

VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU KARBONISASI UNTUK MENINGKATKAN NILAI KALOR DAN MEMPERBAIKI SIFAT PROXIMATE BIOMASSA SEBAGAI BAHAN PEMBUAT BRIKET YANG BERKUALITAS

Sartono Putro¹, Musabbikhah², Suranto³

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

²Jurusan Teknik Mesin, AT. Warga Surakarta

Jl. Raya Solo-Baki Km 2, Kwarasan, Grogol, Solo Baru, Sukoharjo Telp 0271 621176

³Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email: sartono_putro@ums.ac.id

Abstrak

Ketersediaan limbah sekam dan jerami di Indonesia, khususnya di pedesaan sangat melimpah. Biomassa tersebut belum dimanfaatkan secara maksimal. Sementara itu kedua limbah tersebut memiliki potensi yang tinggi untuk dijadikan salah satu bahan bakar alternatif yang murah dan ramah lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan nilai kalor dan memperbaiki sifat proximate melalui proses karbonisasi agar dapat dijadikan bahan baku briket yang berkualitas. Variabel penelitian yang digunakan adalah temperatur (450 °C, 550 °C, 650 °C) dan waktu karbonisasi (6, 90, 120) menit. Adapun variabel terikat adalah nilai kalor dan proximate analysis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur dan waktu karbonisasi dan interaksi antar keduanya memiliki pengaruh yang signifikan pada peningkatan nilai kalor dan perbaikan sifat proximate arang jerami. Semakin tinggi temperatur dan waktu karbonisasi, maka nilai kalor dan kadar karbon semakin meningkat. Sedangkan kadar air dan volatile matter semakin menurun. Nilai kalor dan kadar karbon tertinggi masing-masing sebesar 4.887 call/ dan, 43.35% dan 52. 19% dicapai pada temperatur 650 °C dan waktu karbonisasi 120 menit.

Kata kunci: biomassa; karbonisasi; nilai kalor; proximate analysis; temperatur; waktu

Pendahuluan

Ketersediaan sumber energi biomassa di Indonesia khususnya di pedesaan sangat melimpah. Salah satu sumber energi biomassa yang potensial untuk diolah menjadi bahan bakar alternatif adalah limbah pertanian. Jerami merupakan limbah pertanian yang dapat dimanfaatkan dan diolah menjadi bahan bakar alternatif. Namun,, biomassa tersebut belum dimanfaatkan secara maksimal. Oleh sebab itu perlu solusi pemanfaatan dan pengolahan sumber energi terbarukan menjadi bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan masyarakat.

Biomassa pada umumnya mempunyai densitas yang cukup rendah, sehingga akan mengalami kesulitan dalam penanganannya. Secara umum densifikasi biomassa mempunyai beberapa keuntungan antara lain dapat menaikkan nilai kalor per unit volume, mudah disimpan dan diangkut serta mempunyai ukuran dan kualitas yang seragam (Bhattacharya dkk, 1996).

Jerami kering, secara alamiah adalah batang kering yang di dalamnya berisi udara. Secara individual atau satu persatu, batang jerami tidak akan mampu memenuhi tugasnya sebagai bahan dengan tingkat insulasi yang tinggi, namun penggabungan beberapa batang jerami menjadi satu ikatan misalnya, akan menghasilkan suatu elemen yang tebal dan memiliki rongga udara di dalamnya secara otomatis. Pemilihan jerami sebagai objek yang diujikan didasarkan pada alasan bahwa limbah ini tersedia melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal. Dengan adanya limbah jerami ini, maka kebutuhan bahan bakar alternatif biobriket dapat dipenuhi dengan harga yang lebih rendah. Salah satu cara pengolahan limbah pertanian menjadi bahan bakar alternatif adalah dengan cara karbonisasi diikuti dengan pembriketan (Surono, 2010).

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan nilai kalor dan memperbaiki sifat proximate biomassa melalui optimalisasi temperatur dan waktu karbonisasi yang tepat agar dihasilkan arang jerami berkualitas sebagai bahan baku briket.

