



## Pemanfaatan limbah perkebunan (kayu karet) menggunakan tungku beehives modifikasi

*Utilization of plantation waste (rubber wood) using modified beehives furnace*

F. Bahfie<sup>1\*</sup>, F. Nurjaman<sup>1</sup>, U. Herlina<sup>1</sup>, A. Shofi<sup>2</sup>, S. Sumardi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Balai Penelitian Teknologi Mineral, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Lampung Selatan, Lampung, Indonesia, 35361.

<sup>2</sup>Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang, Jl. Diponegoro No.101, Kutoharjo, Kec. Rembang, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah 59211

\*E-mail: fathanbahfie@gmail.com/fath003@lipi.go.id

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Article History:

Received 5 August 2021

Accepted 9 September 2021

Available online 1 October 2021

#### Keywords:

Biomass

Plantation waste

Charcoal, carbon

Modified beehives furnace

Biomass can be used for energy production from renewable sources. Due to the social resistance to crop burning, mixtures and pellets made from or including waste materials are a good alternative. Plantation waste becomes a problem, namely reducing land which ultimately destroys the soil and the ecosystem around the land. This waste has the potential to become charcoal that supports biomass production in Indonesia with modified beehive furnaces. The carbonized rubber charcoal has a fixed carbon content of 63% with 37% of ash, volatile and water impurities. And the redemption value in this process is around 15% which has a profit margin of 200% from the purchase capital of rubber wood waste. The carbonization process with modified beehive furnaces can be a recommendation for the manufacture of charcoal from plantation waste.



*Dinamika Teknik Mesin*, Vol. 11, No. 2, October 2021, p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729

### 1. PENDAHULUAN

Dalam proses karbonisasi, terdapat banyak reaksi termodegradasi dan oksidasi yang disertai dengan pembentukan dan interaksi kimia. Hasil reaksi ini dalam gas buang selama pembakaran kayu tidak hanya terdapat karbon monoksida (CO) dan NO tetapi juga beberapa gas lainnya seperti CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>x, dan O yang tidak bereaksi. Selain itu, dalam oksidasi yang tidak sempurna menghasilkan volatil di ruang bakar dan gas buang pembakaran yaitu hidrokarbon. Kayu mengandung lebih banyak hidrogen daripada elemen lainnya yang merupakan alasan mengapa lebih banyak hidrokarbon tercipta selama pembakarannya (Emília dkk, 2016; Horvat dan Dović, 2018; Irish Bioenergy Association, 2017; Marangwanda dkk, 2020; Vamvuka dkk, 2020; Cardozo dkk, 2016).

Salah satu batasan utama dalam penggunaan produk sampingan agroindustri untuk produksi energi adalah ketersediaan dan nilai kalor hasil karbonisasi sehingga dapat diaplikasikan dalam skala kecil dan dibandingkan dengan bahan bakar fosil (Groscurth dkk, 2000). Di seluruh dunia, teknologi yang paling banyak digunakan untuk produksi tenaga biomassa adalah pembakaran langsung (US Department of Energy, 1997). Meskipun sebagian besar penelitian yang dilaporkan sejauh ini

difokuskan pada bahan biomassa dan sedikit pada bahan non-tradisional. Sehingga beberapa tantangan dapat diantisipasi sehubungan dengan produksi pelet menggunakan bahan produk sampingan. Penelitian ini mengevaluasi pengaruh beberapa sifat bahan baku, kelembaban serbuk gergaji, fraksi pinus segar, pinus dan cemara yang disimpan pada produksi pelet terhadap sifat konsumsi energi, daya tahan, kepadatan, dan laju produksi (Cardozo dkk, 2016). Dapat disimpulkan bahwa kualitas pelet meningkat dengan tingkat serbuk gergaji yang disimpan dan dengan pengurangan kelembaban. Selain itu, konsumsi energi dalam produksi pelet berkurang.

