

PENGARUH WAKTU DAN SUHU PIROLISIS TERHADAP MUTU BRIKET DARI LIMBAH PADAT GONDORUKEM

Nabilla Sagita Ramadha, Rizkia Rismalina Nur Azizah, Mufid

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

nabillasagita30@gmail.com ; [mufidpolinema@gmail.com]

ABSTRAK

Kebiasaan masyarakat menggunakan satu jenis sumber energi fosil masih sering dijumpai di Indonesia. Industri penghasil gondorukem dari getah pinus menghasilkan limbah padat yang belum diolah secara maksimal. Limbah padat gondorukem terdiri dari dedaunan, ranting, serpihan kayu, getah, dan terpentin. Adapun solusi untuk mengolah limbah ini dan untuk mengganti kebiasaan masyarakat tersebut adalah dengan mengubahnya menjadi energi terbarukan berupa briket. Tujuan penelitian ini yaitu menentukan pengaruh lamanya waktu dan suhu pirolisis terhadap mutu briket dari limbah padat gondorukem, serta menentukan perbandingan mutu briket dengan SNI 01-6235-2000. Pembuatan briket dilakukan dengan pengeringan bahan selama 12 jam, pengurangan dengan metode pirolisis, penghancuran arang, dan pencetakan. Variabel yang digunakan yaitu waktu (30 menit, 60 menit, 90 menit) dan suhu (250°C, 300°C, 350°C) pirolisis. Dari hasil percobaan didapatkan semakin tinggi suhu pirolisis, maka semakin tinggi kadar abu, kadar zat terbang, dan nilai kalor, serta semakin rendah kadar air dan kadar karbon terikat. Semakin lama waktu pirolisis, maka semakin tinggi kadar abu dan kadar zat terbang, serta semakin rendah kadar air, kadar karbon terikat, dan nilai kalor. Beberapa briket memenuhi standar mutu SNI 01-6235-2000. Pada mutu kadar air, kadar zat terbang, dan nilai kalor briket limbah padat gondorukem telah memenuhi standar. Sedangkan pada mutu kadar abu dan karbon terikat briket tidak memenuhi standar.

Kata kunci: briket, gondorukem, limbah padat, pirolisis

ABSTRACT

The habit of people using only one type of fossil energy source is still found in Indonesia. The industries producing gondorukem from pine tree sap has solid waste that has not been processed optimally. Gondorukem solid waste consists of leaves, twigs, wood chips, sap, and turpentine. The solution to treat gondorukem solid waste and to change the people's habits is to convert it into renewable energy in the form of briquettes. The purposes of this study are to determine the effect of the various time and temperature of pyrolysis on the quality of briquettes from gondorukem solid waste, and to determine the comparison of the quality of briquettes with SNI 01-6235-2000. Making briquette was done by drying the materials for 12 hours, pyrolysis carbonization, charcoal size reduction, and molding. The variables used in this study such as time (30 minutes, 60 minutes, 90 minutes) and temperature (250°C, 300°C, 350°C). From the results can be concluded that the higher temperature of pyrolysis, the higher ash content, volatile matter content, calorific value, and the lower water, fixed carbon content. The longer time of pyrolysis, the higher ash content, volatile matter content, and the lower water content, fixed carbon content, calorific value. Some of briquettes meet the quality standard of SNI 01-6235-2000. The water content, volatile matter content, and calorific value of briquette meet the quality standard, but the ash content and fixed carbon content do not meet the quality.

Keywords: briquette, gondorukem, solid waste, pyrolysis

Corresponding author: Mufid

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

E-mail: mufidpolinema@gmail.com



1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi di Indonesia semakin meningkat, sehingga aktivitas penduduk juga semakin meningkat. Aktivitas penduduk tak jarang lepas dari penggunaan energi, seperti energi listrik dan energi panas [1]. Energi panas berasal dari panas matahari dan bahan bakar, tetapi hingga saat ini masyarakat masih bergantung pada satu jenis bahan bakar yaitu bahan bakar berbasis fosil. Bahan bakar yang berasal dari fosil apabila digunakan secara terus menerus akan mengakibatkan kelangkaan dan segera habis, serta mengakibatkan lonjakan harga bahan bakar tersebut [2]. Seiring perkembangan zaman muncul inovasi-inovasi untuk menggantikan energi tak terbarukan yaitu energi alternatif dari biomassa. Biomassa merupakan bahan organik yang berasal dari tumbuhan, baik berupa produk atau limbah [3]. Biomassa mengandung karbon yang dapat menghasilkan panas ketika dioksidasi dan memiliki keunggulan apabila digunakan sebagai sumber energi yaitu dapat diperbarui sehingga tergolong energi *sustainable* [4].

