

## HYDROTHERMAL TREATMENT CAMPURAN BIOMASSA DAN PREDIKSI NILAI KALOR HYDROCHAR

### *Hydrothermal Treatment Of Biomass Mixture and Estimation Heating Value of Hydrochar*

Cyrilla Oktaviananda<sup>1\*</sup>, Ilma Fadlilah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Politeknik Katolik Mungurwijaya,, Semarang, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Rekayasa Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap, Indonesia

\*Penulis korespondensi. No Tel: 085641020529. Email: cyrilla@poltekamangun.ac.id

#### Abstrak

Kebutuhan energi di Indonesia senantiasa meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan pertumbuhan industri. Disisi lain, ketersediaan limbah biomassa khususnya serbuk gergaji kayu jati dan tongkol jagung yang melimpah mendorong peneliti untuk menemukan teknik konversi limbah biomassa yang tepat untuk menjadikan limbah tersebut menjadi sumber energi alternatif. *Hydrothermal Treatment* adalah salah satu teknik konversi biomassa secara termal yang dapat mengubah biomassa menjadi material yang menyerupai batubara yang disebut dengan *hydrochar*. Limbah biomassa tersebut berada dalam keadaan heterogen atau tercampur. Pada penelitian ini digunakan campuran biomassa serbuk gergaji kayu jati dan serbuk tongkol jagung. Campuran biomassa tersebut melalui proses *hydrothermal treatment* dengan temperatur 250°C dan tekanan 10 bar diubah menjadi *hydrochar*. *Hydrochar* yang terbentuk dianalisis nilai kalor serta analisis proksimatnya. Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh komposisi campuran biomassa yang optimum untuk membuat bahan bakar padat dengan menggunakan metode *hydrothermal treatment* serta melakukan analisis regresi untuk memperkirakan harga nilai kalor berdasarkan analisis proksimat. Limbah biomassa yang digunakan pada penelitian ini adalah serbuk gergaji kayu jati dan serbuk tongkol jagung. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah yield *hydrochar* tertinggi dihasilkan pada proses *hydrothermal treatment* serbuk gergaji kayu jati yaitu sebesar 68.1 % dan nilai kalor tertinggi didapatkan pada *hydrothermal treatment* biomassa dengan komposisi yang sama yaitu sebesar 5402 kal/gram. Persamaan yang didapat untuk memprediksi harga nilai kalor *hydrochar* adalah:  $HHV = 0.837 (\%AC) + 0.152 (\%VM) + 0.389 (\%FC) - 0.022(\%WC)$ , dengan kesalahan rata-rata absolut 4.11% dan kesalahan rata-rata relatif 0.28%

Kata kunci: *Hydrothermal Treatment*, Serbuk Gergaji Kayu Jati, Serbuk Tongkol Jagung, Nilai Kalor

#### Abstract

*Energy needs in Indonesia always increase along with population growth and industrial growth. On the other hand, the abundant availability of biomass waste, especially teak sawdust and corn cobs, encouraged researchers to find the right technique for converting biomass waste to make the waste an alternative energy source. Hydrothermal Treatment is one of the techniques for thermal biomass conversion that can convert biomass into coal-like material called hydrochar. The biomass waste is in a heterogeneous or mixed state. The purpose of this study is to obtain the optimum composition of the biomass mixture to make solid fuels using the hydrothermal treatment method and to do a regression analysis to estimate heating value based on proximate analysis. The biomass waste used in this study was teak sawdust and corn cobs powder. The results from this study are the highest yield of hydrochar in the hydrothermal treatment process of teak sawdust which is equal to 68.1% and the highest calor value in the hydrothermal treatment of biomass with the same composition which is equal to 5402 cal / gram. An equation to predict the value calor hydrochar is  $HHV = 0.837 (\% AC) + 0.152 (\% VM) + 0.389 (\% FC) - 0.022 (\% WC)$  with an absolute error of 4.11% and a relative error of 0.28 %.*

Keywords: *Hydrothermal Treatment, Sawdust, Corncobs, Heating Value*

## 1. PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk, kemajuan teknologi, dan peningkatan perekonomian menyebabkan peningkatan konsumsi energi di Indonesia. Disisi lain, dalam Blue Print Energi Nasional 2005-2025, dinyatakan bahwa cadangan minyak bumi nasional hanya tersisa hingga 18 tahun ke depan (ESDM, 2004). Kepedulian terhadap permasalahan tersebut mendorong banyak peneliti untuk melakukan riset tentang bahan-bahan alam tertentu yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Salah satu bahan alam tersebut adalah biomassa.