Kajian Pustaka

Biomassa

Biomassa merupakan campuran bahan organik yang kompleks, terdiri dari karbohidrat, lemak, protein dan mineral lain yang jumlahnya sedikit seperti sodium, fosfor, kalsium dan besi. Komponen utama tanaman biomassa adalah karbohidrat (berat kering $\pm 75\%$), lignin ($\pm 25\%$), namun dalam beberapa tanaman komposisinya dapat berbeda (Silalahi, 2000). Energi biomassa dapat dijadikan sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil (minyak bumi). Beberapa sifat biomassa antara lain : dapat diperbaharui (*renewable resources*), relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara dan juga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya hutan dan pertanian.

Biomassa yang digunakan secara langsung sebagai bahan bakar kurang efisien. Oleh karena itu, energi biomassa harus diubah dulu menjadi energi kimia yang disebut bioarang. Bioarang inilah yang memiliki nilai kalori lebih tinggi serta bebas polusi bila digunakan sebagai bahan bakar.

Karbonisasi

Karbonisasi biomassa atau yang lebih dikenal dengan pengarangan adalah suatu proses untuk menaikkan nilai kalor biomassa dan dihasilkan pembakaran yang bersih dengan sedikit asap. Hasil karbonisasi adalah berupa arang yang tersusun atas karbon dan berwarna hitam. Prinsip proses karbonisasi adalah pembakaran biomassa tanpa adanya kehadiran oksigen. Sehingga yang terlepas hanya bagian *volatile matter*, sedangkan karbonnya tetap tinggal di dalamnya. Temperatur karbonisasi akan sangat berpengaruh terhadap arang yang dihasilkan sehingga penentuan temperatur yang tepat akan menentukan kualitas arang (Tobing, dkk 2007).

Penelitian yang dilakukan Muharyani, dkk (2012) tentang karbonisasi jerami dan batu bara menggunakan *furnace* pada temperatur tertentu. Batang jerami padi yang telah potong dimasukkan ke dalam *furnace* dengan temperatur 400-600 °C selama 15 menit. Adapun karbonisasi batubara dilakukan dengan cara memasukkan sampel batubara ke dalam *furnace* pada temperatur 400-600 °C selama 45 menit

Zanderson dkk (1999) dalam penelitiannya mengkaji pengaruh temperatur karbonisasi terhadap kandungan karbon terikat dalam arang yang dihasilkan dari ampas tebu. Hasilnya menunjukkan bahwa dalam tahapan-tahapan kenaikan temperatur karbonisasi dari 320°C sampai 600°C diperoleh kadar karbon yang semakin bertambah. Hasil yang sama ditunjukkan oleh Debdoubi dkk (2005) yang melakukan penelitian terhadap briket dengan bahan tumbuhan *esparto*. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur karbonisasi akan meningkatkan nilai kalor arang yang dihasilkan.

Nilai kalor

Menurut Santoso (2010), nilai kalor merupakan suatu kuantitas atau jumlah panas baik yang diserap maupun dilepaskan oleh suatu benda. Nilai kalor berpengaruh terhadap laju pembakaran.

Semakin tinggi nilai kalor yang dikandung suatu bahan bakar semakin baik bahan bakar tersebut digunakan untuk pembakaran. Nilai kalor ditentukan dalam uji standar dalam Bomb Kalorimeter. Nilai kalor biasanya dikatakan sebagai kalor yang dilepas dalam pembakaran sempurna yang bermula pada suatu temperatur standar dan produknya didinginkan ke dalam temperatur yang sama dalam sistem aliran untuk adiabatik tanpa kerja.

Prosedur pengujian nilai kalor mengacu pada ASTM D-2015 menggunakan formula berikut :

$$HV = \frac{t_w - e_1 - e_2}{w} \quad (1)$$

Kadar air

Kadar air ini merupakan kandungan air pada bahan bakar padat. Semakin besar kadar air yang terdapat pada bahan bakar padat maka nilai kalornya semakin kecil, begitu juga sebaliknya. Untuk mengetahui kadar air dilakukan pengeringan menggunakan oven listrik dan prosedur perhitungan sesuai dengan ASTM D-3173 dirumuskan sebagai berikut :