Pinus merkusii adalah jenis yang paling banyak di budidayakan yang ditanam dalam Program Penyelamatan Hutan, Tanah dan Air khususnya kegiatan reboisasi dan penghijauan oleh pemerintah sejak era tahun 60-an [5]. Tanaman pinus menghasilkan getah yang dapat diolah menjadi gondorukem, dimana dalam pengolahannya dihasilkan limbah padat berupa campuran dari dedaunan, ranting, serpihan kayu, getah, dan terpentin, yang termasuk jenis biomassa. Limbah padat ini dapat menyebabkan masalah lingkungan apabila terus ditumpuk dan tidak dimanfaatkan. Salah satu cara pemanfaatan limbah ini yaitu dengan memanfaatkannya menjadi bahan bakar alternatif berupa briket.

Briket adalah bahan bakar padat terbuat dari biomassa yang mengandung karbon, memiliki nilai karbon tinggi, dan dapat menyala dalam waktu lama [6]. Briket dapat dibuat dari berbagai macam biomassa. Peneliti sebelumnya telah membuat briket dengan bahan baku sekam padi dan ampas tebu, tetapi briket belum memenuhi SNI 01-6235-2000 [7]. Selain itu, briket juga pernah dari bahan baku daun jati [8]. Dengan sedikitnya literatur mengenai pemanfaatan limbah padat gondorukem sebagai briket, penelitian ini diharapkan mendapat apresiasi baik bagi pasar dan berdampak positif bagi industri pengolahan gondorukem sendiri.

Proses pembuatan briket pada penelitian ini meliputi dua proses, karbonisasi dan pencetakan briket. Karbonisasi dilakukan dengan metode pirolisis. Keuntungan pemanasan metode pirolisis pada biomassa yaitu dapat menghasilkan *yield* arang dan nilai kalor lebih besar dibandingkan dengan metode karbonisasi konvensional [9]. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini difokuskan untuk menentukan pengaruh lamanya waktu dan suhu pirolisis terhadap mutu briket dari limbah padat gondorukem, serta dibandingkan dengan mutu briket SNI 01-6235-2000.

2. METODOLOGI PENELITIAN

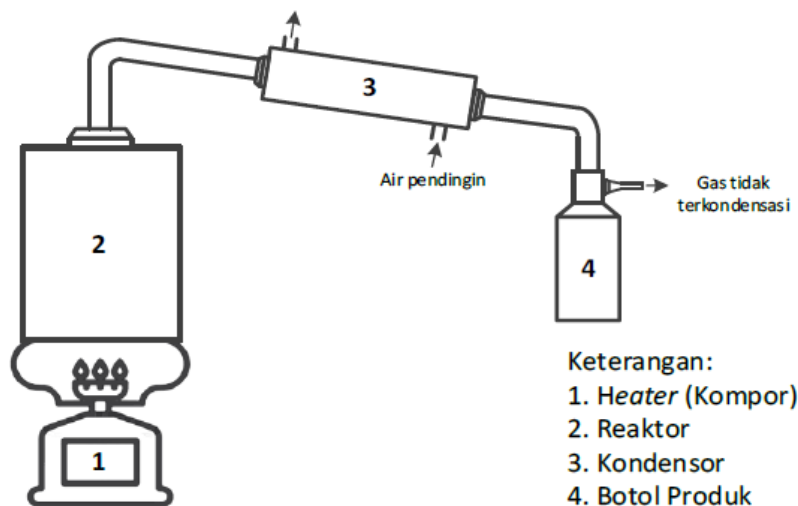
Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan adalah limbah padat gondorukem. Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimen untuk mengetahui pengaruh waktu dan suhu pirolisis terhadap mutu briket yang dibuat. Metodologi penelitian ini meliputi beberapa tahap yaitu:

2.1. Persiapan Bahan

Limbah padat gondorukem diperoleh dari industri pengolah getah pinus menjadi gondorukem. Proses persiapan bahan dilakukan dengan mengeringkan limbah di bawah sinar matahari selama 12 jam.