Biomassa digunakan karena keberadaannya yang melimpah dan tersebar di seluruh daerah di Indonesia. Berdasarkan studi yang dilakukan sektor pertanian dapat menyediakan hampir satu milyar ton biomassa kering, dimana bagian terbesar dari biomassa yang tersedia yaitu sebesar 450 juta ton berasal dari limbah pertanian seperti tongkol jagung, tangkai gandum, kulit kedelai, dan jerami padi. Tongkol jagung merupakan biomassa yang dapat berperan sebagai sumber energi termal yang melimpah serta dapat digunakan untuk memproduksi panas, energi, bahan bakar, dan juga bahan kimia (Campo, 2010). Berdasarkan buku putih statistik energi Indonesia disebutkan bahwa energi biomassa yang tersedia cukup besar mencapai 434.008 GWh. Sedangkan produksi serbuk kayu gergajian Indonesia mencapai 2.6 juta m<sup>3</sup> per tahun (Malakauseya dkk., 2013).

Berbagai proses untuk mengkonversi biomassa menjadi sumber energi sudah banyak dilakukan. Proses-proses tersebut dapat dikategorikan menjadi dua proses umum yaitu dengan menggunakan proses thermo-kimia dan proses biologi (Yulianyah dkk., 2010). *Hydrothermal treatment* merupakan proses thermo-kimia yang pada saat ini sedang menjadi banyak perhatian.

Mekanisme yang terjadi selama *hydrothermal treatment* adalah pertama biomassa menerima panas secara konduksi dari media air. Air akan menghidrolisis molekul pada biomassa. Hal tersebut menyebabkan gugus hidroksil, karboksil, ester, dan eter akan terurai dan rasio C/O dan C/H di padatan akan meningkat. Parameter-parameter penting yang dianalisis pada produk padat adalah *solid yield*, *energy densification ratio*, dan *energy yield* (Yuliansyah, 2010). *Solid yield*, *energy densification ratio*, dan *energy yield* dihitung menurut persamaan berikut:

$$\text{Yield padatan} = \frac{\text{massa dari produk padat kering}}{\text{massa dari material bahan baku kering}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Ratio energi densifikasi} = \frac{\text{nilai kalor produk}}{\text{nilai kalor material bahan baku}} \quad (2)$$

$$\text{Energi yield} = \text{yield padatan} \times \text{ratio energi densifikasi} \quad (3)$$

Untuk mengetahui karakteristik bahan sebelum dan sesudah dilakukan *hydrothermal treatment* maka perlu dilakukan analisis terhadap bahan baku dan produk *hydrochar*. Terdapat dua metode analisis yang umum dilakukan untuk menganalisis biomassa dan produk bahan bakar padat, yaitu analisis proksimat dan analisis ultimat. Analisis proksimat digunakan untuk menganalisis kadar air, kadar abu, *volatile matter*, dan *fixed carbon*. Sedangkan analisis ultimat digunakan untuk mengetahui kadar karbon, hidrogen, sulfur serta nilai kalor suatu biomassa dan produk bahan bakar padat (Kartika, 2015).

Penggunaan biomassa sebagai bahan bakar alternatif dengan menggunakan metode *hydrothermal treatment* telah menjadi fokus perhatian peneliti sejak beberapa tahun terakhir. Kalderis dkk (2014) melakukan karakterisasi dari hydrochar yang diproduksi dari proses hidrotomal sekam padi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai kalor *hydrochar* tertinggi dihasilkan pada proses hidrotermal pada suhu 300°C dan *residence time* selama 6 jam. Nilai kalor yang didapatkan adalah sebesar 17.8 MJ/kg. Penelitian lain menyebutkan bahwa didapatkan bahan bakar padat dari limbah industri minyak sawit dengan nilai kalor lebih tinggi yaitu 29.7 MJ/kg dan dengan *residence time* yang jauh lebih singkat yaitu selama 30 menit (Yuliansyah, 2010). Penelitian-penelitian terdahulu tersebut belum melihat fakta bahwa limbah biomassa yang tersedia adalah dalam keadaan tercampur atau heterogen. Maka pada penelitian ini dilakukan pendekatan campuran bahan baku serbuk gergaji kayu jati dan serbuk tongkol jagung.