$$KA = \frac{BB - BK}{BB} \times 100\% \quad (2)$$

dengan KA = kadar air, BB = berat bahan basah, BK = berat bahan kering

Volatile matter

Volatile matter (VM) atau sering disebut dengan zat terbang, berpengaruh terhadap pembakaran material. Semakin banyak kandungan *volatile matter* pada bahan, maka bahan semakin mudah untuk terbakar dan menyala. *Volatile matter* merupakan zat aktif yang menghasilkan energi panas apabila bahan tersebut dibakar. Umumnya terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar seperti Hidrogen, Karbon Monoksida (CO) dan Metan (CH₄). *Volatile Matter* sangat erat kaitannya dengan kualitas bahan, makin tinggi kandungan VM makin rendah kualitas bahan.. Dalam pembakaran bahan dengan VM tinggi akan mempercepat pembakaran karbon tetap (*Fixed Carbon/FC*). Sebaliknya bila VM rendah mempersulit proses pembakaran. Formula untuk menghitung kadar volatile matter mengacu pada ASTM D-3175 adalah :

$$\text{Kehilangan berat} = \frac{a - d}{a} \times 100\%$$

$$\text{Kadar zat menguap} = \text{kehilangan berat (\%)} - \text{Ka(\%)} \tag{3}$$

Kadar abu

Abu merupakan kotoran yang tidak akan terbakar. Kandungannya berkisar antara 5% hingga 40%. Kadar abu ini mempengaruhi efisiensi pembakaran. Abu dalam material terdiri dari material yang tidak dapat menguap atau hilang dan akan tetap tertinggal selama proses pengabuan. Masa abu yang terdapat dalam material disebut dengan kadar abu. Formula yang digunakan untuk menghitung kadar abu adalah :

$$\text{Kadar abu} = \frac{c - b}{a} \times 100\% \tag{4}$$

dengan a = berat sample, b = berat cawan, c = berat cawan + berat abu

Fixed carbon

Kadar Karbon Tetap (FC) adalah fraksi karbon yang terdapat dalam arang yang berupa zat padat / karbon yang tertinggal sesudah penentuan kadar air, abu dan kadar zat terbang (VM). Melalui pengeluaran zat terbang dan kadar air, maka karbon tertambat secara otomatis sehingga akan naik. Dengan begitu makin tinggi nilai karbonnya, maka kualitas arang/material semakin meningkat. Formula yang digunakan untuk menghitung kadar abu adalah:

$$\text{Fixed carbon content (\%)} = 100 - (\% \text{ air} + \% \text{ abu} + \% \text{ VM}) \tag{5}$$

Bahan dan Metode Penelitian

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : limbah jerami seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Limbah jerami

Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain : reactor karbonisasi, regulator, timbangan digital, disk mill, mesin ayak getar, bomb calorimeter, oven, furnace.

Metode penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Variabel bebas pembuat biobriket

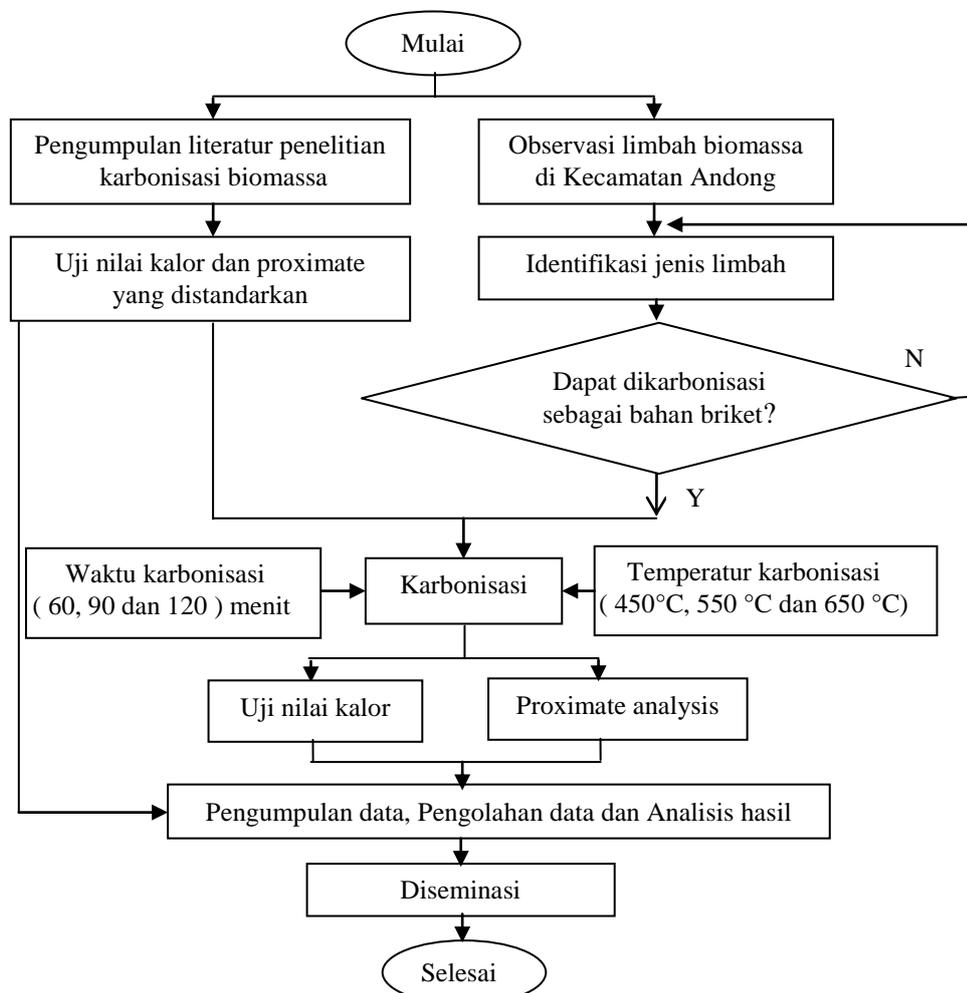
No	Factors	Level 1	Level 2	Level 3
1	A: Temperatur karbonisasi	450 °C	550 °C	650 °C
2	B: Waktu karbonisasi	60 menit	90 menit	120 menit
3	AXB : interaksi Temperatur karbonisasi dan waktu	-	-	-