2.2. Proses Pirolisis

Limbah padat gondorukem yang sudah dikeringkan kemudian ditimbang sebanyak 1 kg, lalu dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis seperti pada Gambar 1. Variabel yang divariasikan yaitu 250°C, 300°C, 350°C dan variasi waktu yang digunakan yaitu 30 menit, 60 menit, 90 menit. Hasil arang dari reaktor didinginkan hingga mencapai suhu ruang di dalam wadah minim oksigen. Selanjutnya dilakukan pengukuran *yield* arang, pengecilan ukuran, dan pengayakan agar ukuran bisa seragam dan memudahkan proses pencetakan briket. Pengecilan ukuran dilakukan dengan palu, sedangkan pengayakan dilakukan dengan ayakan berukuran 60 mesh. Hasil ayakan yang digunakan yaitu arang yang lolos ayakan 60 mesh.



Gambar 1. Desain alat pirolisis [10]

2.3. Pencetakan Briket

Hasil arang dari proses pirolisis yang ukurannya sudah seragam dicampur dengan perekat berbahan tepung kanji. Perekat dibuat dengan perbandingan massa air dan tepung kanji 10:1 dan perekat ditambahkan sebesar 30% dari massa total arang yang akan dibuat. Kemudian dicetak dengan alat cetak manual dengan ukuran diameter 2,5 cm dan tinggi 4 cm. Selanjutnya briket dikeringkan dengan oven selama 15 menit dengan suhu 105°C.

2.4. Analisis Produk

Briket dari limbah padat gondorukem dianalisis kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat, dan nilai kalor.

a. Kadar Air

Analisis kadar air dilakukan dengan menimbang 2 gram sampel briket dan meletakkannya pada cawan porselin. Sampel kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 115±5°C selama 3 jam. Kadar air ditentukan dengan persamaan (1).

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

a = massa sampel sebelum dikeringkan dalam oven (gram)

b = massa sampel setelah dikeringkan dalam oven (gram)

b. Kadar Abu

Abu merupakan materi anorganik sisa pembakaran biomassa. Abu terdiri dari bahan mineral seperti lempung, silika, kalsium, magnesium oksida, dan lain-lain [11]. Analisis kadar abu dilakukan dengan menimbang 1 gram sampel dan memanaskan pada suhu 800°C selama 2 jam. Kadar abu ditentukan melalui persamaan (2).

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat sampel kering tanur}} \times 100\% \quad (2)$$

c. Kadar Zat Terbang

Kadar zat terbang dapat diketahui dengan memanaskan sampel briket dari analisis kadar air menggunakan *furnace* pada suhu 950°C selama 7 menit. Kadar zat terbang ditentukan melalui persamaan (3).

$$\text{Kadar zat terbang (\%)} = \frac{B-C}{W} \times 100\% \quad (3)$$

B = massa sampel setelah dikeringkan dari analisis kadar air (gram)

C = massa sampel setelah dipanaskan dalam tanur (gram)

W = massa sampel awal sebelum pengujian kadar air (gram)

d. Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon dapat ditentukan dengan persamaan (4).