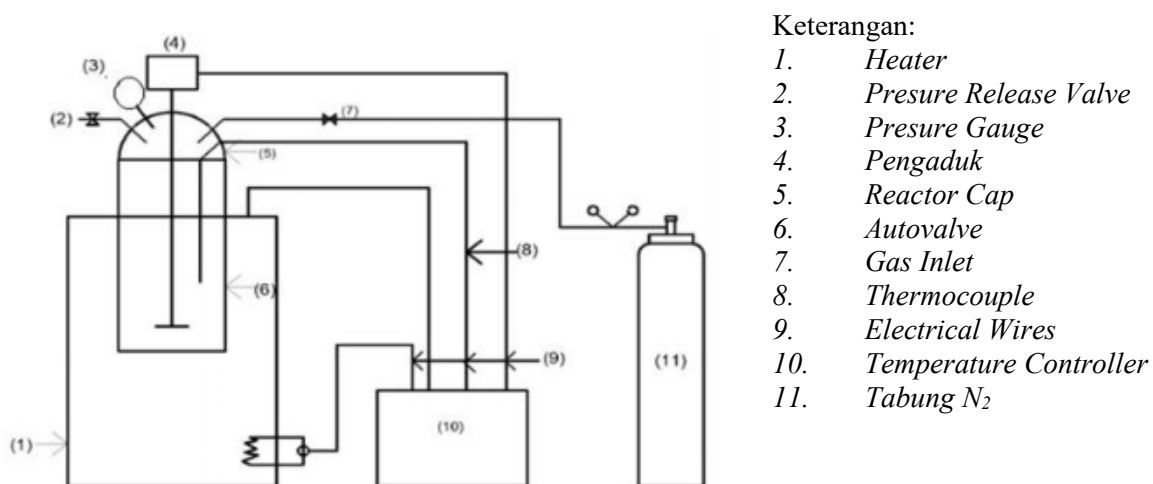
Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh komposisi campuran biomassa yang optimum untuk membuat bahan bakar padat dengan menggunakan metode *hydrothermal treatment* serta melakukan analisis regresi untuk memperkirakan harga nilai kalor berdasarkan analisis proksimat.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Bahan : Biomassa yang digunakan adalah serbuk gergaji kayu jati yang diperoleh dari industri kecil pembuatan mebel dan furniture di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Tongkol Jagung diperoleh dari perkebunan jagung di Desa Penadaran Gubug Jawa Tengah. Air sebagai pelarut dan reagen menggunakan akuades yang diperoleh dari CV General Labora, Jalan Kesehatan, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Alat : Rangkaian alat yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1 dibawah ini:



**Gambar 1.** Rangkaian Alat *Hydrothermal Treatment*

### 2.2. Prosedur Penelitian

#### 2.3.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

1. Pengecilan ukuran tongkol jagung dengan menggunakan grinder

2. Pengayakan serbuk gergaji dan serbuk tongkol jagung dengan menggunakan ayakan ASTM 20 Mesh dan 28 Mesh
3. Analisis bahan baku meliputi analisis proksimat, nilai kalor, kandungan lignoselulosa, dan kadar kalium

### 2.3.2 Tahap *Hydrothermal Treatment*

Umpan *autoclave* sebanyak 15 gram berupa serbuk gergaji dan akuades disiapkan. Serbuk gergaji berukuran -20+28 Mesh ditimbang sebesar 15 gram dan dicampur dengan air sebanyak 150 mL sehingga didapat campuran biomassa dan air dengan perbandingan 1:10. Campuran tersebut dimasukkan ke dalam *autoclave* kemudian *autoclave* ditutup hingga rapat.

