

Dekomposisi Limbah Organik Tempurung Kelapa Menjadi *Bio-Coke Hybrid* Menggunakan Metode Pirolisis-LSM (*Liquid Solid Mixing*)

M Jahiding^{1,*}, Yuke Milen¹, Erzam S Hasan¹, Mashuni², dan U Rahman¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Kendari

²Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Kendari

Email coresponden : mjahiding@uho.ac.id

ABSTRACT

Coconut shells (TK) are biomass waste containing lignocellulosic components that have potential as a biomass fuel source. This condition encourages the conversion of TK biomass waste into bio-coke as an alternative solid fuel by combining LVM (Liquid Volatile Matter) into the bio-coke structure to increase the calorific value using the pyrolysis-LSM (Liquid Solid Mixing) method. This research aims to determine the effect of LVM and bio-char CS concentrations as materials for making hybrid bio-coke with LVM concentrations of 10, 20, and 30% (w/t) using pyrolysis at a temperature of 600°. C. The characterization results show that the best proximate and heating values are obtained at an LVM concentration of 30%. Bio-coke hybrid has a water content of 5.12%, ash content of 6%, volatile substances of 20.48%, fixed carbon of 63.38%, and a maximum calorific value of 7186.28 kcal/kg. Thus, LVM combined with TK bio-coke is a potential strategy for managing biomass waste in alternative fuel applications.

KEY WORDS: Coconut shell, Bio-coke hybrid, Bio-char, LVM, Pyrolysis

Korespondensi: M. Jahiding, Universitas Halu Oleo, Kendari, Sulawesi Tenggara, mjahiding@uho.ac.id

PENDAHULUAN

Pengolahan biomassa sebagai sumber energi baru dan berkelanjutan (EBT) memiliki peran yang sangat krusial dalam mencapai netralitas karbon dan mengurangi ketergantungan manusia pada bahan bakar fosil. Banyak penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar fosil mengakibatkan peningkatan emisi CO₂, serta menghasilkan polutan yang menyebabkan perubahan pada komposisi atmosfer. Gas nitrogen oksida (NO) aktif berinteraksi dengan ozon (O₃) atau radikal di atmosfer, membentuk nitrogen dioksida (NO₂). CO₂ dan NO merupakan bahan bakar fosil berbasis sulfur hal tersebut tentunya berdampak besar pada emisi gas rumah kaca dan menyebabkan ketidakstabilan dalam perubahan iklim (Das, Sharma, and Choudhury 2002). Oleh karena itu, diperlukan upaya pengurangan penggunaan bahan bakar fosil diberbagai sektor kehidupan.

Salah satu upaya untuk menghadapi transisi energi tersebut dengan meningkatkan kapasitas dan utilitas dari energi terbarukan yang bersumber dari biomassa. Biomassa sebagai sumber energi mendapat perhatian karena pertimbangan akan lingkungan dengan kandungan belerang dan nitrogen yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil, sehingga dapat meminimalisir gas emisi berbahaya seperti gas nitrous (NO_x) dan sulfur dioksida (SO₂). Pemanfaatan biomassa sebagai sumber EBT akan terus di kembangkan, didukung dengan potensi biomassa di indonesia yang jumlahnya mencapai 146,7 juta ton pertahun (Abdullah 2003) (Parinduri 2020) (Norgate and Langberg 2009). Sumber energi biomassa yang potensial berasal dari limbah agro seperti TK. TK merupakan salah satu produk sampingan dari hasil produksi kelapa yang kurang dimanfaatkan dengan baik. Jika ditinjau dari komponen kimianya TK terdiri dari selulosa (26,6%), hemiselulosa (21%), lignin (29,4%), dan abu (0,6%). Secara unsur TK memiliki kandungan karbon yang tinggi (49,86%) dan sangat potensial jika digunakan sebagai material untuk pembuatan *bio-coke* (Mas'Udah et al. 2016) (Kishore Chowdari, Krishna Prasad, and Devireddy 2019).

