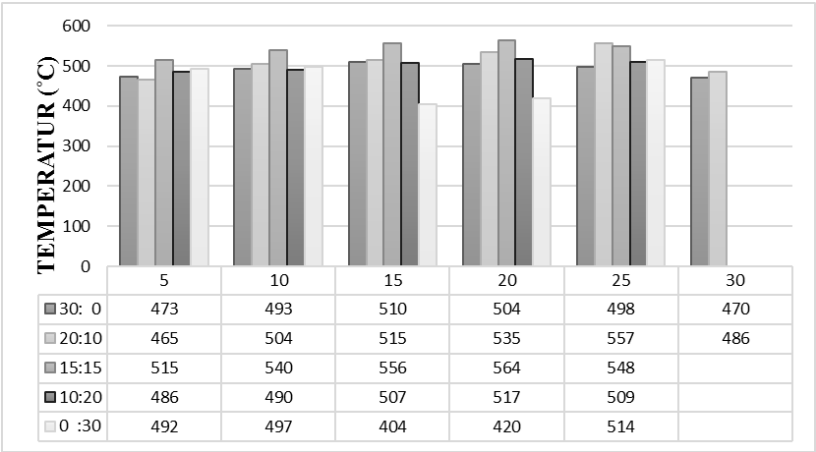


Gambar 4. Hubungan Variasi Komposisi Briket Terhadap Laju Pembakaran [1]

Tabel 4. Hasil Pengujian Laju Pembakaran

No	Ampas Kopi	Serbuk kayu	Tepung botani	Temperatur /menit (˚C)					
				5	10	15	20	25	30
1	30gr	0gr	7,5gr	473	467	510	504	498	470
2	20gr	10gr	7,5gr	493	504	515	535	557	486
3	15gr	15gr	7,5gr	515	540	556	564	548	0
4	10gr	20gr	7,5gr	487	490	507	517	509	0
5	0gr	30gr	7,5gr	492	497	504	520	514	0

Dari tabel 4 didapatkan grafik pengaruh komposisi briket terhadap laju pembakaran seperti gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Variasi Komposisi Briket Terhadap Laju Pembakaran[1]

Berdasarkan grafik Hubungan Variasi Komposisi Briket Terhadap Laju Pembakaran dan Hubungan Temperatur Variasi Briket Terhadap Waktu Pembakaran didapatkan hasil uji yang menunjukkan laju pembakaran paling cepat yaitu pada spesimen 3 dengan variasi komposisi 15gr : 15gr campuran ampas kopi dan serbuk kayu dengan waktu laju pembakaran 0,193 gr/menit, pada komposisi ini pembakaran briket memiliki estimasi waktu pembakaran selama 25,09 menit dengan temperatur nyala 515℃;540℃;556℃;564℃ dan 548℃ per-5 menitnya, hal ini dikarenakan rendahnya kadar air yang terkandung pada spesimen ini sehingga mempengaruhi laju pembakara briket briket, sedangkan laju pembakaran paling lama ada pada spesimen pertama dengan variasi komposisi 30gr ampas kopi dengan waktu laju pembakaran 0,159 gr/menit dan 31,30 menit waktu pembakaran, temperatur nyala

SENIATI 2022
ISSN 2085-4218
ITN Malang, 13 Juli 2022

yang dihasilkan lebih rendah dari spesimen 3 yaitu sekitar 473℃;467℃;510℃;504℃;498℃ dan 470℃ per-5 menitnya dikarenakan rendahnya nilai kalor dan tingginya kadar air yang terkandung pada spesimen ini, sehingga panas dari pembakaran hanya menguapkan air dalam kandungan briket. Pada variasi ke-5 dengan komposisi 30gr serbuk kayu, didapatkan hasil uji laju pembakaran selama 0,172 gr/menit dan 29,06 menit waktu pembakaran dengan temperatur nyala 492℃;497℃;404℃;520℃, dan 514℃ per-5 menit, kemudian pada spesimen 4 dengan variasi komposisi 10gr : 20gr ampas kopi dan serbuk kayu didapatkan laju pembakaran selama 0,176 gr/menit dan 28.40 m/s waktu pembakaran dengan temperatur nyala 487℃;490℃;507℃;517℃, dan 509℃ per-5 menitnya. Spesimen ke-2 dengan variasi komposisi 20gr : 10gr ampas kopi dan serbuk kayu menghasilakn laju pembakaran selama 0,165 gr/menit dan 30,30 menit waktu pembakaran dengan temperatur nyala 446℃;504℃;515℃;535℃;557℃, dan 486℃ per-5 menit. Dilihat dari grafik Hubungan Variasi Komposisi Briket Terhadap Laju Pembakaran dan grafik Hubungan Temperatur Variasi Briket Terhadap Waktu Pembakaran. Briket dengan kadar air yang tinggi akan sulit dinyalakan dan saat pembakaran dan banyak menghasilkan asap, selain itu kadar air yang tinngi akan mengurangi temperatur penyalaan dan daya pembakarannya (Eka Putri, 2017). Dapat disimpulkan kadar air dan kadar kalor sangat mempengaruhi laju pembakaran dan waktu pembakaran sebuah briket, karena semakin tinggin kadar air semakin pula rendah nilai kalor yang menyebabkan lambatnya laju pembakaran dan waktu pembakaran. Dapat dilihat pada grafik diatas spesimen 3 yang memiliki nilai kalor tinggi menyebabkan cepatnya laju pembakaran dan temperatur yang dihasilkan lebih tinggi dibanding spesimen lainya.