Gas N<sub>2</sub> kemudian dialirkan ke dalam *autoclave* hingga indikator tekanan mencapai 5 bar. Setelah mencapai tekanan 5 bar, *valve* yang mengarah ke tangki N<sub>2</sub> ditutup, sedangkan *valve* purge dibuka hingga indikator tekanan menunjukkan angka 0 bar (*gauge*). Kemudian *valve* purge ditutup dan *autoclave* kembali diisi dengan gas N<sub>2</sub> kembali. Setelah 3 kali pencucian dengan gas N<sub>2</sub>, gas N<sub>2</sub> kembali dialirkan ke dalam *autoclave* hingga indikator tekanan menunjukkan angka 10 bar. Kemudian pemanas dinyalakan dan diatur pada suhu 250°C. Pengaduk dinyalakan. Setelah mencapai suhu yang diinginkan, proses dipertahankan selama 30 menit, kemudian pemanas dimatikan.

Selanjutnya dilakukan pendinginan pada *autoclave* hingga suhu kurang dari 40°C dan penurunan suhu tersebut setiap 5 menit sekali dicatat. *Slurry* diambil dari dalam *autoclave* dan dipisahkan antara produk padat dan cairnya menggunakan kertas saring dan proses *vacum* untuk mempercepat proses pemisahan. Padatan yang diperoleh kemudian dioven pada suhu 105°C selama 4 jam untuk mendapatkan produk akhir. Langkah yang sama dilakukan untuk proses *hydrothermal* dengan perbandingan serbuk tongkol jagung dan serbuk gergaji kayu jati 75%:25%; 50%:50%; 25%:75%; dan 0%:100%.

### 2.3.3 Analisis Hasil

1. Penyaringan campuran padatan *hydrochar* dan cairan
2. Analisis *hydrochar* yang meliputi analisis proksimat (kadar air, kadar abu, *volatile matter*, dan *fixed carbon*), analisis ultimat (C, H, N), nilai kalor, dan kadar kalium.

### 2.3.4 Prediksi Nilai Kalor Hydrochar

Melalui perhitungan analisis regresi multivariat dengan bantuan Menu Data Analisis pada Microsoft Excel seri 2007 akan diperoleh persamaan untuk memprediksi nilai kalor *hydrochar*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

*Hydrothermal treatment* merupakan teknik konversi biomassa secara termal yang menggunakan air sebagai reaktannya. Selain sebagai reaktan, air berperan pula sebagai pelarut dan autokatalis. Serbuk gergaji kayu jati dan serbuk tongkol jagung adalah biomassa dengan kandungan lignoselulosa. Lignoselulosa pada umumnya terdiri dari senyawa-senyawa selulosa, hemiselulosa dan lignin. Berikut merupakan komposisi lignoselulosa pada bahan baku.

**Tabel 1.** Kandungan Lignoselulosa Bahan Baku (Oktaviananda dkk., 2017)

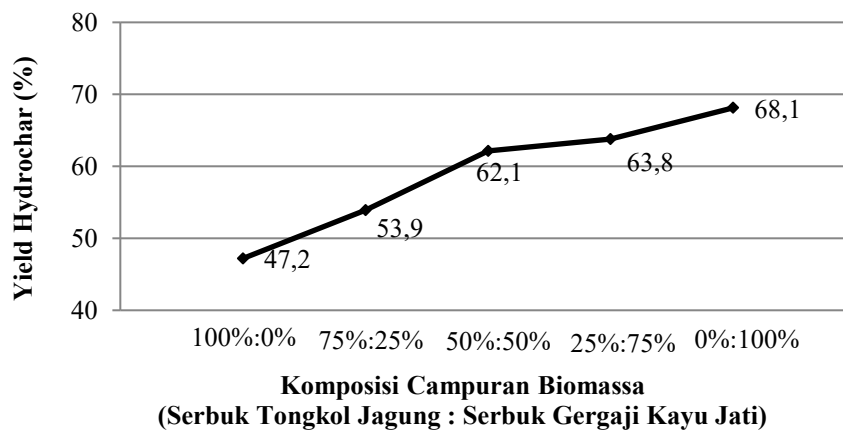
Bahan Baku	Parameter	Hasil Uji (%)
Serbuk Gergaji Kayu Jati	Hemiselulosa	5.11
	Selulosa	49.33
	Lignin	29.49
Serbuk Tongkol Jagung	Hemiselulosa	33.43
	Selulosa	40.67
	Lignin	12.34