Penelitian-penelitian lainnya yang berhubungan biomassa dengan bahan bakar dari fosil seperti penambahan biomassa sebagai sumber energi pelengkap dalam boiler berbahan bakar fosil, campuran biomassa dengan batubara, pemuatan biomassa dan bahan bakar fosil yang terpisah atau digabungkan ke dalam ketel serta gasifikasi dari biomassa untuk injeksi gas ke dalam boiler (Tillman, 2000). Gasifikasi adalah teknologi lain dengan potensi masa depan yang besar. Gasifikasi dapat diklasifikasikan menurut jenis reaktor yang digunakan (unggun bergelembung atau bersirkulasi, unggun bergerak paralel atau berlawanan arus), tekanan operasi (atmosfer atau bertekanan), jenis bahan gasifikasi (udara, uap, campuran udara dan uap, CO<sub>2</sub>), dan sistem pembersihan gas limbah (Varnero dan Urrutia, 2017; Mitchell, 2017).

Selain itu, biomassa dapat berguna sebagai pengurai aneorobik seperti proses biologis terkenal yang menghasilkan biogas dan pupuk. Pabrik biogas mengolah berbagai jenis residu organik termasuk lumpur limbah, residu industri makanan, dan kotoran hewan dengan bantuan biomassa. Industri pertanian sebagian besar memiliki produk musiman sehingga menjadi peluang yang besar (Reinoso dkk, 2021). Dalam kebanyakan kasus, hasil biogas meningkat karena efek positif dari penggunaan substrat dan biomassa pada proses destruksi. Penanganan limbah campuran yang lebih mudah, penggunaan fasilitas akses umum dan pengaruh skala ekonomi yang diketahui adalah beberapa keuntungan dari proses destruksi tersebut (Yulianto dkk, 2018; Colantoni dkk, 2021). Semua adalah studi terbaru tentang pemrosesan biomassa untuk batu bara dan energi terbarukan melalui berbagai cara agar pemanfaatan biomassa menjadi optimal.

Pada penelitian ini adalah upaya alih teknologi peningkatan nilai tambah limbah biomassa (kayu karet) melalui proses karbonisasi menjadi produk arang berkualitas baik sehingga terciptanya kegiatan usaha pembuatan arang biomassa/kayu secara kontinyu menggunakan tungku karbonisasi dengan nilai investasi rendah namun ekonomis, yaitu modified-beehives, dengan kapasitas 2 x 1,5 ton/batch dan menjadikan produk sampingan menjadi produk.

## **2. METODE PENELITIAN**

Material yang dipakai pada proses ini yaitu limbah kayu karet dikarenakan adanya kebijakan dari PTPN VI tentang perubahan perkebunan karet menjadi jagung. Hal ini meningkatkan jumlah sampah biomasa yang melimpah tanpa pengolahannya sehingga banyak sampah kayu karet yang tertimbun. Dalam penelitian ini kayu karet disiapkan dalam ukuran panjang x diameter yaitu 50 x 40 cm.

Pengujian proksimat dilakukan pada arang hasil pembakaran sebanyak 50-gram sampel arang kayu yang digerus dan diayak sampai ukuran -100 mesh lalu dipanaskan pada suhu 900 °C selama 7 menit untuk mengetahui fix karbon dan *volatile matter*, dan selama 120 menit untuk mengetahui ash dan air pada arang tersebut berdasarkan (SNI) 3478:2010, 13-3476-1994, 13-3479-1994, dan 13-3999-1995. Proses karbonisasi atau pengarangan dalam material biomassa merupakan proses pemutusan ikatan rantai hidrokarbon melalui proses pemanasan pada temperatur tertentu, sehingga menyisakan produk (arang) dengan kandungan karbon yang tinggi. Proses pemanasan dapat dilakukan secara langsung (*direct heating*) atau secara tidak langsung (*indirect heating*). Pada penelitian ini menggunakan proses pembakaran langsung, umumnya sumber energi panas berasal dari material biomassa tersebut, dimana proses pembakaran dilakukan secara terkontrol dengan membatasi jumlah udara pembakaran, sehingga unsur karbon dalam material tersebut tidak terbakar habis dan menyisakan abu. Proses karbonisasi dengan pemanasan secara tidak langsung akan memberikan produk arang dengan kualitas dan rendemen arang yang lebih dibanding dengan pemanasan secara langsung, namun membutuhkan biaya produksi yang jauh lebih tinggi. Berikut adalah tahapan proses karbonisasi dalam suatu material biomassa:

Pada awal pemanasan, 100-200 °C, kandungan air/moisture dilepaskan bersamaan gas CO dan CO<sub>2</sub> dalam jumlah kecil. Pada temperatur 200-400 °C, sebagian besar selulosa murni terurai secara intensif. Pada temperatur 400-500 °C, lignin terurai dan gas CO, CH<sub>4</sub> dan CH<sub>2</sub> yang dilepaskan semakin meningkat dan gas CO<sub>2</sub> semakin berkurang. Pada temperatur 500-700°C (Wei dkk, 2021), pelepasan *tare* dan gas hidrogen. Proses ini berlangsung selama 7 hari sehingga didapatkan arang kayu yang selanjutnya diuji proksimat untuk mengetahui komposisi karbon, abu, air, dan volatil

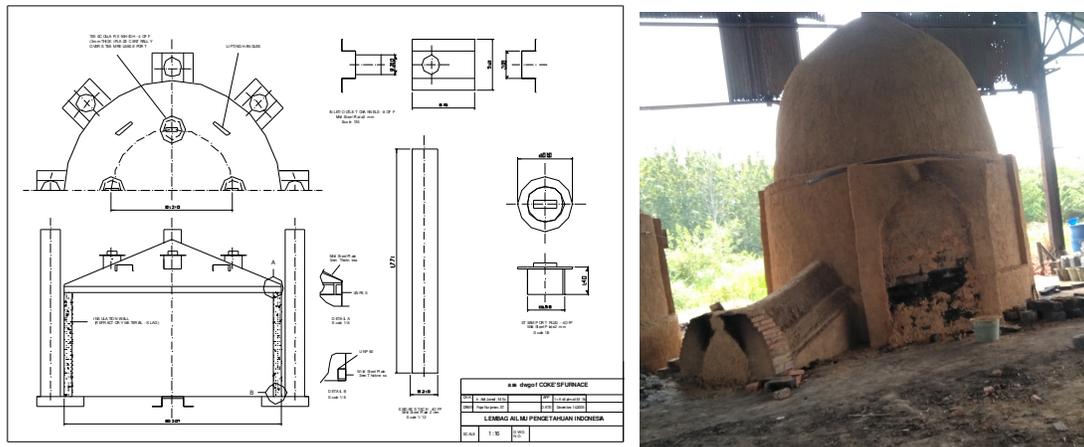
dengan suhu 900 °C selama 7 menit untuk kadar karbon dan volatil; dan 120 menit untuk kadar abu dan air. Proses ini dilakukan sebanyak tiga kali untuk mendapatkan data akurat.

Beberapa faktor yang mempengaruhi produk arang dari hasil proses karbonisasi di atas, diantaranya adalah kadar air dan ukuran bahan baku biomassa, jenis (berat jenis dan kandungan lignin) bahan baku biomassa, serta temperatur karbonisasi dan untuk penelitian ini persentase karbon, volatile, abu dan air sebagai variabel.. Hasil pembuatan arang dihitung juga nilai BEP (break-even point).