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

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

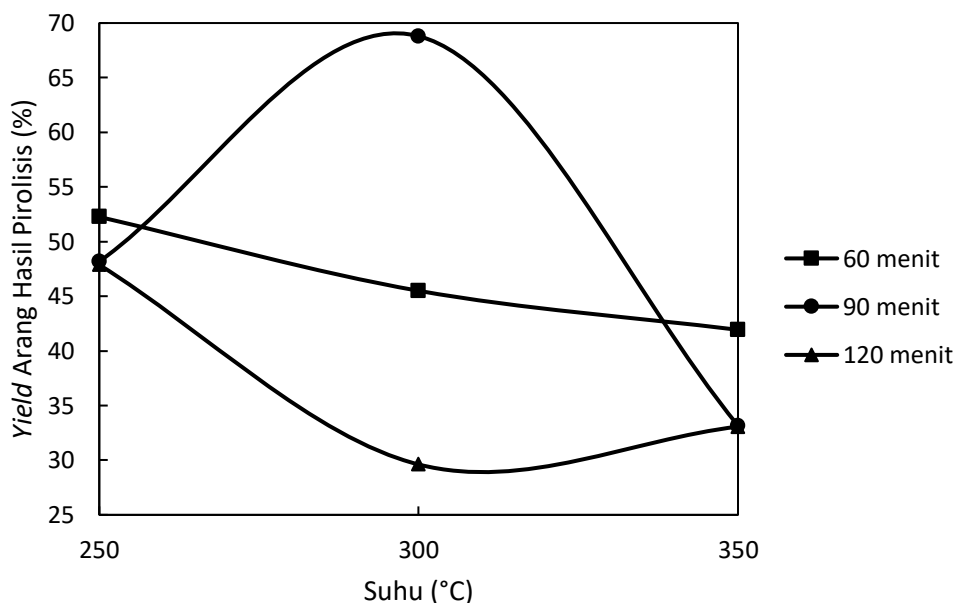
Briket adalah bahan bakar padat yang didapatkan dari hasil pengempaan biomassa. Dalam penelitian ini biomassa yang digunakan adalah limbah padat gondorukem. Briket dari limbah padat gondorukem dibuat dengan cara pirolisis bahan baku dan pencetakan, serta dilakukan analisis berupa *yield* arang pirolisis, kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan kadar karbon terikat, serta dibandingkan dengan SNI 01-6235-2000.

Tabel 1. Hasil analisis briket dari limbah padat gondorukem

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Yield Arang Pirolisis (%)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Terbang (%)	Kadar Karbon Terikat (%)
250	60	52,26	1,5	13,5	12,5	72,5
	90	48,18	1	18,5	17	63,5
	120	47,88	0,5	12,5	14,5	72,5
300	60	45,5	0,75	12,5	11,5	75,25
	90	68,8	1,5	29	12,5	57
	120	29,61	0,75	24	23,5	51,75

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Yield Arang Pirolisis (%)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Terbang (%)	Kadar Karbon Terikat (%)
	60	41,93	1	15,5	15,5	68
350	90	33,17	1	24	23,5	51,5
	120	33,07	3	19,5	24,5	53

