

## Pengaruh Tekanan Kompaksi dan Perekat terhadap Karakteristik BriketLimbah Daun Cengkeh

Ari Bagus Biantoro<sup>1</sup> dan Widi Widayat<sup>1</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

Sejarah Artikel:  
Diterima 03 10 2021  
Disetujui 11 10 2021  
Dipublikasikan 21 10 2021

#### Keywords:

Briquette, Cloves Leaf,  
Waste, Binder,  
Compaction

### Abstrak

Limbah daun cengkeh sisa proses destilasi selain digunakan sebagai bahan bakar penyulingannya dapat juga digunakan sebagai bahan baku briket. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh tekanan kompaksi dan perekat terhadap karakteristik briket limbah daun cengkeh. Sebelum dikompaksi, limbah daun cengkeh dikeringkan, digiling dan diayak lolos mesh 60. Pembriketan dilakukan dengan tekanan 25kgf/cm<sup>2</sup> dan 50 kgf/cm<sup>2</sup> dengan variasi perekat 10%, 15%, dan 20%. Pengujian yang dilakukan meliputi: uji *proximate* (kadar abu, kadar air, nilai kalor, *volatile matters* dan *fixed carbon*), densitas, *drop test*, *stability* dan laju pembakaran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar air berkisar antara 11,33-13,795%, kadar abu 3,72-9,70%, *volatile matter* 39,808-66,823%, *fixed carbon* 17,912-41,545%, nilai kalor 4437,49-4728,60 kal/g, densitas 0,803-0,935 g/cm<sup>3</sup>, massa yang hilang 0,199-0,638%, dan laju pembakaran dengan temperatur tertinggi 446,1-500,2°C. Penambahan kadar perekat dapat meningkatkan kadar air, kadar abu, densitas, kekuatan, namun *fixed carbon* dan nilai kalornya menurun. Peningkatan tekanan kompaksi meningkatkan densitas dan kekuatan briket, namun menurunkan temperatur pembakaran maksimal dan memperlambat pencapaian temperatur maksimal.

### Abstract

*Distillation process leave cloves leaf as waste that was burned as fuel. That means the leaf potential as solid fuel. This study aimed to determine the effect of compacting pressure and binder content on the characteristics of briquettes. Clove leaf waste was dried, then grinded and sieved through mesh 60. Briquetting is carried out at a pressure of 25kgf/cm<sup>2</sup> and 50 kgf/cm<sup>2</sup> with binder content varied from 10%, 15%, to 20%. Tests were conducted to get proximate composition (ash content, moisture content, volatile matters and fixed carbon), calorific value, density, stability, strength, and rate of combustion. The result showed that the treatments improved mainly the mechanical properties (density, stability, and strength). There was large change of volatile matter and fixed carbon value before and after briquetting but not for three variants of briquette. The calorific value decreased as binder content increased.*

## PENDAHULUAN

Limbah daun cengkeh merupakan sisa dari proses penyulingan untuk diambil minyaknya. Limbah dari daun cengkeh ini biasanya hanya digunakan sebagai bahan bakar untuk proses penyulingan. Seperti halnya yang terjadi di Desa Kalisidi, Ungaran Barat, Kabupaten Semarang, dimana PT. Cengkeh Zanzibar maupun warga di sekitar perkebunan tersebut menyuling minyak daun cengkeh dengan bahan bakar limbah sisa penyulingan.

Dengan demikian limbah ini mempunyai potensi sebagai bahan bakar padat. Namun demikian terdapat metode yang biasa digunakan untuk mengelola bahan bakar padat yaitu pembriketan. Keuntungan dari pembriketan adalah meningkatkan kepadatan nilai kalor per volume, menyeragamkan kualitas dan ukuran bahan bakar, serta memudahkan dalam penyimpanan dan pengemasan (Satmoko, 2013).

Komponen utama dari daun cengkeh konstituen yaitu eugenol, kariofilen,  $\alpha$ -kariofilen,  $\beta$ -kariofilen,  $\alpha$ -hu-mulen, kopaen,  $\alpha$ -kopaen dan kariofilen oksida (Arrijani, 2017). Kadar kalori yang dimiliki oleh daun cengkeh lebih rendah dari arang kayu, tetapi karena memiliki persentase fixed carbon yang lebih rendah maka daun cengkeh akan dapat mencapai temperatur maksimum lebih cepat. Massa sisa pembakaran limbah daun cengkeh lebih rendah daripada arang kayu sehingga menyebabkan tingkat polusi arang lebih tinggi daripada limbah daun cengkeh. Laju pembakaran limbah daun cengkeh juga memiliki angka yang lebih tinggi daripada arang. (Aklis, 2008)

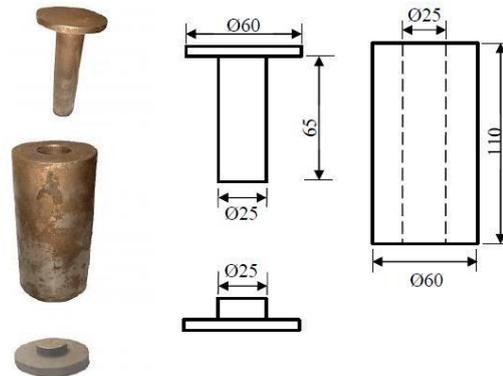
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tekanan kompaksi dan variasi perekat terhadap karakteristik briket yang meliputi sifat fisik (kadar air, kadar abu, volatile matter, fixed carbon, nilai kalor, dan densitas), sifat kimia (pembakaran), dan sifat mekanik (stabilitas dan kekuatan).

## METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah daun cengkeh dan tepung tapioka sebagai bahan perekat. Limbah daun cengkeh merupakan sisa proses destilasi yang dilakukan di PT Cengkeh Zanzibar.



**Gambar 1.** Limbah Daun Cengkeh



**Gambar 2.** Cetakan Briket

Spesimen dibuat dengan cetakan berbahan ST41 yang berdiameter 25mm dengan tinggi 65mm yang ditekan menggunakan pompa hidrolik manual dengan tekanan hingga 1000 kgf/cm<sup>2</sup>. Limbah daun cengkeh dihaluskan dengan disaring dengan saringan mesh nomor 60. Timbangan digital dengan ketelitian 0,01g digunakan untuk menimbang bahan-bahan dan specimen. Pengukuran specimen dilakukan dengan jangka sorong berketelitian 0,02 mm. Karakteristik pembakaran diuji dan diamati secara manual menggunakan peralatan uji pembakaran yang menggunakan dapur listrik yang dilengkapi thermocontroller, penayang temperatur, timer dan timbangan digital.

### Pembuatan Briket

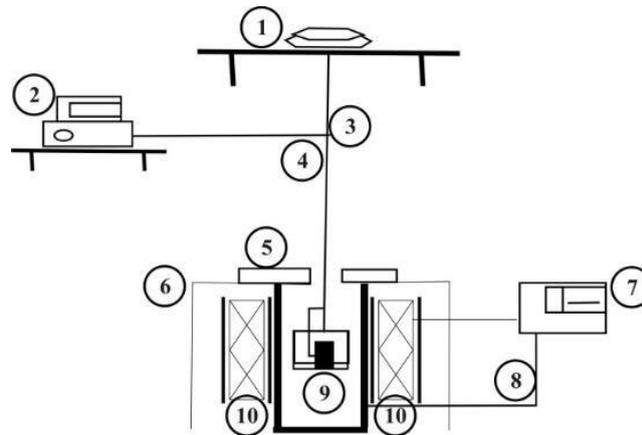
Pembuatan briket diawali dengan mengeringkan limbah daun cengkeh di ruang terbuka selama  $\pm 5$  jam. Kemudian limbah daun cengkeh dihaluskan dan diayak lolos 60 mesh. Perekat menggunakan perbandingan 1 gram tapioka untuk 10ml air. Campuran keduanya dipanaskan hingga menjadi gel. Perekat yang telah siap dicampurkan dengan serbuk bahan padat dengan variasi perekat 10%, 15%, dan 20%. Setiap sampel menggunakan bahan seberat 6 gram. Campuran kemudian dimasukkan ke dalam cetakan untuk proses pengepresan dengan tekanan  $25 \text{ kgf/cm}^2$  dan  $50 \text{ kgf/cm}^2$  dan waktu penahanan selama 5 detik. Selanjutnya briket dikeluarkan dari cetakan dan dilakukan pengeringan di ruang terbuka.



Gambar 3. Spesimen

### Pengujian karakteristik

Proximate analysis digunakan untuk mengetahui kadar air (ASTM D-7582-10), kadar abu, volatile matters, dan fixed carbon (ASTM D-2172-12). Nilai kalor diukur dengan oksigen bomb kalorimeter menggunakan standar ASTM D-240. Stabilitas terdiri dari pengukuran perubahan diameter dan tinggi specimen, kekuatan briket diukur berdasar persentase massa yang hilang pada drop test (ASTM D 440-86 R02).



Keterangan :

- |                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| 1. Timbangan digital   | 6. Furnace          |
| 2. Thermocouple reader | 7. Thermocontroller |
| 3. Kawat Penghubung    | 8. Thermocouple     |
| 4. Thermocouple        | 9. Sampel briket    |
| 5. Tutup Furnace       | 10. Elemen pemanas  |

Gambar 4. Skema peralatan uji pembakaran

Proses pembakaran dilakukan dengan alat reaktor *pyrolyzer* (gambar 4) yang terdiri atas tungku pemanas yang dilengkapi *thermocontroller* dan reaktor untuk pembakaran. Pengujian dilakukan dengan memanaskan briket pada reaktor, karakteristik pembakaran diamati dengan melihat perubahan massa dan temperatur setiap 5 detik.

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data kadar air, kadar abu, nilai kalor, *volatile matters*, *fixed carbon*, densitas, massa yang hilang,

perubahan diameter dan tinggi specimen, yang disajikan pada tabel 1 hingga 4, serta penurunan massa dan temperatur pembakaran.

**Tabel 1.** Pengujian Proximate

Sampel	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Nilai Kalor (kal/g)	Volatile Matters (%)	Fixed Carbon (%)
Limbah daun cengkeh	11,545	3,72	4728,60	66,823	17,912
10%	11,33	7,105	4642,15	40,020	41,545
15%	11,685	8,605	4582,63	41,386	38,324
20%	13,795	9,70	4437,49	39,808	36,697

**Tabel 2.** Densitas

Tekanan	Perekat	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )			Rata-rata
		Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	
25 kgf/cm <sup>2</sup>	10%	0,801	0,790	0,819	0,803
	15%	0,846	0,836	0,840	0,841
	20%	0,875	0,861	0,864	0,866
50 kgf/cm <sup>2</sup>	10%	0,862	0,891	0,891	0,881
	15%	0,923	0,923	0,925	0,924
	20%	0,953	0,924	0,927	0,935