Bio-coke merupakan bahan bakar padat yang telah mendapatkan banyak perhatian dalam pengembangannya karena memiliki prospek yang sangat baik untuk menggantikan peran dari batu bara kokas. Adapun metode yang digunakan untuk mengkonversi biomassa menjadi *bio-coke* yaitu metode pirolisis. Pirolisis adalah proses penguraian material organik (biomassa) secara *thermal* pada suhu tinggi tanpa adanya oksigen, dengan produk berupa bio-char, LVM dan gas (Ridhuan, Irawan, Zanaria, et al. 2019). Bio-char adalah produk utama hasil pirolisis sebagai bahan bakar bernilai kalori tinggi sedangkan LVM dan gas merupakan produk sampingan. Pirolisis

melibatkan berbagai proses reaksi salah satunya kondensasi, dalam proses kondensasi menghasilkan produk berupa LVM. LVM mengandung senyawa hidrokarbon dan senyawa mudah terbakar, serta memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan dengan *bio-coke* (Cahyono et al. 2014) (Ridhuan, Irawan, and Inthifawzi 2019) (Hasan et al. 2017) sehingga paduan LVM dengan *bio-coke* dapat meningkatkan kualitas proximate maupun nilai kalor dari *bio-coke*.

Beberapa penelitian tentang *bio-coke* sedang dalam demonstrasi pada tahapan percontohan dan komersial tetapi memerlukan penelitian lebih lanjut agar memperoleh nilai kalor yang lebih tinggi sehingga dapat memenuhi kualitas standar SNI 01-6325-2000 (Crespo et al. 2023). Oleh karena itu pada penelitian ini memilih biomassa TK yang diketahui memiliki kandungan carbon yang cukup tinggi, dikonversi menggunakan pirolisis dengan memadukan produk hasil pirolisis yaitu LVM dan bio-char sebagai material pembuatan *bio-coke hybrid* menggunakan metode LSM (*Liquid Solid Mixing*) sampai keadaan homogen menggunakan perbandingan konsentrasi LVM yang diyakini dapat menaikkan nilai kalor dari *bio-coke*.

METODE

A. Preparasi Sampel

TK yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari limbah perkebunan kelapa di Kabupaten Bombana Provinsi Sulawesi Tenggara. Tk yang diperoleh dikeringkan di bawah terik matahari selama ± 3 hari.

B. Proses Pirolisis

Proses pirolisis yang digunakan sama seperti prosedur pada penelitian sebelumnya M. Jahiding 2021 (Jahiding et al. 2021). Dalam proses pirolisis pada penelitian ini terbagi menjadi 3 tahapan yaitu: tahapan pertama TK yang telah dijemur dipirolisis dengan temperatur 600 °C untuk memperoleh bio-char. Tahapan kedua TK di pirolisis pada temperatur 600 °C untuk memperoleh LVM. LVM kemudian didestilasi pada tempetaur 70-90°C untuk memperoleh LVM murni. Selanjutnya tahapan ketiga bio-char sebanyak 10gram dicampur dengan 10%, 20% dan 30% LVM hingga homogen, tahapan ini merupakan proses pembuatan *bio-coke hybrid* dengan metode liquid solid mixing. Kemudian sampel yang telah homogen dimasukkan ke dalam cetakan *bio-coke* dan ditekan dengan tekanan 10 MPa lalu dimasukan kedalam reaktor pirolisis dan secara bersamaan dikompresi dengan beban seberat 2 kg. Kemudian temperatur piolisis diatur pada suhu 30 °C sebagai suhu awal. Setelah mencapai temperatur 120 °C temperatur dipertahankan selama 30 menit. Setelah itu dikembalikan ke temperatur awal dan *bio-coke hybrid* dikeluarkan dari reaktor untuk di karakterisasi.

C. Analisis Proximate dan Nilai Kalor Bio-coke

Analisis proksimat ditentukan berdasarkan American Society for Testing and Materials (ASTM) yang meliputi kadar air [ASTM D-3173-11], kadar abu [ASTM D-3174-12], zat mudah menguap [ASTM D-3175-11], karbon tetap [ASTM D-3172-07a] dan nilai kalor diukur menggunakan *calorimeter bomb*.