### 3.1 Pengaruh Komposisi Campuran Biomassa

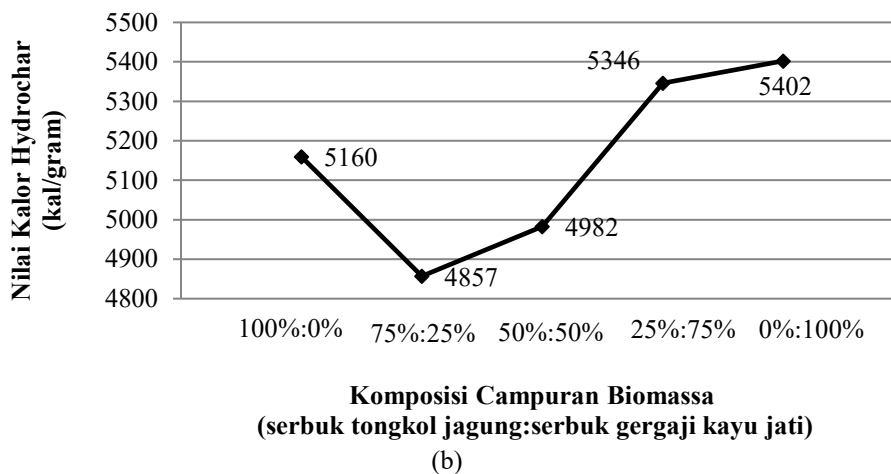
Pada penelitian ini dilakukan studi tentang pengaruh komposisi campuran biomassa terhadap kualitas *hydrochar*. Tujuan studi pengaruh komposisi campuran biomassa ini adalah untuk mengetahui apakah dihasilkan *hydrochar* dengan kualitas lebih baik apabila biomassa serbuk gergaji kayu jati dan serbuk tongkol jagung dicampurkan dengan persentase tertentu atau diproses masing-masing secara *hydrothermal treatment*. Campuran biomassa yang digunakan adalah serbuk gergaji kayu jati dan serbuk tongkol jagung dengan perbandingan komposisi serbuk tongkol jagung dibanding serbuk gergaji kayu jati adalah 100%:0%; 25%:75%; 50%:50%; 75%:25%; dan 0%:100%.

#### 3.1.1 Nilai Kalor dan Yield *Hydrochar*

Hasil nilai kalor dan yield *hydrochar* disajikan pada Gambar 2 dibawah ini.



(a)



**Gambar 2.** (a) Yield *Hydrochar* Variasi Komposisi Campuran Biomassa (b) Nilai Kalor *Hydrochar* Variasi Komposisi Campuran Biomassa

Berdasarkan Gambar 2 (a) dapat diketahui bahwa yield *hydrochar* variasi komposisi campuran biomassa mengalami peningkatan menurut kenaikan persentase biomassa serbuk gergaji kayu jati. Kenaikan yield *hydrochar* seiring dengan kenaikan persentase bahan baku serbuk gergaji kayu jati terjadi karena serbuk gergaji kayu jati mengandung selulosa 8,66% lebih banyak dibandingkan dengan serbuk tongkol jagung. Menurut Yuliansyah (2010), selulosa dan hemiselulosa merupakan komponen yang relatif lebih mudah terdegradasi dibandingkan lignin. Berdasarkan penelitian tersebut, hemiselulosa akan mengalami dekomposisi pada temperatur <math><200^{\circ}\text{C}</math>, sedangkan selulosa akan berangsur-angsur terdegradasi pada temperatur yang lebih tinggi yaitu setelah *treatment* pada temperatur

Berdasarkan Gambar 2 (b) diketahui bahwa nilai kalor *hydrochar* dari campuran biomassa mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya komposisi biomassa serbuk gergaji kayu jati. *Hydrochar* dengan komposisi 100% serbuk gergaji kayu jati memiliki nilai kalor tertinggi yaitu hydrochar 3.6% dibandingkan dengan *hydrochar* dari biomassa serbuk tongkol jagung murni.