**Tabel 3.** Massa yang hilang

Tekanan	Perekat	Massa yang Hilang (%)			Rata-rata
		Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	
25 kgf/cm <sup>2</sup>	10%	0,781	0,565	0,567	0,638
	15%	0,205	0,385	0,380	0,324
	20%	0,201	0,202	0,373	0,259
50kgf/cm <sup>2</sup>	10%	0,538	0,177	0,176	0,297
	15%	0,191	0,375	0,187	0,251
	20%	0,198	0,199	0,199	0,199

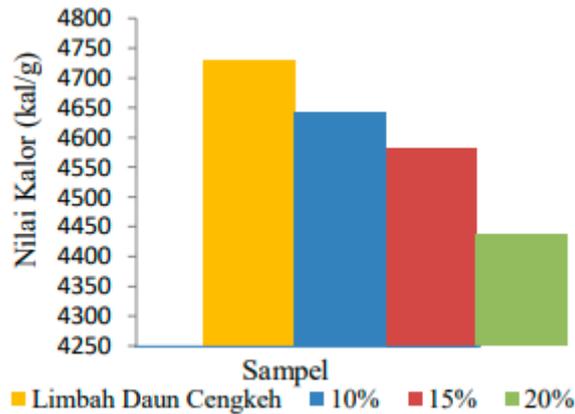
**Tabel 4.** Perubahan Dimensi

Tekanan	Dimensi	Perekat	Perubahan Dimensi (%)			
			Ke 1	Ke 2	Ke 3	Ke 4
25 kgf/cm <sup>2</sup>	Diameter	10%	0,781	0,789	0,812	0,812
		15%	0,769	0,769	0,785	0,785
		20%	0,538	0,615	0,692	0,692
	Tinggi	10%	11,373	11,917	11,917	11,995
		15%	5,561	6,791	6,791	6,791
		20%	3,394	3,472	3,551	3,551
		10%	0,540	0,695	0,695	0,695

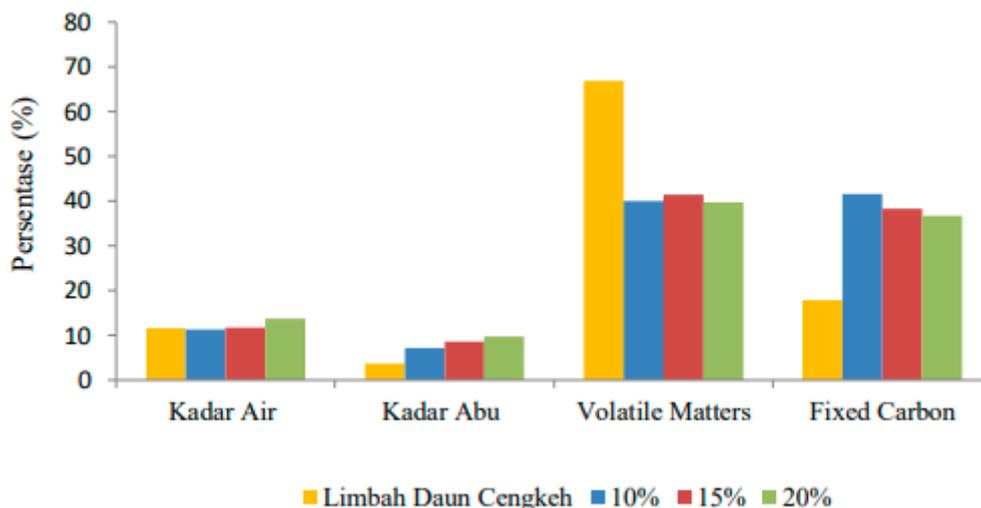
50 kgf/cm <sup>2</sup>	Diameter	15%	0,469	0,547	0,547	0,547
		20%	<u>0,389</u>	<u>0,405</u>	<u>0,420</u>	<u>0,420</u>
	Tinggi	10%	10,432	11,145	11,196	11,298
		15%	5,305	5,384	5,542	5,542
		20%	2,664	2,743	2,899	2,899

**Pengaruh perekat terhadap komposisi proksimat dan nilai kalor**

Gambar 5 menunjukkan nilai kalor daun cengkeh sebelum dan sesudah dibriket. Nilai kalor menurun dengan bertambahnya perekat. Penambahan perekat diikuti peningkatan kadar air. Semua spesimen menunjukkan peningkatan kadar air kecuali pada spesimen dengan 10% perekat yang malah berkurang kadar airnya jika dibanding spesimen tanpa perekat (tabel 2). Limbah daun cengkeh memiliki kalor 4728,60 kal/g, lebih tinggi dibandingkan briket berperekat 10%, 15% dan 20% yang memiliki nilai kalor masing-masing 4642,15 kal/g, 4582,63 kal/g dan 4437,49 kal/g (tabel 1). Penambahan perekat akan mengurangi persentase limbah daun, yaitu bahan yang memiliki kandungan karbon lebih tinggi. Pane, et al (2015) juga menyatakan yang sama, dimana kadar air briket meningkat dengan bertambahnya konsentrasi perekat tapioka.