3. Simpulan

Campuran variasi komposisi terbaik adalah pada spesimen 3 dengan komposisi 15gram ampas kopi dan 15 gram serbuk kayu, hal ini disebabkan pencampuran ampas kopi dan serbuk kayu dapat meningkatkan nilai kalor yaitu dengan nilai kalor sebesar 9198,959 kal/gr, waktu nyala api paling cepat yaitu 23 detik dan waktu laju pembakaran 0,193 gr/menit, pada komposisi ini pembakaran briket memiliki estimasi waktu pembakaran selama 25,09 menit dengan temperatur nyala 515℃;540℃;556℃;564℃ dan 548℃ per-5 menitnya.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terimakasih kepada civitas Program Studi Teknik Mesin S-1 yang telah memberikan ilmu teknik mesin sehingga kami dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

Daftar Pustaka

[1] R. Shuma and D. M. Madyira, “Production of Loose Biomass Briquettes from Agricultural and Forestry Residues,” *Procedia Manuf.*, vol. 7, pp. 98–105, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2016.12.026.

[2] N. Hajinajaf, A. Mehrabadi, and O. Tavakoli, “Practical strategies to improve harvestable biomass energy yield in microalgal culture: A review,” *Biomass and Bioenergy*, vol. 145, no. April 2020, p. 105941, 2021, doi: 10.1016/j.biombioe.2020.105941.

[3] S. Y. Foong *et al.*, “Valorization of biomass waste to engineered activated biochar by microwave pyrolysis: Progress, challenges, and future directions,” *Chem. Eng. J.*, vol. 389, p. 124401, 2020, doi: 10.1016/j.cej.2020.124401.

[4] J. C. Solarte-Toro, Y. Chacón-Pérez, and C. A. Cardona-Alzate, “Evaluation of biogas and syngas as energy vectors for heat and power generation using lignocellulosic biomass as raw material,” *Electron. J. Biotechnol.*, vol. 33, pp. 52–62, 2018, doi: 10.1016/j.ejbt.2018.03.005.

[5] A. C. Kalogridis *et al.*, “Smoke aerosol chemistry and aging of Siberian biomass burning emissions in a large aerosol chamber,” *Atmos. Environ.*, vol. 185, pp. 15–28, 2018, doi: 10.1016/j.atmosenv.2018.04.033.

[6] M. Achad, S. Caumo, P. de Castro Vasconcellos, H. Bajano, D. Gómez, and P. Smichowski, “Chemical markers of biomass burning: Determination of levoglucosan, and potassium in size-classified atmospheric aerosols collected in Buenos Aires, Argentina by different analytical techniques,” *Microchem. J.*, vol. 139, no. 2017, pp. 181–187, 2018, doi:

10.1016/j.microc.2018.02.016.

[7] H. Ke, S. Gong, J. He, C. Zhou, L. Zhang, and Y. Zhou, "Spatial and temporal distribution of open bio-mass burning in China from 2013 to 2017," *Atmos. Environ.*, vol. 210, pp. 156–165, 2019, doi: 10.1016/j.atmosenv.2019.04.039.

[8] H. W. Xiao, J. F. Wu, L. Luo, C. Liu, Y. J. Xie, and H. Y. Xiao, "Enhanced biomass burning as a source of aerosol ammonium over cities in central China in autumn," *Environ. Pollut.*, vol. 266, p. 115278, 2020, doi: 10.1016/j.envpol.2020.115278.

[9] W. Wijayanti, "Identifikasi Komposisi Kimia Tar Kayu Mahoni untuk Biofuel pada Berbagai Temperatur Pirolisis," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 9, no. 3, pp. 183–190, 2018, doi: 10.21776/ub.jrm.2018.009.03.5.

[10] U. B. Deshannavar, P. G. Hegde, Z. Dhalayat, V. Patil, and S. Gavas, "Production and characterization of agro-based briquettes and estimation of calorific value by regression analysis: An energy application," *Mater. Sci. Energy Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 175–181, 2018, doi: 10.1016/j.mset.2018.07.003.

[11] R. Eka Putri and A. Andasuryani, "Studi Mutu Briket Arang Dengan Bahan Baku Limbah Biomassa," *J. Teknol. Pertan. Andalas*, vol. 21, no. 2, p. 143, 2017, doi: 10.25077/jtpa.21.2.143-151.2017.

[12] Q. Wang, K. Han, J. Gao, H. Li, and C. Lu, "The pyrolysis of biomass briquettes: Effect of pyrolysis temperature and phosphorus additives on the quality and combustion of bio-char briquettes," *Fuel*, vol. 199, pp. 488–496, 2017, doi: 10.1016/j.fuel.2017.03.011.