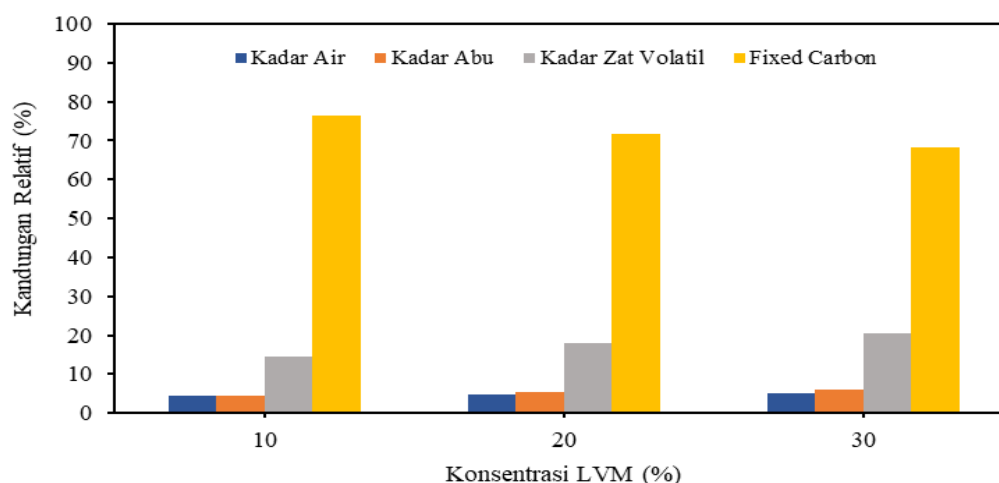
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis nilai proximate *bio-coke hybrid* TK

Hasil uji *proximate bio-coke hybrid* TK menggunakan temperatur 600 °C dengan 3 variasi konsentrasi LVM ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji *proximate bio-coke hybrid* TK

Parameter	Konsentrasi LVM (%)	Kadar air (%)	Kadar abu (%)	Kadar volatil (%)	Fixed carbon (%)	Nilai kalor (Kkal.kg ⁻¹)
<i>Bio-coke hybrid</i>	10	4,47	4,51	14,55	76,45	7120,56
	20	4,81	5,38	18,07	71,72	7164,28
	30	5,12	6,01	20,48	68,38	7186,28
Standar <i>bio-coke</i>	SNI 01-6325-2000	≤8	≤8	≤15	≥77	≥5000



Gambar 1. Pengaruh konsentrasi LVM terhadap nilai *proximate bio-coke hybrid*

Tabel 1 dan Gambar 1 menunjukkan nilai *proximate bio-coke hybrid* TK dengan variasi konsentrasi LVM 10%, 20% dan 30%. Berdasarkan nilai tersebut dapat dilihat bahwa kadar air *bio-coke hybrid* mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi LVM. Hal ini disebabkan LVM merupakan campuran yang terdiri dari air, asam karboksilat, alkohol, keton, aldehida, furan, fenol dan oligomer turunan lignin. Pada dasarnya LVM memiliki kandungan air dan char yang ikut terbawa pada proses kondensasi (Hasan et al. 2017). Meningkatnya konsentrasi LVM terhadap *bio-coke hybrid* dapat meningkatkan kerapatan *bio-coke*, karena molekul LVM dapat mengisi pori *bio-coke* sehingga ikatan antar bio-char dan LVM menjadi lebih rapat. Tinggi rendahnya kandungan air pada *bio-coke* disebabkan juga dari jenis biomassa dan proses pengolahan. Hal ini tentunya sangat berpengaruh terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Apabila kadar airnya rendah maka laju pembakaran yang dihasilkan akan semakin cepat. Secara keseluruhan kadar air *bio-coke hybrid* masih tergolong sangat rendah yaitu dibawah 6%. Hal ini memenuhi standar SNI untuk kadar air *bio-coke* maksimal 8% (Hendra 2007).

Kadar zat volatil memiliki kecenderungan perubahan yang sama dengan kadar air. *Bio-coke* dengan konsentrasi LVM 30% memiliki kadar air yang lebih tinggi sebesar 5,12% dan nilai kadar air terkecil yaitu sebesar 4,47% dengan konsentrasi LVM 10%. Terlihat bahwa kadar zat volatil semakin meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi LVM. Tingginya zat volatil pada *bio-coke* disebabkan oleh semakin banyaknya gugus hidrokarbon yang terbentuk dengan massa jenis yang kecil sehingga mudah untuk menguap (Hasan et al. 2017) (Ristianingsih, Ulfa, and Syafitri K.S 2015). Kualitas *bio-coke* yang dihasilkan menjadi semakin baik dan lebih ramah lingkungan ketika kadar karbon monoksida dalam volatile matter semakin rendah. Volatile matter terdiri dari senyawa hidrokarbon, metana, dan karbon monoksida (Tyas 2012). Secara keseluruhan hanya *bio-coke hybrid* dengan persentasi 10% LVM yang memenuhi standar SNI yaitu maksimal 15%.