### 3.1.2 Analisis Proksimat *Hydrochar*

**Tabel 2.** Analisis Proksimat Bahan Baku dan *Hydrochar*

Sifat	Variasi Campuran Biomassa (Serbuk Tongkol Jagung:Serbuk Gergaji Kayu Jati)				
	100%:0%	75%:25%	50%:50%	25%:75%	0%:100%
Analisis Proksimat					
- Kadar air	3.548	3.270	3.247	3.240	3.173
- Kadar abu	0.107	0.223	0.291	0.420	0.477
- <i>Volatile Matter</i> (%)	65.978	68.104	68.815	69.515	70.028

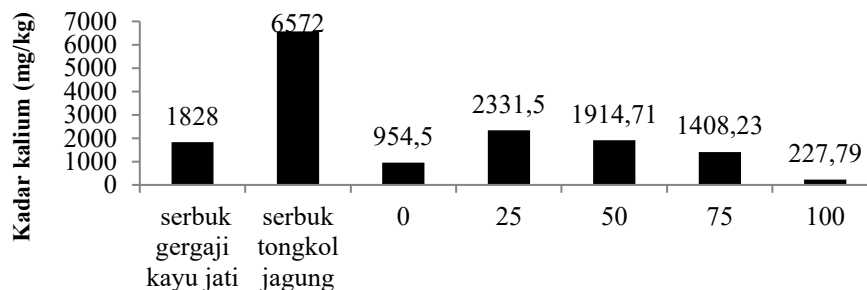
- Fixed Carbon (%)	34.022	31.896	31.185	30.485	29.972
Yield <i>hydrochar</i>	47.196	53.898	62.125	63.788	68.125
Ratio energi densifikasi	1.119	1.109	1.057	1.034	0.988
Energi yield	52.825	59.752	65.684	65.932	67.335

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa kadar abu dan *volatile matter* mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya komposisi campuran biomassa serbuk gergaji kayu jati. Sebaliknya, kadar air dan *fixed carbon* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya komposisi campuran biomassa serbuk gergaji kayu jati. Secara umum, meningkatnya persentase *fixed carbon* akan meningkatkan nilai kalor *hydrochar*.

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui pula bahwa semakin besar persentase serbuk gergaji kayu jati maka energi yield *hydrochar* akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan pada serbuk gergaji kayu jati mengandung kadar komponen selulosa yang lebih banyak yang akan mengalami hidrolisis sempurna pada temperatur diatas 180°C. Reaksi hidrolisis terjadi ketika hemiselulosa dan selulosa mengalami pemutusan ikatan ester dan eter terutama pada ikatan  $\beta$  (1-4) glikosidik. Pemutusan ikatan tersebut akan mengakibatkan semakin banyak rantai karbon yang terbentuk akibat penataan ulang rantai karbon. Hal ini akan meningkatkan nilai kalor *hydrochar*, yield *hydrochar*, dan energi yield *hydrochar*.

### 3.1.3 Kadar Kalium *Hydrochar*

Analisis kadar kalium *hydrochar* disajikan pada Gambar 3 berikut.



**Bahan Baku dan Komposisi Campuran Biomassa  
(% Serbuk Gergaji Kayu Jati)**

**Gambar 3.** Kadar Kalium *Hydrochar* Variasi Komposisi Campuran Biomassa

Berdasarkan Gambar 3, kadar kalium terendah terdapat pada campuran biomassa dengan komposisi 75% serbuk gergaji kayu jati yaitu sebesar 1408.23 mg/kg. Meskipun hasil analisis kadar kalium pada variasi tersebut lebih tinggi daripada *hydrochar* murni tanpa variasi komposisi campuran biomassa, namun persentase komposisi campuran tersebut sudah menurunkan kadar kalium cukup signifikan dibandingkan dengan bahan bakunya.

### 3.2 Prediksi Nilai Kalor

Berdasarkan data analisis proksimat dari beberapa sampel *hydrochar* melalui analisis regresi multivariat didapatkan hasil persamaan berikut:

$$HHV = 0,837 (\%AC) + 0,152 (\%VM) + 0,389 (\%FC) - 0,022 (\%WC) \quad (4)$$

Keterangan notasi:

HHV = nilai kalor *hydrochar*, dalam satuan (MJ/kg)

%AC (*ash content*) = kadar abu *hydrochar*, dalam satuan (%)

%VM (*volatile matter*) = *volatile matter*, dalam satuan (%)