Gambar 5. Nilai kalor



Gambar 6. Kadar air, kadar abu, volatile matters dan fixed carbon

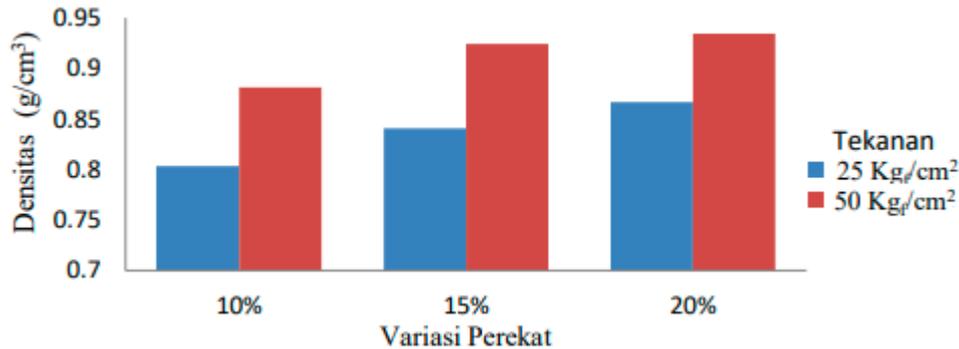
Kadar abu meningkat seiring dengan bertambahnya perekat dengan kandungan antara 3,72 hingga 9,70%. Peningkatan ini berasal dari kandungan abu dalam perekat yang ditambahkan dalam briket. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Sumangat dan Broto (2009: 22) yang menyatakan bahwa kecenderungan

kadar abu yang meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi perekat. Kadar abu berpengaruh terhadap kualitas briket. Menurut Sumangat dan Broto (2009) tingginya kadar abu pada briket menjadikan semakin rendah kualitas briket yang dihasilkan karena kandungan abu yang terlalu tinggi mampu menurunkan nilai kalor. Jadi menurunnya nilai kalor selain karena berkurangnya persentase limbah daun, juga disebabkan bertambahnya kadar abu yang dibawa bahan perekat.

Penambahan perekat menurunkan kandungan *volatile matters* secara drastis pada briket. Sebelum ditambahkan perekat, kandungannya 66,82%. Namun setelah ditambahkan, turun sekitar 40%. Gambar 6 menunjukkan hal tersebut. Menurut Akli (2008), *volatile matter* yang tinggi pada briket akan mempermudah proses pembakaran. Menurut Ristianingsih, et al. (2015) semakin banyak *volatile matters* pada briket mengakibatkan kadar *fixed carbon* menjadi semakin rendah. Efek kadar *volatile matters* yang tinggi, akan menimbulkan asap yang relatif lebih banyak pada saat briket dinyalakan (Pane, et al. 2015).

Ketiga varian briket memiliki kandungan *fixed carbon* yang hampir sama. Sementara limbah daun cengkeh jauh lebih rendah *fixed carbon* nya (gambar 6). Sehingga terlihat bahwa penambahan perekat memberikan efek meningkatkan kadar karbon pada briket. Menurut Faizal, et al (2014). Besarnya *fixed carbon* bergantung pada kadar abu, kadar air, dan *volatile matters*. Semakin rendah nilai kadar abu, kadar air, dan *volatile matters* maka nilai *fixed carbon*nya akan semakin besar dan juga sebaliknya.

### Densitas



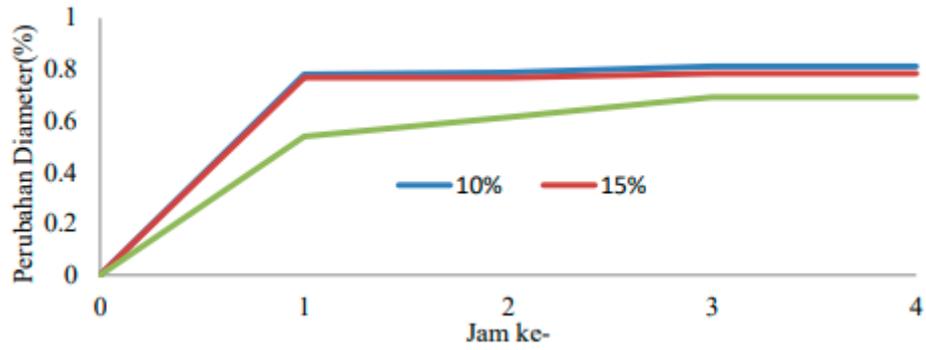
Gambar 7. Densitas

Semua varian briket menunjukkan peningkatan densitas seiring peningkatan kadar perekat dan peningkatan tekanan. Kompaksi mendorong partikel-partikel briket untuk bergerak mengisi ruang kosong sehingga tekanan 50 kgf/cm<sup>2</sup> menghasilkan densitas yang lebih tinggi. Sementara, perekat yang awalnya berbentuk gel semakin memudahkan partikel untuk bergerak mengisi celah-celah antar partikel. Maka terlihat pada Gambar 7 bahwa peningkatan kadar perekat juga menghasilkan kenaikan densitas.

