

PENGARUH TEKANAN DAN UKURAN PARTIKEL TERHADAP KUALITAS BRIKET ARANG CANGKANG COKLAT

Lina Lestari¹, Erzam S. Hasan², Risna¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Haluoleo, Kampus Bumi Tridharma Anduonohu, Kendari, Sulawesi Tenggara

¹Jurusan Geofisika, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan Universitas Haluoleo, Kampus Bumi Tridharma Anduonohu, Kendari, Sulawesi Tenggara

ABSTRACT

The purpose of this research is to know the pressurized and particle size influence on Cacao's shell charcoal briquette making. It is made from cacao as an adhesive with the ratio of 9:1. The used particle sizes are 60 mesh, 70 mesh, 80 mesh, and 100 mesh. Sample is formed in molded cylinder with the diameter of 4 cm with the centered hole of 0,8 cm and the compacted pressure is 34,66 kg/cm², 69,32 kg/cm², 103,98 kg/cm². It's test is density, water level, activation time, flame velocity, the highest temperature, the time needed for the highest temperature, and the shifting of burning temperature. The result shows that the best briquette quality is the one with particle size 80 mesh and it's highest temperature is 464,4°C on compacted 103,98 kg/cm². The difference of each briquette particle size shows the tendency of increasing on it's activation time and it's flame velocity.

Keywords : Briquette, cacao shell, pressure, particle size.

1. Pendahuluan

Minyak bumi adalah sumber energi yang tidak dapat diperbaharui dan digunakan dalam kehidupan sehari-hari, sehingga mengakibatkan cadangan minyak bumi semakin menipis. Hasil olahan minyak bumi yang digunakan sebagai bahan bakar antara lain, *Liquified Petroleum Gas* (LPG), bensin, minyak tanah, kerosin, solar dan lain-lain. Nilai kalor dari minyak bumi sebesar 45 kJ/gram [1]

Energi alternatif yang biasa dikembangkan sebagai pengganti dari minyak bumi, antara lain gas bumi, batu bara, arang kayu, dan biomassa [2].

Biomassa menjadi sumber energi utama untuk makhluk hidup dan diperkirakan berkontribusi 13% dari pasokan energi dunia. Indonesia sebagai Negara agraris banyak menghasilkan limbah pertanian khususnya limbah cangkang coklat yang sampai saat ini belum dimanfaatkan. Selain itu, cangkang coklat hanya dibuang di tempat penampungan pada lokasi pertanian coklat yang akan mengakibatkan pencemaran lingkungan.

Biobriket dari cangkang coklat ini cukup fleksibel untuk dapat dicetak dalam berbagai bentuk dan ukuran sesuai dengan kebutuhan.

Keunggulan biobriket dibandingkan arang biasa diantaranya menghasilkan panas pembakaran yang cukup tinggi, memiliki massa bakar yang jauh lebih lama, porositas dapat diatur untuk memudahkan pembakaran, sehingga limbah ini dapat memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan sebagai sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembriketan adalah ukuran dan distribusi partikel, kekerasan bahan serta sifat elastisitas dan plasitisitas bahan [3].

Pembuatan biobriket dengan tekanan 100 kg/cm² menghasilkan briket yang mempunyai laju pengurangan massa yang paling lama sedangkan yang paling cepat habis adalah briket dengan tekanan pembriketan 50 kg/cm². Hal ini disebabkan karena biobriket yang mempunyai bulk density yang juga tinggi [4].

Selain itu aktivasi juga sangat penting yakni untuk mengontrol mikrostruktur yang diinginkan. Hal ini dapat mengontrol komposisi seperti menggunakan additive [5-6] dan mengontrol proses menggunakan microwave seperti yang dilakukan peneliti sebelumnya [7]. Penggunaan microwave telah banyak dilakukan dalam mengontrol

mikrostruktur keramik [8-16] dan juga proses pengeringan komoditi pertanian [17-18] serta mempercepat reaksi kimia reaksi [19-21]. Dengan microwave dapat diperoleh briket dengan energi yang lebih tinggi dibanding dibuat dengan cara konvensional.

Maka dalam penelitian ini, akan dipelajari karakteristik pembakaran briket yaitu waktu sulut, laju nyala, pembakaran dan suhu tertinggi briket, serta lamanya pencapaian suhu optimumnya. Briket dibuat dengan berbagai macam ukuran partikel. Briket berbentuk silinder dengan diameter 4 cm yang memiliki lubang di tengah dengan diameter 0,8 cm. Masing-masing briket tersebut dibuat dengan variasi tekanan 34,66 kg/cm², 69,32 kg/cm², dan 103,98 kg/cm².

2. Metode Penelitian

Bahan yang diambil dari alam berupa cangkang coklat yang tidak digunakan (tidak dipakai) dijemur atau dikeringkan dibawah sinar matahari selama dua hari. Cangkang coklat yang telah dibersihkan setelah itu dijemur dan dilakukan proses karbonasi dengan menggunakan drum yang tertutup dengan tujuan agar udara luar tidak masuk ke dalam drum selama proses karbonasi dan didalam drum terdapat seng yang berbentuk tabung guna untuk tempat cangkang coklat yang akan di karbonasi. Drum tersebut kemudian dimasukkan kayu dan sekam kayu untuk memulai pembakaran selama 120 menit.