3.1. Pengaruh Variasi Waktu dan Suhu terhadap Yield Arang Hasil Pirolisis

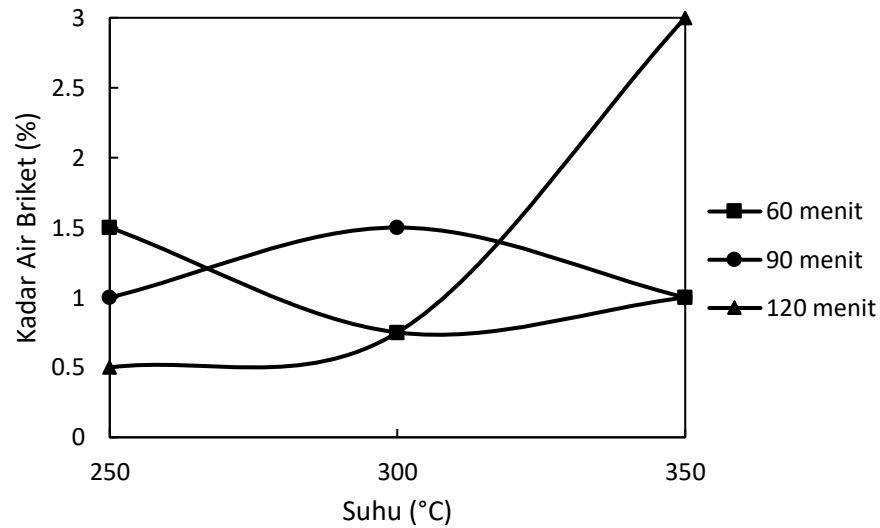


Gambar 2. Pengaruh variasi waktu dan suhu terhadap *yield* arang hasil pirolisis

Karbonisasi merupakan proses pembakaran biomassa atau material organik pada bahan baku. Proses karbonisasi akan menyebabkan material organik terdekomposisi, dan sebagian besar unsur non-karbon akan hilang saat terjadinya proses. Penambahan suhu pada karbonisasi memang diperlukan, tetapi suhu yang sangat tinggi, seperti diatas 1000°C akan menyebabkan semakin banyaknya abu yang terbentuk [13]. Karbonisasi pada penelitian ini menggunakan metode pirolisis dilakukan sesuai dengan suhu dan waktu yang kita inginkan yaitu suhu 250°C, 300°C, 350°C serta lama proses 30 menit, 60 menit, 90 menit. Penambahan suhu akan mempercepat proses karbonisasi, dikarenakan pada suhu tinggi material organik akan semakin cepat terbakar. Penambahan waktu pada proses karbonisasi akan menyebabkan material organik terbakar seluruhnya.

Persentase *yield* adalah perbandingan massa sebelum dengan sesudah pada suatu proses atau reaksi. Persentase *yield* maksimum adalah 1, yang berarti tidak ada perubahan massa. Jika nilai %*yield* <1 menandakan terjadi kehilangan massa saat proses. Berdasarkan Tabel 2, *yield* arang hasil pirolisis sebesar 29,61% hingga 68,8%. Dapat dilihat pada Gambar 2, terdapat kecenderungan semakin tinggi suhu pirolisis, maka semakin kecil *yield* yang didapatkan. Semakin lama waktu pirolisis, maka semakin kecil *yield* yang didapatkan. Akan tetapi, hasil karbonisasi variasi suhu dan waktu tidak linear disebabkan oleh nyala api kompor yang tidak konstan saat pirolisis.

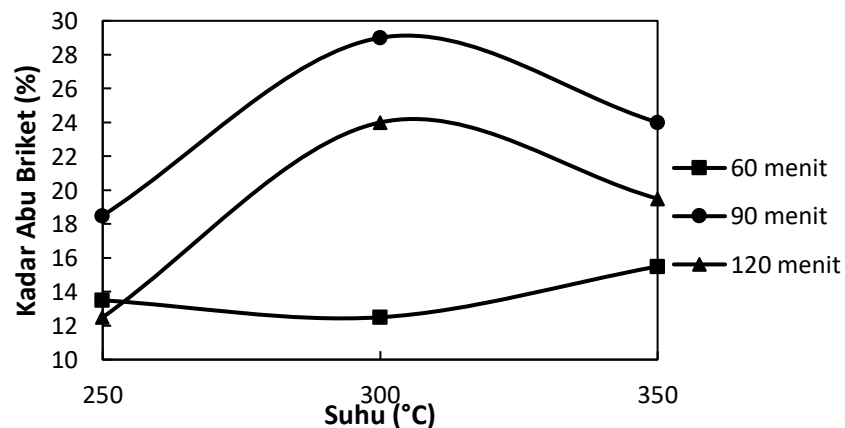
3.2. Pengaruh Variasi Waktu dan Suhu terhadap Kadar Air Briket



Gambar 3. Pengaruh variasi waktu dan suhu terhadap kadar air briket dari limbah padat gondorukem

Kadar air merupakan perbandingan antara berat air pada biomassa dengan berat biomassa mula-mula. Berdasarkan Tabel 1, diperoleh kadar air briket sebesar 0,75% hingga 3%, dimana semua sampel telah memenuhi SNI yaitu kurang dari 8% [12]. Dari Gambar 3, dapat ditentukan bahwa semakin tinggi suhu maka cenderung semakin rendah kadar air serta semakin lama waktu pirolisis maka kadar air cenderung semakin rendah. Terdapat penyimpangan pada sampel dengan suhu 350°C dan waktu 120 menit dimana variasi suhu dan waktu nya yang paling tinggi tetapi memiliki kadar air yang paling besar dibandingkan dengan variasi yang lain, serta terdapat penyimpangan pada grafik yang tidak linear. Penyimpangan ini karena air yang ditambahkan untuk melarutkan perekat terlalu banyak. Selain itu, kadar air dipengaruhi oleh penjemuran bahan baku yang kurang sempurna sehingga masih ada kandungan air dalam bahan baku menyebabkan kurangnya efisiensi pembakaran briket [14].