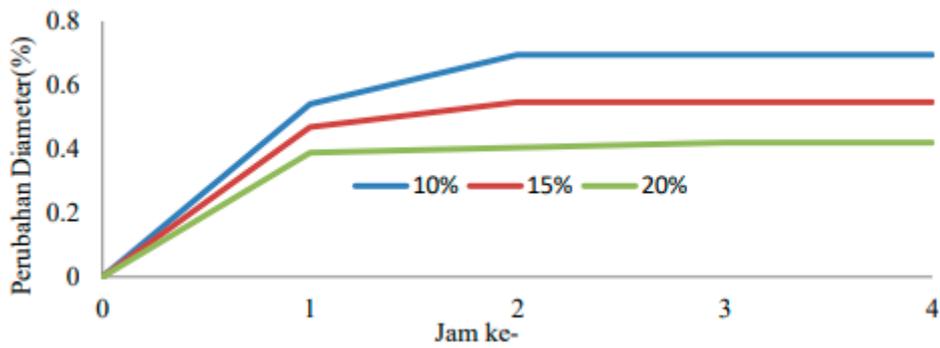
### Stabilitas dan Kekuatan briket

Salah satu parameter bahan bakar padat adalah kepadatan energi persatuan volume. Kepadatan energi tersebut akan terjaga bila wujud bakar padat masih utuh. Jika semakin terurai maka kepadatan energinya akan hilang. Karena itu briket perlu memiliki ketahanan mempertahankan bentuknya. Gambar 8 hingga 11 menunjukkan perubahan tinggi dan diameter briket hingga menjadi stabil. Perubahan bentuk dilihat dari perubahan tinggi (tebal briket) dan diameter briket. Pemuaihan lebih besar terjadi pada arah tebal jika dibanding dengan pemuaihan diameter. Kestabilan tercapai dalam waktu 1 hingga 2 jam.

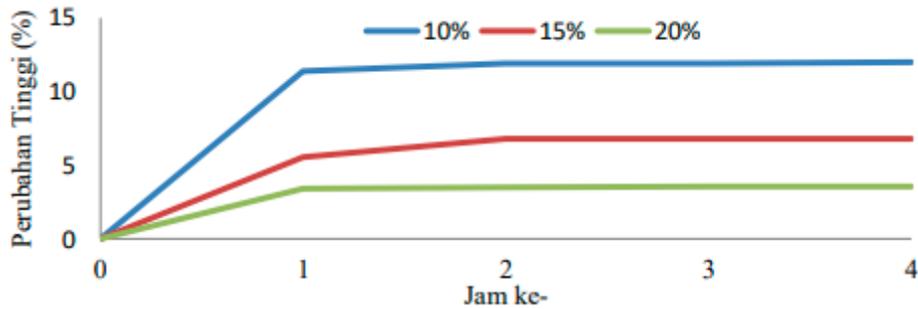
Berbeda dengan kadar perekat, tekanan kompaksi tidak terlalu banyak meningkatkan kemampuan briket mempertahankan bentuk. Peningkatan kadar perekat menunjukkan perbedaan cukup besar terhadap ketahanan briket. Perbedaan perubahan tebal antara kadar perekat terendah dan tertinggi hampir mencapai 4 kali lipat (Gambar 10 dan 11). Meningkatnya kadar perekat akan membuat semakin banyak ruang kosong antara partikel-partikel yang dapat diisi perekat. Perekat yang cukup akan dapat meliputi semua permukaan partikel penyusun briket sehingga ikatannya semakin merata dan kuat.



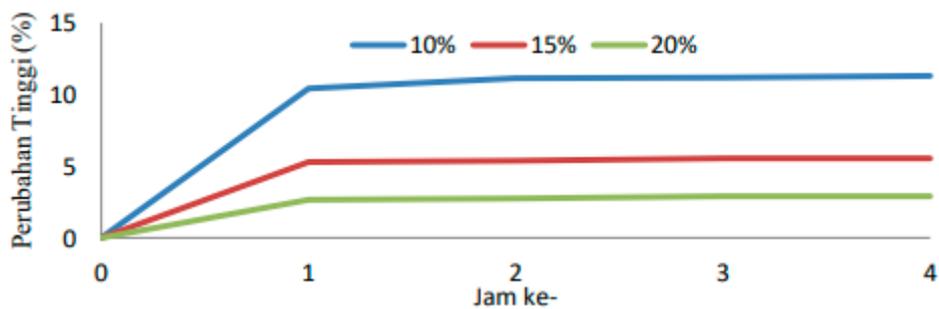
Gambar 8. Perubahan diameter pada tekanan 25 kgf/cm<sup>2</sup>



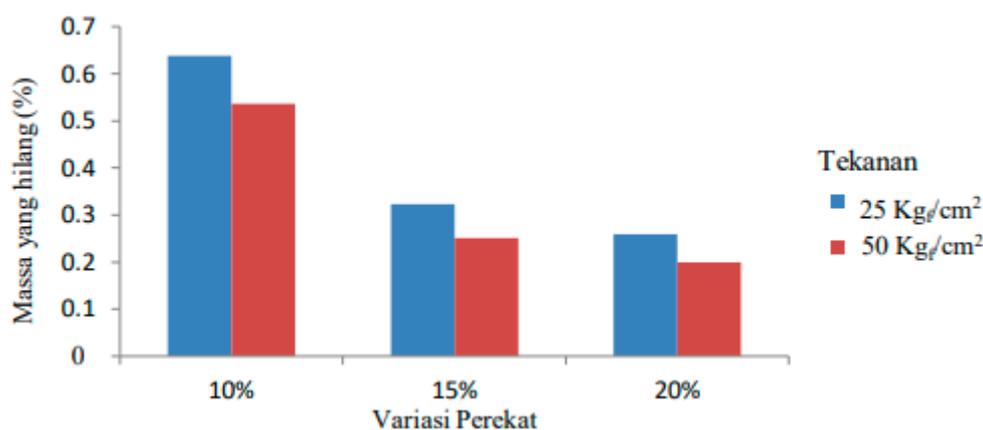
Gambar 9. Perubahan diameter pada tekanan 50 kgf/cm<sup>2</sup>