Adapun variabel terikat untuk meningkatkan kualitas bahan pembuat biobriket adalah nilai kalor dan proximate analisis.

Limbah jerami mula-mula dipisahkan dan dibersihkan dari pengotor. Selanjutnya limbah yang besar dirajang atau dihancurkan terlebih dahulu, agar memudahkan dalam pemasukan bahan baku ke dalam reactor. Selanjutnya bahan baku ditimbang masing-masing sebanyak 1.000 gr. Bahan tersebut dimasukkan dan dipanaskan dalam reactor karbonisasi pada variasi temperatur 450 °C, 550 °C dan 650 °C dengan variasi waktu 60, 90 dan 120 menit.

Arang hasil karbonisasi dilakukan uji nilai kalor dan proximate analysis yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap dan kadar karbon. Kemudian hasil analisa perhitungan dibandingkan dengan sifat fisika dan kimia arang yang telah distandarkan.

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan untuk mengoptimalkan temperatur dan waktu karbonisasi agar dihasilkan arang jerami dang berkualitas disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

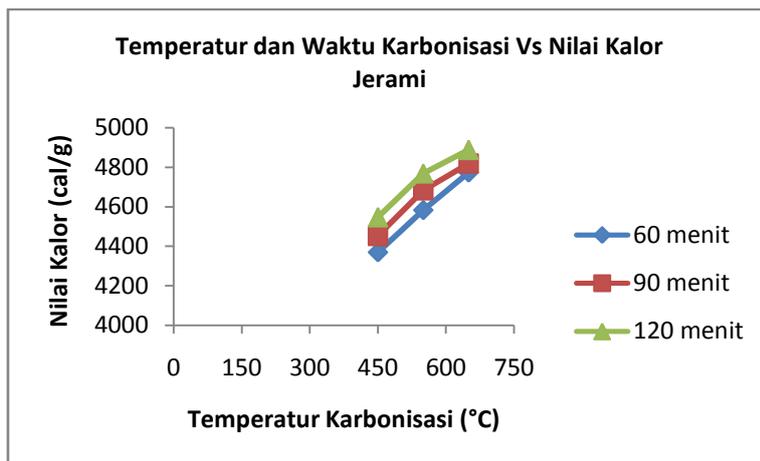
Hasil dan Pembahasan

Dalam eksperimen ini, dilakukan kombinasi level faktor sesuai variasi Tabel 1. Selanjutnya, arang jerami hasil karbonisasi dilakukan uji nilai kalor sesuai prosedur pengujian mengacu pada ASTM D-2015 dan data yang dihasilkan dihitung menggunakan persamaan (1). Adapun proximate analysis dilakukan sesuai prosedur dan data hasil uji dihitung menggunakan persamaan (2), (3), (4) dan (5).