Proses karbonisasi kayu karet serta desain tungku seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2. Proses karbonisasi dilakukan dengan mengontrol udara masuk melalui bagian bawah tungku pada awal, sehingga mampu menghasilkan produk arang/kokas dengan kualitas yang baik. Proses udara hanya berlangsung selama 1 jam untuk pemanasan awal dan dilanjutkan dengan pembakaran secara langsung. Jumlah dan posisi cerobong yang berada disamping tungku mampu menjaga proses pembakaran berlangsung dengan baik dan merata di seluruh bagian tungku. Efisiensi pembakaran tungku beehive modifikasi sangat baik dengan menambahkan material insulator panas (dari bahan baku slag hasil peleburan bijih besi) disekeliling tungku tersebut. Proses karbonisasi menggunakan tungku beehive modifikasi kurang lebih memakan waktu selama 10-14 hari untuk kapasitas 10 ton kayu karet/batch, dengan rendemen hingga mencapai 30% untuk bahan baku kayu karet. Produk arang selama 3 kali proses dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 1. Proses karbonisasi kayu karet.



Gambar 2. Desain tungku *modified-beehives*.



Gambar 3. Produk arang kayu karet.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisa proksimat

Nilai proksimat arang pada 3 kali proses pembuatan arang kayu karet atau AKK dengan kode sampel AKK 1, AKK 2, dan AKK 3 dapat dilihat hasil pengamatan pada Tabel 1 dengan dasar perhitungan pada persamaan (1-4). AKK 1-3 dihasilkan pada variasi dan kondisi yang sama. Untuk persamaan (1) dan (2) perhitungan massa awal ( $M_0$ ) dan massa akhir ( $M_1$ ) dimana massa akhir adalah massa setelah proses dipanaskan 900 °C selama 120 menit. Untuk persamaan (3) perhitungan massa awal ( $M_0$ ) dan massa akhir ke-2 ( $M_2$ ) dimana  $M_2$  adalah massa setelah proses dipanaskan 900 °C selama 7 menit. Arang memiliki nilai fix karbon sekitar 60 % dengan nilai ash, air, dan volatile sekitar 40 % yang menyatakan bahwa produk arang kayu ini memiliki standar yang sesuai Permen ESDM No.47/2006 dalam penggunaan arang sebagai biomassa di Indonesia. Sehingga dapat digunakan sebagai biomassa untuk aplikasi selanjutnya.

$$\% \text{ Air} = \frac{(M_0 - M_1)}{M_1} \times 100\% \quad (1)$$

$$\% \text{ Abu} = \frac{M_1}{M_0} \times 100\% \quad (2)$$

$$\% \text{ Volatil} = \frac{(M_0 - M_2)}{M_2} \times 100\% \quad (3)$$

$$\% \text{ Karbon} = 100\% - (\% \text{ Air} + \% \text{ Abu} + \% \text{ Volatil}) \quad (4)$$

Tabel 1. Komposisi arang kayu.

No	Kode	Kandungan (%)			
		Air	Abu	Volatile	Karbon
1	AKK1	4,4815	1,3190	30,4747	63,7248
2	AKK2	4,4522	2,7594	31,59,34	61,1950
3	AKK3	4,6591	3,2200	29,7100	62,4109

#### 3.2 Perhitungan bisnis

Perhitungan bisnis dapat dilihat pada Tabel 2. Harga limbah biomassa kayu karet sebesar Rp. 150.000/ton, sedangkan harga produk arang kayu karet mencapai 2.000.000/ton. Dengan rendemen 15 % dengan perhitungan dari persamaan (5), diperoleh peningkatan nilai ekonomis sebanyak dua kali lipat dari harga bahan baku.

$$\text{Randemen} = \frac{\text{Berat arang}}{\text{Berat kayu}} \times 100\% \quad (5)$$

Diharapkan melalui kegiatan ini, Balai Penelitian Teknologi Mineral-LIPI mampu memberikan sumbangsih dalam meningkatkan perekonomian masyarakat sekitar melalui transfer teknologi pengolahan arang kayu dari limbah biomassa.

Tabel 2. Perhitungan BEP untuk produksi arang kayu per tungku dan per bulan.