Gambar 10. Perubahan tinggi pada tekanan 25 kgf/cm<sup>2</sup>



Gambar 11. Perubahan tinggi pada tekanan 50 kgf/cm<sup>2</sup>



**Gambar 12.** Massa yang hilang

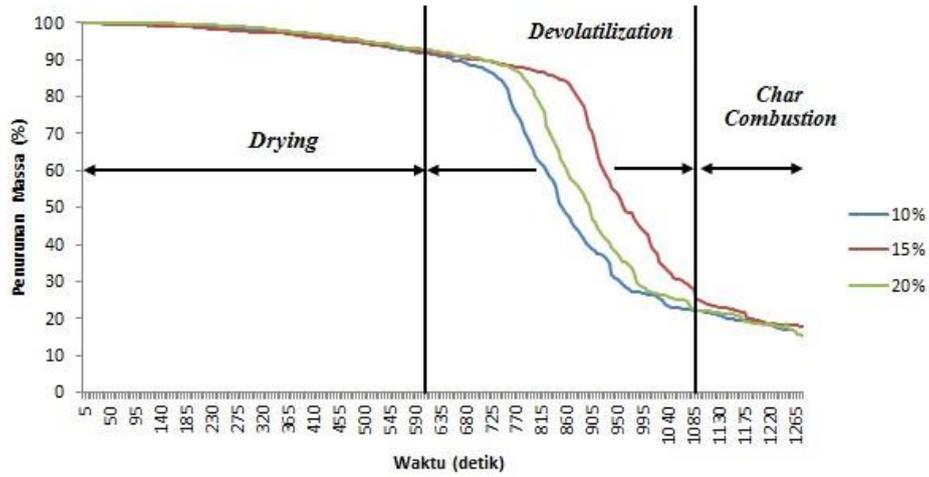
Selain mempertahankan bentuk karena pemuai, briket juga perlu memiliki kekuatan mempertahankan bentuk ketika mengalami benturan. Kekuatan ini dilihat berdasarkan banyaknya partikel yang lepas saat briket mengalami benturan. Gambar 12 menunjukkan bahwa baik peningkatan tekanan kompaksi maupun penambahan perekat meningkatkan kekuatan briket. Peningkatan kekuatan tersebut tidak besar, kecuali pada varian 15%. Tampak bahwa massa yang hilang pada varian 15% mencapai dua kali lipat dibanding varian 10% sementara varian 20% tidak banyak berbeda dengan varian 10%. Ini menunjukkan bahwa kandungan perekat 15% mendekati jenuh.

Peningkatan kekuatan berbanding terbalik dengan densitas. Hal ini bisa disebabkan semakin tinggi kerapatan briket menyebabkan briket semakin kuat sehingga massa yang hilang lebih sedikit. Selain densitas, faktor posisi briket saat mendarat di lantai juga berpengaruh terhadap massa yang hilang.

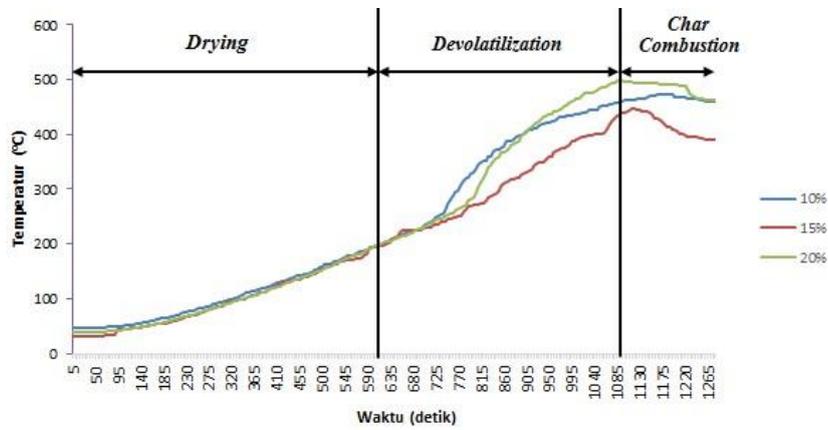
### Laju Pembakaran

Menurut Suroso (2010) mekanisme proses pembakaran briket terdiri dari tiga tahap yaitu pengeringan (*drying*), devolatilisasi (*devolatilization*), dan pembakaran arang (*char combustion*). Jika dilihat dari gambar 10 hingga gambar 13 pada kedua tekanan, varian 15% memiliki waktu pembakaran paling cepat yaitu 1.215 detik pada tekanan 25 kgf/cm<sup>2</sup> dan 1.300 detik pada tekanan 50 kgf/cm<sup>2</sup>. Peningkatan tekanan menurunkan temperatur maksimal yang dapat dicapai. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur tersebut juga lebih lama. Hal ini berbeda dengan yang ditemukan oleh Briyatendra (2019), dimana peningkatan temperatur maksimum terjadi pada briket dengan tekanan kompaksi yang lebih tinggi.