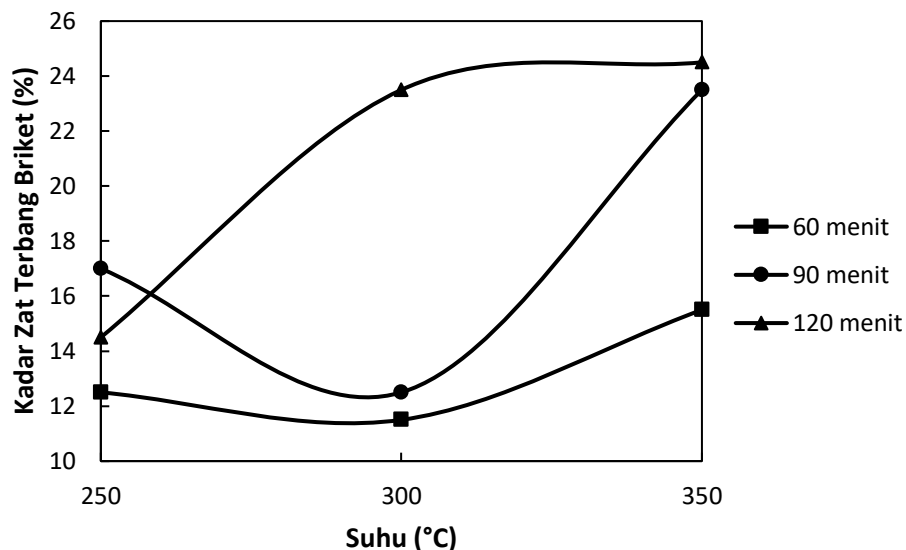
3.3. Pengaruh Variasi Waktu dan Suhu terhadap Kadar Abu Briket



Gambar 4. Pengaruh variasi waktu dan suhu terhadap kadar abu briket dari limbah padat gondorukem

Kadar abu dalam briket berpengaruh pada nilai kalor. Berdasarkan Tabel 1, kadar abu yang diperoleh yaitu sebesar 12,5% hingga 29%. Angka ini belum memenuhi SNI karena melebihi 8% [12]. Dari Gambar 4, dapat dilihat bahwa semakin besar suhu maka kadar abu cenderung semakin naik, dan semakin lama waktu pirolisis maka kadar abu juga semakin naik. Grafik pada Gambar 4 tersebut tidak linear. Tingginya kadar abu dapat disebabkan oleh jenis bahan yang terdapat banyak pengotor. Bahan pengotor berupa mineral yang tidak dapat dioksidasi, seperti SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , dan alkali. Bahan baku dan bahan pengotor setelah pirolisis tersisa dalam bentuk padatan. Selain pengotor dari bahan, terdapat pengotor yang berasal dari lingkungan ketika pirolisis berlangsung [15]. Pengotor ini berupa efisiensi panas pada alat pirolisis yang kurang maksimal [16]. Selain itu, distribusi panas yang tidak merata dalam reaktor pirolisis termasuk dalam faktor tingginya kadar abu.