Pengaruh temperatur dan waktu karbonisasi pada nilai kalor arang jerami

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara temperatur dan waktu karbonisasi pada nilai kalor arang jerami. Pada temperatur 450 °C, nilai kalor semakin meningkat seiring bertambahnya waktu karbonisasi. Begitu pula pada temperatur 550 °C dan 650 °C, nilai kalor meningkat seiring bertambahnya temperatur dan waktu karbonisasi.

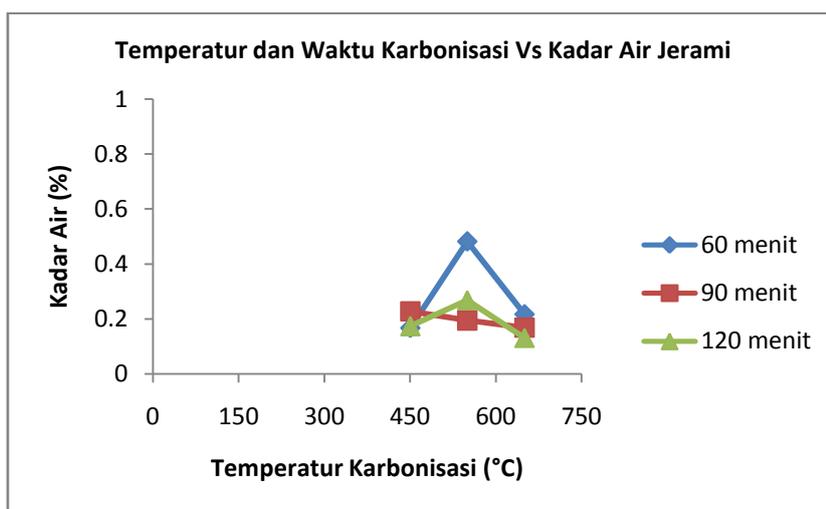
Nilai kalor tertinggi dicapai pada temperatur 650 °C dan waktu karbonisasi 120 menit. Hal ini disebabkan dengan semakin tinggi temperatur karbonisasi, maka kadar volatile matter di dalam arang semakin rendah sementara kadar karbonnya semakin besar. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Surono (2010). Di samping itu, proses pembentukan arang pada karbonisasi dapat berlangsung lebih sempurna. Dengan demikian, proses penguraian biomassa mejadi arang lebih sempurna. Penelitian ini sesuai dengan penelitian Capehart dan Barney (2007).



Gambar 3. Pengaruh temperatur dan waktu pada nilai kalor arang jerami

Pengaruh temperatur dan waktu terhadap kadar air arang jerami

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur dan waktu karbonisasi, maka kadar air pada arang jerami semakin rendah. Begitu pula sebaliknya, semakin rendah temperatur dan waktu karbonisasi, maka kadar air pada arang jerami semakin tinggi. Namun, nilai kadar air arang jerami tertinggi sebesar 0.48% dicapai pada temperatur 550 °C dan waktu karbonisasi 60 menit. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah uap air di udara, lama proses pendinginan, dan sifat higroskopis dari arang jerami tersebut. Penelitian ini sesuai dengan Hendaway (2003).



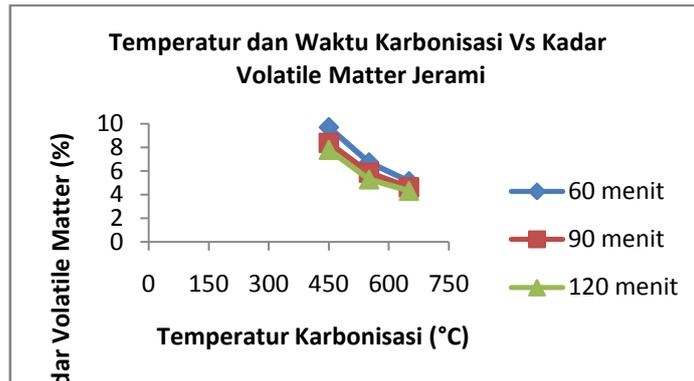
Gambar 4. Pengaruh temperatur dan waktu terhadap kadar air arang jerami

Selanjutnya, kadar air terendah dicapai pada temperatur 650 °C dan waktu karbonisasi 120 menit. Besarnya kadar air pada parameter tersebut adalah 0.13%, sedangkan sebelum dikarbonisasi, kadar air jerami sebesar 11.4 %. Dengan demikian perlakuan karbonisasi jerami sangat signifikan terhadap penurunan kadar air.