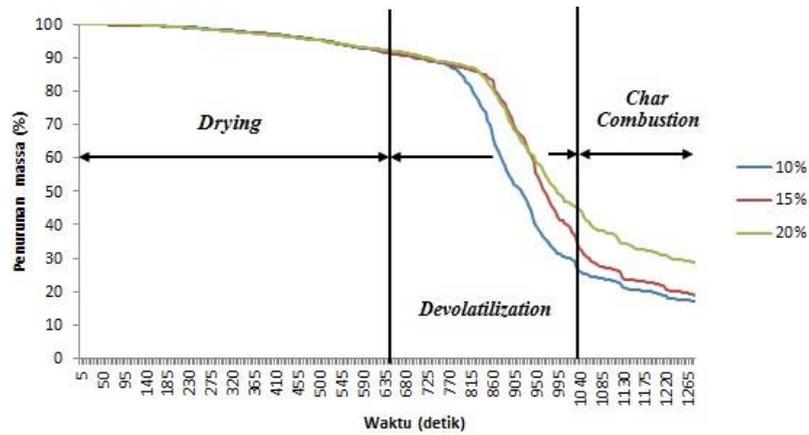
Proses *drying* briket tekanan 50 kgf/cm<sup>2</sup> lebih lama dibandingkan 25 kgf/cm<sup>2</sup> yaitu memerlukan waktu 645 dibanding 620 detik. Menurut Saputro, et al. (2013), pada proses *drying* partikel bahan bakar mengalami proses pemanasan sehingga mengakibatkan menguapnya kandungan air yang disertai penurunan massa yang lambat. Proses *devolatilization* selesai pada saat briket mencapai temperatur maksimal. *Devolatilization* briket tekanan 50 kgf/cm<sup>2</sup> daripada varian 25 kgf/cm<sup>2</sup> yaitu selama 395 dibanding 470 detik. Menurut Saputro, et al. (2013) proses ini ditandai dengan proses penurunan massa yang cepat yang disertai munculnya *volatile matters*. Proses pembakaran arang pada varian briket 50 kgf/cm<sup>2</sup> berlangsung lebih lama, dan abu briket tekanan 50 kgf/cm<sup>2</sup> lebih banyak dibandingkan 25 kgf/cm<sup>2</sup>. Setelah proses *devolatilization* selesai maka yang tertinggal adalah arang dan abu, proses pembakaran arang ini ditandai dengan penurunan massa yang melambat. Briket dengan tekanan 50 kgf/cm<sup>2</sup> memiliki waktu *drying* lebih lama, *devolatilization* lebih cepat dan *char combustion* lebih lama dibandingkan briket tekanan 25 kgf/cm<sup>2</sup>.



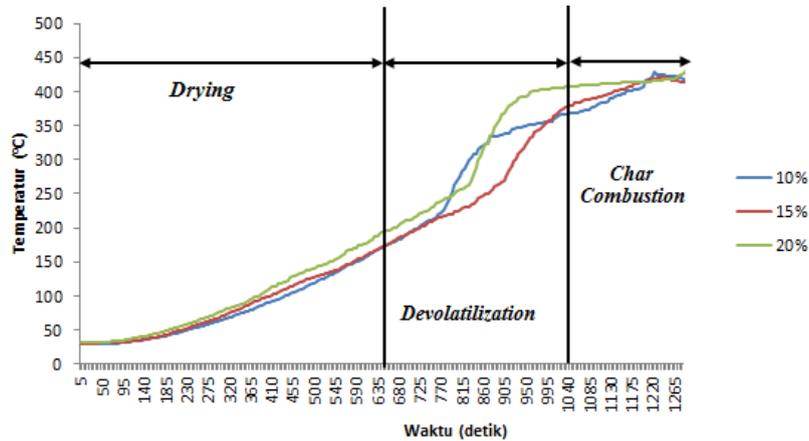
Gambar 13. Persentase penurunan massa pada briket 25 kgf/cm<sup>2</sup>



Gambar 14. Temperatur pembakaran pada tekanan 25 kgf/cm<sup>2</sup>



Gambar 15. Persentase penurunan massa pada briket 50 kgf/cm<sup>2</sup>



**Gambar 16.** Temperatur pembakaran pada tekanan 50 kgf/cm<sup>2</sup>

Proses pembakaran dipengaruhi oleh kerapatan briket, *volatile matters* dan nilai kalor. Menurut Lestari, et al (2017) briket akan menjadi sulit terbakar jika kerapatannya terlalu tinggi, karena semakin besar rongga udara atau celah-celah yang dapat dilalui oksigen pada saat terjadinya proses pembakaran. Perekat 15% memiliki waktu pembakaran yang lebih cepat, bisa jadi dikarenakan oleh *volatile matters* yang lebih tinggi dibanding dengan perekat 10% dan 20%. Menurut Aklis (2008), kandungan *volatile matter* akan sangat berpengaruh terhadap kecepatan pembakaran. Menurut Adnan et al (2018) briket dengan nilai kalor yang semakin tinggi mengakibatkan semakin tinggi pula temperatur pembakarannya. Walaupun meningkatnya perekat dapat menurunkan nilai kalor, namun dalam penelitian ini kadar perekat tidak terlalu berpengaruh secara nyata terhadap temperatur.

Besarnya nilai kalor salah satunya dapat ditentukan melalui kadar air, briket dengan kadar air yang terlalu tinggi mengakibatkan nilai kalor briket menjadi menurun. Berdasarkan Sudiro dan Suroto, (2014) yang menjelaskan bahwa kandungan air pada briket yang terlalu tinggi dapat menyulitkan penyalaan dan mengurangi temperatur pembakaran. Menurut Sumangat dan Broto (2009) kadar air dalam briket harapannya dapat serendah mungkin agar briket mudah dinyalakan serta nilai kalornya tinggi. Namun dalam hal ini kadar air tidak terlalu berpengaruh secara signifikan dikarenakan pada saat pengujian laju pembakaran, briket sudah dalam keadaan kering (dikeringkan selama ± 7 hari). Nilai kalor sebanding dengan *fixed carbon*, dimana semakin meningkatnya nilai kalor maka *fixed carbon* juga meningkat. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2. Menurut Fachry (2010) agar mendapatkan briket dengan waktu penyalaan yang relatif singkat serta waktu pembakaran yang cukup lama, maka diperlukan kadar karbon padat yang tinggi.