3.4. Pengaruh Variasi Waktu dan Suhu terhadap Kadar Zat Terbang Briket

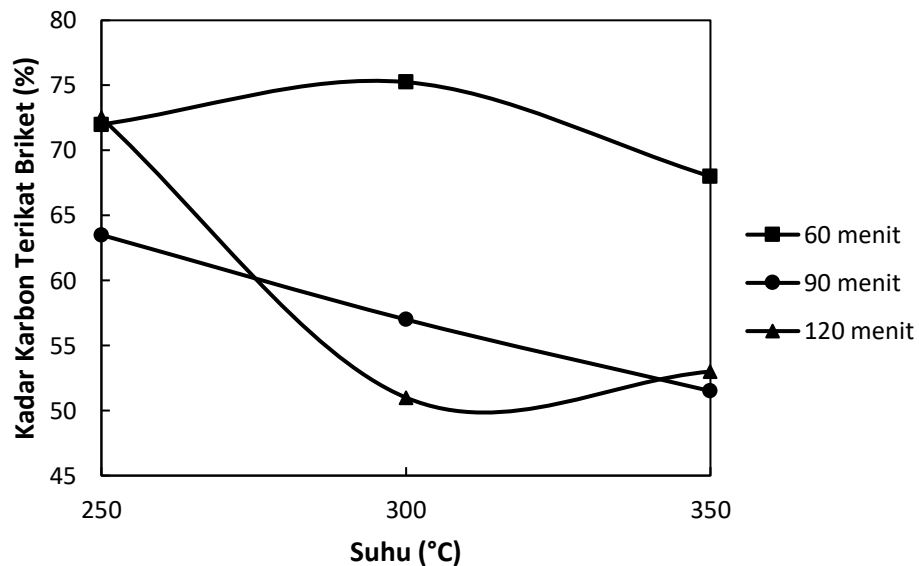


Gambar 5. Pengaruh variasi waktu dan suhu terhadap kadar zat terbang briket dari limbah padat gondorukem

Kadar zat terbang didapat dari perbandingan massa sampel setelah pemanasan dan massa sampel sebelum pemanasan. Berdasarkan Tabel 1, kadar zat terbang briket diperoleh sebesar 11,5% hingga 24,5%. Beberapa briket telah memenuhi syarat zat terbang SNI yaitu kurang dari 15% [12]. Dari Gambar 5 juga dapat dilihat bahwa semakin besar suhu maka kadar zat terbang cenderung semakin naik dan semakin lama waktu pirolisis maka kadar zat terbang juga semakin naik. Akan tetapi, grafik pada Gambar 5 tersebut tidak linear. Penyimpangan ini disebabkan karena pembakaran bahan saat pirolisis yang belum sempurna pada suhu yang rendah (250°C), sehingga masih banyak material yang belum menjadi arang dan pada pengujian kadar zat terbang banyak yang terbakar. Selain itu, tingginya kadar zat terbang disebabkan karena proses pirolisis yang tidak homogen dan jenis bahan baku yang digunakan.

Tingginya kadar zat terbang membuat jumlah asap semakin banyak ketika briket dinyalakan. Semakin lama waktu pengeringan briket maka kadar air semakin menurun dan membuat kadar zat terbang menurun. Kadar zat terbang yang rendah membuat asap pembakaran briket menghilang dan meningkatkan mutu briket [14].

3.5. Pengaruh Variasi Waktu dan Suhu terhadap Kadar Karbon Terikat Briket



Gambar 6. Pengaruh waktu dan suhu terhadap kadar karbon terikat briket dari limbah padat gondorukem

Kadar karbon terikat menunjukkan banyaknya karbon yang ada dalam briket dan dipengaruhi oleh kadar air, kadar abu, dan kadar zat terbang. Berdasarkan Tabel 1, kadar karbon terikat briket yang diperoleh sebesar 51,75% hingga 75,25%. Hasil ini belum memenuhi syarat SNI yaitu kurang dari 77% [12]. Dari Gambar 6 dapat ditentukan bahwa semakin besar suhu maka kadar karbon terikat cenderung semakin turun, serta semakin lama waktu pirolisis maka kadar zat terbang juga semakin rendah.

Berdasarkan nilai *yield* yang didapatkan bahwa semakin besar suhu dan waktu pirolisis, maka *yield* pirolisis semakin menurun. Menurunnya *yield* berpengaruh pada kandungan karbon terikat pada briket yang semakin menurun. Semakin tinggi suhu, semakin murni karbon yang didapatkan. Akan tetapi, di atas suhu optimal pirolisis maka karbon akan teroksidasi dan berubah menjadi gas dan cairan hasil pirolisis. Hal ini juga menurunkan kadar karbon terikat pada briket. Hasil dari perhitungan kadar karbon terikat ini selanjutnya dilakukan uji nilai kalor, diambil tiga sampel paling banyak kadar karbon terikatnya karena dianggap sudah mewakili semua sampel.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Semakin lama waktu pirolisis menyebabkan kadar abu dan kadar zat terbang meningkat, sedangkan kadar air, kadar karbon terikat menurun. Semakin tinggi suhu pirolisis menyebabkan kadar abu dan kadar zat terbang, sedangkan kadar air dan kadar karbon terikat. Beberapa briket dari limbah padat gondorukem memenuhi mutu yang disyaratkan SNI 01-6235-2000. Pada mutu kadar air, kadar zat terbang, dan nilai kalor briket limbah padat gondorukem memenuhi standar. Sedangkan pada mutu kadar abu dan kadar karbon terikat briket tidak memenuhi standar.