Dalam memperoleh kualitas *bio-coke hybrid* terbaik, pada penelitian M. Jahiding 2021 memperkenalkan *bio-coke hybrid* dengan menggunakan biomassa dan metode yang berbeda. Pada proses injeksi LVM kedalam struktur *bio-coke* menghasilkan kadar abu yang cukup tinggi dari standar SNI. Keberadaan abu dalam *bio-coke* dapat mengakibatkan penyumbatan pori-pori dan penurunan kadar fixed carbon. Tingginya kandungan abu akan menghasilkan *bio-coke* berkualitas rendah karena tingginya kandungan silika yang berdampak negatif pada nilai kalor, sehingga *bio-coke* akan lebih reaktif dalam menghasilkan CO₂ (Suopajarvi et al. 2017) (Seo et al. 2020). Oleh karena itu mengamati kadar abu yang cukup tinggi pada saat LVM di injeksikan kedalam struktur *bio-coke* yang dipengaruhi oleh variasi temperatur yang semakin tinggi, pada penelitian ini dengan metode pirolisis-LSM yaitu memadukan LVM dengan *bio-coke* dengan variasi konsentrasi LVM menghasilkan *bio-coke hybrid* dengan kadar abu yang cukup rendah dan memenuhi standar SNI yaitu maksimal 8%. Kandungan kadar abu sangat

mempengaruhi jumlah *fixed carbon* pada *bio-coke*. *Fixed carbon* merupakan partikulat karbon (C) yang terikat pada *bio-coke* selain kadar air, kadar abu dan zat volatil. Namun secara keseluruhan persentasi *fixed carbon* pada *bio-coke hybrid* TK hampir memenuhi standar mutu SNI dan berada pada rentang 68-76 %. Keempat parameter tersebut sangat menentukan nilai kalor dari *bio-coke hybrid*.

B. Analisis nilai kalor *bio-coke hybrid* TK

Nilai kalor merupakan parameter yang menentukan kelayakan suatu bahan bakar, bisa digunakan secara massal atau tidak. Semakin tinggi nilai kalor *bio-coke* maka semakin tinggi kualitas yang dihasilkan. Nilai kalor berdasarkan variasi konsentrasi LVM menunjukkan peningkatan nilai kalor seiring bertambahnya konsentrasi LVM pada *bio-coke*. Tabel 1 menunjukkan hasil analisis nilai kalor *bio-coke hybrid* paduan LVM dengan persentase 7120,56 kkal.kg⁻¹ -7186,28 kkal.kg⁻¹. Rentang nilai kalor tersebut secara keseluruhan memenuhi standar baku SNI 01-6325-2000 yaitu maksimal ≥ 5000 .

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi LVM sangat mempengaruhi nilai proximate dan nilai kalor pada *bio-coke hybrid* dan konsentrasi terbaik diperoleh pada konsentrasi 30% dengan kadar air sebesar 5,12%, kadar abu 6,01%, zat volatil 20,48%, *fixed carbon* 68,38 % dan nilai kalor 7186,28 Kkal.kg⁻¹. Nilai tersebut memenuhi standar baku mutu *bio-coke* SNI 01-6325-2000.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua tim atas kontribusinya terhadap penelitian ini, Universitas Halu Oleo (UHO) dan penelitian ini mendapatkan dana dari Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia pada skema penelitian terapan pada tahun 2023.