Pengeluaran	Pendapatan
Kayu karet :	Arang kayu:
Rp3.000.000/m3	2 ton x Rp. 3.000.000/ton
Pekerja: 2.240.000	
Sewa Tungku:	
500.000/bulan	
Margin keuntungan Rp. 1.260.000,-	

#### 4. KESIMPULAN

Proses karbonisasi kayu karet menghasilkan arang kayu dengan nilai fix karbon 63,7248 %, volatile matter 30,4747 %, abu 1,3190 %, dan air 4,4815 %. Hasil uji proksimat tersebut dapat mengklasifikasikan bahwa arang kayu karet memiliki nilai kandungan yang memenuhi standar Permen ESDM No.47/2006 sebagai bahan baku arang dengan nilai keuntungan Rp. 1.260.000,- / 30 hari dengan asumsi 1 pekerja dengan biaya Rp. 80.000,- / hari dan sewa tungku Rp. 500.000,-/bulan.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Penelitian Teknologi Mineral-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia atas bantuan dana dan alat untuk menunjang penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Cardozo E., Erlich C., Alejo L., Fransson T. H., 2016, Comparison of the thermal power availability of different agricultural residues using a residential boiler, *Biomass Conv. Bioref.*, 4, 1-13.
- Colantoni A., Paris E., Bianchini L., Ferri S., Marcantonio V., Carnevale M., Palma A., Civitarese V., Gallucci F., 2021, Spent coffee ground characterization, pelletization test and emissions assessment in the combustion process, *Scientific Reports*, 11, 1-14.
- Emília H., Juraj L., Ján V., Ladislav D., 2016, Combustion of biomass fuel and residues: emissions production perspective, *Developments in Combustion Technology*, 1, 1-32.
- Groscurth H., Almeida A., Bauen A., Costa F., Ericsson J., Giegrich J., 2000, Total costs and benefits of biomass in selected regions of the European Union, *Energy*, 25, 1081–95.
- Horvat I., dan Dović D., 2018, Combustion of agricultural biomass – issues and solutions, *Transactions of Famena XIII-Special issue*, 1, 75-86.
- Irish Bioenergy Association, 2017, Project report for biomass combustion emissions study, 1-156.
- Marangwanda G.T., Madyira D.M., Babarinde T.O., 2020, Combustion models for biomass: a review, *Energy Reports*, 6, 664–67.
- Mitchell E. J. S., 2017, Emissions from residential solid fuel combustion and implications for air quality and climate change, *Dissertation, University of Leeds*, 1-361.
- Reinoso M. J. V., Pinna H. M. G., Fernández F. M. D., Sánchez M. J. A., López H. J. C., Acién F. F. G., 2021, Boiler combustion optimization of vegetal crop residues from greenhouses, *Agronomy*, 11, 626
- Tillman D., 2000, Biomass co-firing: the technology, the experience, and the combustion consequences, *Biomass and Bioenergy*, 19, 365–84.
- US Department of Energy, 1997, Renewable energy technology characterizations.
- Vamvuka D., Loukeris D., Stamou E., Vlasiadis A., Sfakiotakis S., Bandelis G., 2020, Development and performance of a multi-fuel residential boiler burning agricultural residues, *Front. Energy Res.*, 8,136.

- Varnero C. S., dan Urrutia M. V., 2017, Power form agripellets, *Frontiers in Bioenergy and Biofuels*, 465-480.
- Wei H. C., Bo J. L., Yu Y. L., Yen S. C., Aristotle T. U., Pau L. S., Hwai C. O., Jo S. C., Shih H. H., Alvin B. C., Anélie P., Mathieu P., 2021, Progress in biomass torrefaction: Principles, applications and challenges, *Prog. in Ener. and Comb. Sci.* 82, 100887.
- Yulianto M., Agustina S. E., Hartulistiyoso E., Oscar L., Nelwan, Nurlela, 2017, Study of temperature characterization of agricultural waste in the development of stove for combine heat power, *AIP Conference Proceedings*, 1826, 1-9.