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu dapat ditambahkan variasi pada waktu dan suhu, agar mendapat grafik hasil lebih dari 3 titik untuk menentukan grafik cenderung naik

atau turun. Selain itu, dapat ditambahkan konsentrasi campuran perekat dan pelarut agar perekat lebih kental.

REFERENSI

- [1] M. Azhar dan D. A. Satriawan, "Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional," *Administrative Law & Governance Journal*, vol. 1, no. 4, hal. 398–412, 2018.
- [2] H. Meilani dan D. Wuryandani, "Potensi Panas Bumi Sebagai Energi Alternatif Pengganti Bahan Bakar Fosil untuk Pembangkit Tenaga Listrik," *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik*, vol. 1, no. 1, hal. 47–74, 2010.
- [3] L. Parinduri dan T. Parinduri, "Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan," *Journal of Electrical Technology*, vol. 5, no. 2, 2020.
- [4] S. Suganal dan G. K. Hudaya, "Bahan Bakar Co-Firing dari Batubara dan Biomassa Tertorefaksi dalam Bentuk Briket (Skala Laboratorium)," *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, vol. 15, no. 1, hal. 31–48, 2019.
- [5] M. K. Sallata, "Pinus (*Pinus merkusii* Jungh et de Vriese) dan Keberadaannya di Kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan," *Info Teknik EBONI*, vol. 10, no. 2, 2013.
- [6] Nasruddin dan R. Affandy, "Karakteristik Briket dari Tongkol Jagung dengan Perekat Tetes Tebu Dan Kanji," *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, vol. 22, no. 2, 2011.
- [7] J. S. T. Allo, A. Setiawan, dan A. S. Sanjaya, "Pemanfaatan Sekam Padi untuk Pembuatan Biobriket Menggunakan Metode Pirolisa," *Jurnal Chemurgy*, vol. 2, no. 1, hal. 17–23, 2018.
- [8] M. Y. Thoha dan D. E. Fajrin, "Pembuatan Briket Arang dari Daun Jati dengan Sagu Aren sebagai Pengikat," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 17, no. 1, 2010.
- [9] K. Ridhuan dan J. Suranto, "Perbandingan Pembakaran Pirolisis dan Karbonisasi pada Biomassa Kulit Durian terhadap Nilai Kalori," *TURBO*, vol. 5, no. 1, hal. 50–56, 2016.
- [10] A. S. C. P. Pratama dan K. Sa'diyah, "Pengaruh Jenis Biomassa Terhadap Karakteristik Asap Cair Melalui Metode Pirolisis," *Distilat*, vol. 8, no. 1, hal. 36–44, 2022.
- [11] M. Y. P. Setyono dan Y. S. Purnomo, "Analisis Kadar Air dan Kadar Abu Briket Lumpur IPAL dan Fly Ash dengan Penambahan Serbuk Gergaji Kayu," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 6, 2022.
- [12] Standar Nasional Indonesia (SNI), "Standar Nasional Indonesia Briket Arang Kayu," *Badan Standarisasi Nasional*, 2000.
- [13] R. W. Putri, S. Haryati, dan Rahmatullah, "Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Kualitas Karbon Aktif dari Limbah Ampas Tebu," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 25, no. 1, hal. 1–4, 2019.
- [14] A. Sugiharto dan I. Pratiwi, "Pembuatan Briket dari Campuran Sekam Padi dan Ampas Tebu Menggunakan Metode Karbonisasi Dengan Furnace," *Inovasi Teknik Kimia*, vol. 6, no. 1, hal. 37–41, 2021.
- [15] R. R. Purnama, A. Chumaidi, dan A. Saleh, "Pemanfaatan Limbah Cair CPO sebagai Perekat pada Pembuatan Briket dari Arang Tandan Kosong Kelapa Sawit," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 18, no. 3, hal. 43–53, 2012.

- [16] Y. Ristianingsih, A. Ulfa, dan R. Syafitri, "Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Perekat terhadap Karakteristik Briket Bioarang Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Proses Pirolisis," *Konversi*, vol. 4, no. 2, hal. 16–22, 2015.