Pengaruh temperatur dan waktu terhadap volatile matter arang jerami

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa, peningkatan temperatur dan waktu karbonisasi dapat mengurangi kadar volatile matter dalam arang jerami. Pada temperatur 450 °C dan waktu karbonisasi 60 menit, kadar volatile matter tertinggi mencapai 9.69%. Kadar volatile matter ini menurun seiring meningkatnya temperatur karbonisasi dan waktu karbonisasi. Hal ini juga terjadi pada temperatur 550 °C dan 650 °C.

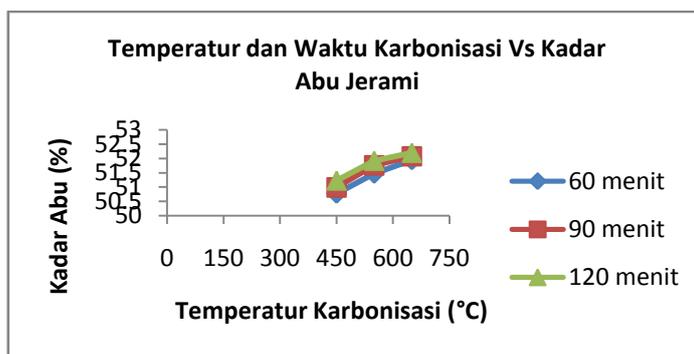
Kadar volatile matter arang jerami terendah dicapai pada temperatur 650 °C dan waktu karbonisasi 120 menit yaitu sebesar 4.32%. Sebelum jerami dikarbonisasi, kadar volatile matter sebesar 65.86%, sehingga terjadi penurunan kadar volatile matter yang sangat mencolok sebesar 61.54%. Hal ini disebabkan, jerami yang dikarbonisasi, maka zat terbang (*volatile matter*) yang terdapat di dalam jerami akan menguap keluar dari jerami.



Gambar 5. Pengaruh temperatur dan waktu terhadap kadar volatile matter arang jerami

Pengaruh temperatur dan waktu terhadap kadar abu arang jerami

Gambar 6 menunjukkan grafik pengaruh temperatur dan waktu terhadap kadar abu arang jerami. Kadar abu terendah sebesar 50.773 % dicapai pada temperatur 450 °C dan waktu karbonisasi 60 menit. Kadar abu ini meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur dan waktu karbonisasi. Kadar abu tertinggi sebesar 52.196 % dicapai pada temperatur 650 °C dan waktu karbonisasi 120 menit.

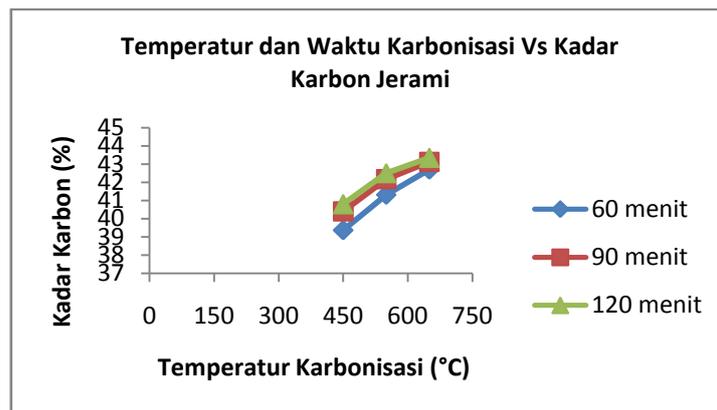


Gambar 6. Pengaruh temperatur dan waktu terhadap kadar abu arang

Abu adalah oksida - oksida logam dalam arang yang terdiri dari mineral yang tidak dapat menguap pada proses karbonisasi. Kandungan abu sangat berpengaruh pada kualitas arang yang dihasilkan. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori pada arang sehingga luas permukaan arang menjadi berkurang.