REFERENSI

- Abdullah, Komaruddin. 2003. "Biomass Energy Potential And Utilization In Indonesia, Bogor, Indonesia." *Indonesian Renewable Energy Society (IRES)* (May):1–12.
- Cahyono, Rochim B., Naoto Yasuda, Takahiro Nomura, and Tomohiro Akiyama. 2014. "Optimum Temperatures for Carbon Deposition during Integrated Coal Pyrolysis-Tar Decomposition over Low-Grade Iron Ore for Ironmaking Applications." *Fuel Processing Technology* 119:272–77.
- Crespo, Iratxe, Jasmine Hertzog, Vincent Carré, Frédéric Aubriet, and Beatriz Valle. 2023. "Alumina-Embedded HZSM-5 with Enhanced Behavior for the Catalytic Cracking of Biomass Pyrolysis Bio-Oil: Insights into the Role of Mesoporous Matrix in the Deactivation by Coke." *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 172(May).
- Das, Shekher, Sapna Sharma, and Ratna Choudhury. 2002. "Non-Coking Coal to Coke: Use of Biomass Based Blending Material." *Energy* 27(4):405–14.
- Hasan, Erzam Sahaluddin, Muhammad Jahiding, Mashuni, W. O. S. Ilmawati, Wa Wati, and I. Nyoman Sudiana. 2017. "Proximate and the Calorific Value Analysis of Brown Coal for High-Calorie Hybrid Briquette Application." *Journal of Physics: Conference Series* 846(1).
- Hendra, Djeni. 2007. "3775-12453-1-SM.Pdf." *Pembuatan Briket Arang Dari Campuran Kayu, Bambu, Sabut Kelapa, Dan Tempurung Kelapa Sebagai Sumber Energi Alternatif* 14.
- Jahiding, M., Lina Lestari, Devi L. Oktaviani, and Ratih S. Rizki. 2021. "Analisis Kualitas Bio-Coke Cangkang Kakao Terinjeksi Lvm Sebagai Bahan Bakar Alternatif." 1(November):1725–33.
- Kishore Chowdari, G., D. V. V. Krishna Prasad, and S. B. R. Devireddy. 2019. "Physical and Thermal Behaviour of Areca and Coconut Shell Powder Reinforced Epoxy Composites." *Materials Today: Proceedings* 26(XXXX):1402–5.
- Mas'Udah, Kusuma Wardhani, I. Made Ananta Nugraha, Saiful Abidin, Ali Mufid, Fahmi Astuti, and Darminto. 2016. "Solution of Reduced Graphene Oxide Synthesized from Coconut Shells and Its Optical Properties." *AIP Conference Proceedings* 1725.
- Norgate, Terry, and David Langberg. 2009. "Environmental and Economic Aspects of Charcoal Use in Steelmaking." *ISIJ International* 49(4):587–95.
- Parinduri, Luthfi, and Taufik Parinduri. 2020. "Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan Luthfi." *JET (Journal of Electrical Technology)* 5(2):88–92.



- Ridhuan, Kemas, Dwi Irawan, and Rizki Inthifawzi. 2019. "Proses Pembakaran Pirolisis Dengan Jenis Biomassa Dan Karakteristik Asap Cair Yang Dihasilkan." *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin* 8(1):69–78.
- Ridhuan, Kemas, Dwi Irawan, Yulita Zanaria, and Fendi Firmansyah. 2019. "Pengaruh Jenis Biomassa Pada Pembakaran Pirolisis Terhadap Karakteristik Dan Efisiensi Bioarang - Asap Cair Yang Dihasilkan." *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin* 20(1):18–27.
- Ristianingsih, Yuli, Ayuning Ulfa, and Rachmi Syafitri K.S. 2015. "Pengaruh Suhu Dan Konsentrasi Perekat Terhadap Karakteristik Briket Bioarang Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Proses Pirolisis." *Konversi* 4(2):16.
- Seo, Myung Won, Ha Myung Jeong, Woon Jae Lee, Sang Jun Yoon, Ho Won Ra, Yong Ku Kim, Doyeon Lee, Si Woo Han, Sang Done Kim, Jae Goo Lee, and Sang Mun Jeong. 2020. "Carbonization Characteristics of Biomass/Coking Coal Blends for the Application of Bio-Coke." *Chemical Engineering Journal* 394(April):124943.
- Suopajarvi, Hannu, Essi Dahl, Antti Kemppainen, Stanislav Gornostayev, Aki Koskela, and Timo Fabritius. 2017. "Effect of Charcoal and Kraft-Lignin Addition on Coke Compression Strength and Reactivity." *Energies* 10(11).
- Tyas, H. K. 2012. "Uji Karakteristik Briket Tatal Karet Dengan Parameter Kadar Abu, Volatile Matter Dan Laju Pembakaran." 1(1):1–12.