%FC (*fixed carbon*) = *fix carbon*, dalam satuan (%)

%WC (*water content*) = kadar air *hydrochar*, dalam satuan (%)

Kesalahan rata-rata absolut dan kesalahan rata-rata bias dari Persamaan (4), menurut Parikh (2005) dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Kesalahan rata-rata absolut} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\text{nilai kalor prediksi} - \text{nilai kalor terukur}}{\text{nilai kalor terukur}} \right| \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{Kesalahan rata-rata bias} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\text{nilai kalor prediksi} - \text{nilai kalor terukur}}{\text{nilai kalor terukur}} \right] \times 100\% \quad (6)$$

Melalui perhitungan dengan menggunakan Persamaan (5) dan Persamaan (6) didapatkan nilai kesalahan rata-rata absolut dan nilai kesalahan rata-rata bias berturut-turut adalah 4.11% dan 0.28%. Berdasarkan nilai dari kedua kesalahan rata-rata tersebut dapat diartikan bahwa kadar air, kadar abu, *volatile matter*, dan *fix carbon* berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kalor *hydrochar*.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Komposisi campuran biomassa serbuk gergaji kayu jati dan serbuk tongkol jagung mempengaruhi kualitas *hydrochar* hasil *hydrothermal treatment*. Semakin besar persentase serbuk gergaji kayu jati akan menaikkan yield *hydrochar*, menurunkan ratio energi densifikasi, menaikkan energi yield, menaikkan nilai kalor, menurunkan kadar air, menurunkan kadar abu, menaikkan kadar *volatile matter*, menurunkan kadar *fixed carbon* dan menurunkan kadar kalium.
2. Data analisis multivariat menyimpulkan bahwa analisis proksimat berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kalor *hydrochar* dengan persamaan regresi:

$$HHV = 0,837 (\%AC) + 0,152 (\%VM) + 0,389 (\%FC) - 0,022 (\%WC)$$

Persamaan regresi tersebut dapat digunakan untuk memprediksi nilai kalor biomassa apabila dikenai perlakuan *hydrothermal treatment* dengan nilai kesalahan rata-rata absolut sebesar 4,11% dan nilai kesalahan rata-rata bias sebesar 0,28%. Melalui persamaan tersebut dapat diprediksi nilai kalor biomassa lain untuk mengetahui potensinya sebagai sumber bahan bakar terbarukan melalui metode *hydrothermal treatment*.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH



Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ir. Agus Prasetya, M.Eng.SC., Ph.D, Chandra Wahyu Purnomo, S.T., M.E., M.Eng., D.Eng., Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi dan semua pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

Campo, B. (2010). Corn Cob Dry Matter Loss in Storage as Affected by Temperature and Moisture Content, Iowa State University Digital Repository

ESDM. (2004). Blue Print Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025.

Kalderis, D., Kottl, M.S., Mendez, A, and Gasco, G. (2014). Characterization of Hydrochars Produced by Hydrothermal Carbonization of Rice Husk, *Solid Earth*, 5. 477-483.

Kartika, A.M., (2015) Uji Performansi Gasifikasi Biomassa pada Proses Sterilisasi Berbahan Bakar Limbah Media Tanam Jamur Merang. *Tesis*. Universitas Udayana.

Malakauseya, J., Sudjito, Sasongko, M. (2013). Pengaruh Prosentase Campuran Briket Limbah Serbuk Kayu Gergajian dan Limbah Daun Kayuputih Terhadap Nilai Kalor dan Kecepatan Pembakaran. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 4 (3), 194-198.

Oktaviananda, C., Rahmawati, R., Prasetya, A., Purnomo, C., Yulansyah, A., Cahyono., R. (2017). Effect of Temperature and Biomass-Water Ratio to Yield and Product Characteristic of Hydrothermal Treatment of Biomass. In *International Conference On Chemistry, Chemical Process and Engineering*. Yogyakarta, Indonesia: Faculty of Mathematic and Natural Science, Universitas Islam Indonesia

Yuliansyah, A., Hirajima, T., Kumagai, S., Sasaki, K. (2010). Production of Solid Biofuel from Agricultural Wastes of the Palm Oil Industry by Hydrothermal Treatment, *Waste Biomass Valor*, 1, 395-405.