Pengaruh temperatur dan waktu terhadap kadar fixed carbon arang jerami

Gambar 7 menunjukkan pengaruh temperatur dan waktu karbonisasi terhadap kadar karbon arang jerami. Pada temperatur 450 °C, kadar karbon arang jerami semakin meningkat dengan bertambahnya waktu karbonisasi. Peningkatan kadar karbon ini juga terjadi pada temperatur 550 °C dan 650 °C. Kadar karbon merupakan jumlah karbon murni yang terkandung di dalam arang. Kadar karbon terendah sebesar 39.37% dicapai pada temperatur 450 °C dan waktu karbonisasi 60 menit, sedangkan kadar karbon tertinggi sebesar 43.35% dicapai pada temperatur 650 °C dan waktu karbonisasi 120 menit. Rata-rata kadar karbon sebesar 41.75 %. Semakin tinggi temperatur dan waktu karbonisasi, maka kadar karbon semakin meningkat. Proses karbonisasi sangat berpengaruh pada kualitas arang jerami, termasuk kadar karbon. Penentuan kadar karbon bertujuan untuk mengetahui kandungan karbon setelah karbonisasi. Semakin tinggi temperatur dan waktu karbonisasi, maka proses pembentukan arang semakin cepat, karena proses penguraian bahan menjadi arang semakin cepat.



Gambar 7. Pengaruh temperatur dan waktu karbonisasi pada kadar karbon arang jerami

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur dan waktu karbonisasi berpengaruh signifikan terhadap peningkatan nilai kalor dan perbaikan proximate analysis. Kedua faktor tersebut juga berpengaruh signifikan pada penurunan kadar air dan volatile matter arang jerami. Semakin tinggi temperatur dan waktu karbonisasi, maka nilai kalor, kadar karbon dan kadar abu semakin meningkat. Sedangkan kadar air dan volatile matter semakin menurun. Nilai kalor, kadar karbon dan kadar abu tertinggi masing-masing sebesar 4.887 call/g, 43.35% dan 52.19% dicapai pada temperatur 650 °C dan waktu karbonisasi 120 menit. Parameter tersebut juga menunjukkan kadar air dan volatile matter terendah masing-masing sebesar 0.132% dan 4.32 %.

Daftar Pustaka

- Bhattacharya, S.C., Leon, M.A. and Rahman, M.M., (1996), *A Study on Improved Biomass Briquetting*, Energy Program, SERD-AIT, Pathumthani, Thailand
- Brades, A.C. dan Tobing, F.S., 2008, *Pembuatan Briket Arang dari Enceng Gondok (Eichornia Crasipess Solm) dengan Sagu sebagai Pengikat*, Indralaya : Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya, Palembang
- Capheart, Barney L, 2007, *Energy Conversion : Principles for Coal, Animal Waste and Biomass Fuels*, Encyclopedia of Energy Engineering and Technology 3, Pages 476-497
- Debdoubi, A., El amarti, A., and Colacio, E., 2005. *Production of Fuel Briquettes from Esparto Partially Pyrolyzed*, Energy Conversion and Management Journal Vol. 46, pp. 1877-1884
- Hendaway, ANA, *Influence of HNO₃ Oxidation on the Structure and Adsorptive Properties of Corncob-Based Activated Carbon*, Carbon 41:713-722. Elsevier. UK, 2003
- Muharyani, R., Pratiwi, D dan Apip, F., (2012), *Pengaruh Suhu serta Komposisi Campuran Arang Jerami Padi dan Batubara Subbituminus pada Pembuatan Briket Bioarang*, Jurnal Teknik Kimia No. 1, Vol. 18, Januari 2012, pp. 47-53
- Santosa, Mislaini, R., dan Anugrah, S.P., (2010), *Studi Variasi Komposisi Ahan Penyusun Briket dari Kotoran Sapi dan Limbah Pertanian*, 2010, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas
- Siahaan, S., Hutapea, M dan Hasibuan, R., (2013), *Penentuan Kondisi Optimum Temperatur dan Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Arang dari Sekam Padi*, Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 2, No. 1, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
- Surono, U.B., (2010), *Peningkatan Kualitas Pembakaran Biomassa Limbah Tongkol Jagung sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Karbonisasi dan Pembriketan*, Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 4, No. 1
- Zandersons, J., Gravitis, J., Kokorevics, A., Zhurinsh, A., Bikovens, O., Tardenaka, A. and Spince, B., 1999. *Studies of Brazilian Sugarcane Bagasse Carbonisation Process and Product Properties*, Biomass and Bioenergy Journal Vol. 17, pp. 209-219