Besarnya tekanan mempengaruhi persentase sisa abu yang dihasilkan. Bestari, et al., (2016) menyatakan semakin banyak konsentrasi perekat dan semakin tinggi tekanan pengempaan maka kadar abu semakin tinggi. Terbukti persentase sisa abu briket perekat 15% pada tekanan 50 kgf/cm<sup>2</sup> yaitu 18,34% lebih banyak dibandingkan pada tekanan 25 kgf/cm<sup>2</sup> yang hanya 18,16%. Pada pengujian ini sisa abu tidak sampai stabil, hal ini dimungkinkan karena waktu dekomposisi belum sampai selesai.

## SIMPULAN

1. Penambahan kadar perekat dan peningkatan tekanan terlihat lebih berpengaruh terhadap densitas, kestabilan bentuk dan kekuatan briket.
2. Komposisi proksimat sebelum dan sesudah pembriketan menunjukkan perbedaan besar terutama pada kandungan *volatile matter* dan *fixed carbon*, namun tidak banyak perbedaan pada ketiga varian briket. Peningkatan kadar perekat menurunkan nilai kalor.
3. Briket dengan tekanan 50 kgf/cm<sup>2</sup> memiliki waktu *drying* lebih lama, *devolatilization* lebih cepat dan *char combustion* lebih lama dibandingkan briket tekanan 25 kgf/cm<sup>2</sup>.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, A. B., Subroto., dan S. Putro. 2018. Analisis Karakteristik Pembakaran Langsung (*Co-Combustion*) Arang Kayu dan Daun Cengkeh Sisa Destilasi Minyak Atsiri Dengan Variasi Komposisi. *Ilmiah TeknikMesin* 19(2): 55-65.
- Aklis, N. 2008. Karakteristik Pembakaran Limbah Daun Cengkeh Sisa Proses Penyulingan Minyak Cengkeh Melalui Sistem Co Combustion dan Briketing. Simposium Nasional Rapi VII. Surakarta. 8-15.
- Arrijani., Kamaludin. dan A. Kapahang. 2017. Characteristics of Clove Leaf Essential Oil (*Eugenia Aromatica* O.K) in Various Range Of Elevation. *Medicinal Plants Studies* 5(5): 27-32.
- Bestari, W. G., M. Mendopa, dan R. Hasibuan. 2016. Karakteristik Briket dari Sekam Padi dan Ketaman Kayu Berperekat Daun Jambu Mete. *Teknik Kimia* 5(2): 15-20.
- Briyartendra, E. I. dan W. Widayat. 2019. Pengaruh Ukuran Partikel dan Tekanan Kompaksi terhadap Karakteristik Briket Kayu Jati. *Jurnal Inovasi Mesin* 1(2): 14-22.
- Fachry, A. R., T. I. Sari, A. Y. Dipura, dan J. Najamudin. 2010. Mencari Suhu Optimal Proses Karbonisasi dan Pengaruh Campuran Batubara Terhadap Kualitas Briket Eceng Gondok. *Jurnal Teknik Kimia* 17(2): 55-67.
- Lestari, L., E. S. Hasan., dan Risna. 2017. Pengaruh Tekanan dan Ukuran Partikel terhadap Kualitas Briket Arang Cangkang Coklat. *Aplikasi Fisika* 13(2): 1-8.
- Pane, J. P., E. Junary, dan N. Herlina. 2015. Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur Dalam Pembuatan Briket Arang Berbahan Baku Pelepah Aren (*Arenga Pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia* 4(2): 32-38.
- Lestari, Y., A. Ulfa, dan R. Syafitri. 2015. Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Perekat Terhadap Karakteristik Briket Bioarang Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Pirolisis. *Konversi* 4(2): 45-51.
- Saputro, D. D., W. Widayat, H. Saptoadi, dan Fauzun. 2013. Karakteristik Pembakaran Briket Limbah Pengolahan Kayu Sengon (*Albazia Falcataria*). *Saintekno* 11(2): 113-122.
- Satmoko, M. E. 2013. Pengaruh Variasi Temperatur Cetakan Terhadap Karakteristik Briket Kayu Sengon Pada Tekanan Kompaksi 6000 Psig. Skripsi. Program S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.Semarang.
- Sudiro dan S. Suroto. 2014. Pengaruh Komposisi dan Ukuran Serbuk Briket yang Terbuat dari Batubara dan Jerami Padi Terhadap Karakteristik Pembakaran. *Jurnal Sainstech Politeknik Indonusa Surakarta* 2(2): 1-18.
- Sumangat, D., dan W. Broto. 2009. Kajian Teknis dan Ekonomis Pengolahan Briket Bungkil Biji Jarak Pagar Sebagai Bahan Bakar Tungku. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*, 5: 18-26.
- Surono, U. B. 2010. Peningkatan Kualitas Pembakaran Biomassa Limbah Tongkol Jagung sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Karbonisasi dan Pembriketan. *Rekayasa Proses* 4(1): 13Zhang, T., 2010,Control of Magnetic Bearings In Wind Turbines, MSc Graduation Project, TU Delft.