Setelah menjadi arang, dalam hal ini arang cangkang coklat, digerus menjadi serbuk halus dengan menggunakan mortal lalu diayak dengan ayakan ukuran 60, 70, 80, dan 100 mesh. Serbuk arang cangkang coklat yang sudah halus siap dicampur perekat sagu, masing-masing dibuat gel dengan cara dicampur air panas, diaduk hingga tercampur homogen. Sebelumnya bahan perekat tersebut ditimbang terlebih dahulu. Serbuk arang tongkol jagung dicampur perekat dengan komposisi tertentu sehingga dapat dibentuk briket. Berat satu sampel adalah 6 gram. Campuran arang dan perekat dimasukkan ke dalam cetakan cetakan yang berbentuk silinder dengan diameter 4 cm, kemudian diberi tekanan yang bervariasi.

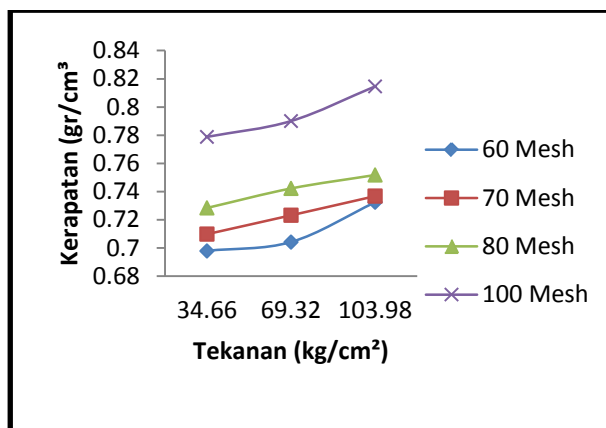
Briket dikeluarkan dari cetakan. Pengeringan briket dengan menggunakan oven dengan suhu 60°C selama 48 jam. Pengujian briket meliputi uji kerapatan, kadar air, kadar abu, *volatile matter*, *fixed carbon*, uji nyala, dan laju nyala.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Perbandingan massa arang : massa bahan perekat yang memungkinkan briket dapat terbentuk adalah 9:1.

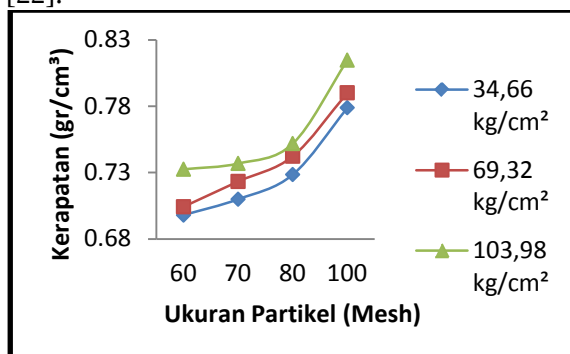
3.1. Pengujian Kerapatan

Hasil pengujian kerapatan menunjukkan bahwa kerapatan briket arang cangkang coklat dengan pengaruh tekanan dan ukuran partikel sekitar 0,6978 gr/cm³-0,8146 gr/cm³.



Gambar 1. Grafik hubungan antara tekanan terhadap kerapatan

Kerapatan briket berpengaruh terhadap kualitas briket, karena kerapatan yang tinggi dapat meningkatkan nilai kalor bakar briket. Kerapatan yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan briket arang sulit terbakar, sedangkan briket yang memiliki kerapatan yang tidak terlalu tinggi maka akan memudahkan pembakaran karena semakin besar rongga udara atau celah yang dapat dilalui oleh oksigen dalam proses pembakaran. Briket dengan kerapatan yang terlalu rendah dapat mengakibatkan briket cepat habis dalam pembakaran karena bobot briketnya lebih rendah [22].

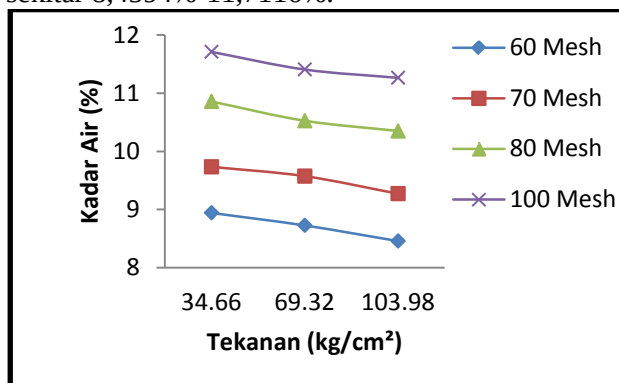


Gambar 2. Grafik hubungan antara ukuran partikel terhadap kerapatan

Persentase perekat yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 10% mampu untuk memperbesar kerapatan karena dengan kadar yang demikian masih dapat diserap oleh partikel arang dan pori-pori antara partikel sehingga semua perekat dapat diserap oleh partikel-partikel tersebut sehingga tidak ada perekat yang terbuang pada saat pencetakan atau pengempaan. Selain itu kerapatan dipengaruhi oleh homogenitas campuran perekat dengan arang, dengan pengadukan yang semakin merata, maka briket arang yang dihasilkan akan semakin kuat, hal ini menyebabkan partikel arang cukup merata. Kerapatan suatu briket arang sangat berguna dalam transportasi dan pengepakan, agar briket tidak mudah hancur dan pengepakan lebih mudah. Bila dibanding dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) yakni $> 0,7 \text{ g/cm}^3$, maka briket arang cangkang coklat dari semua perlakuan ukuran partikel dari 60 mesh, 70 mesh, dan 80 mesh dan untuk semua tekanan 34,66 kg/cm^2 , 69,32 kg/cm^2 , dan 103,98 kg/cm^2 memenuhi Standar Nasional Indonesia.

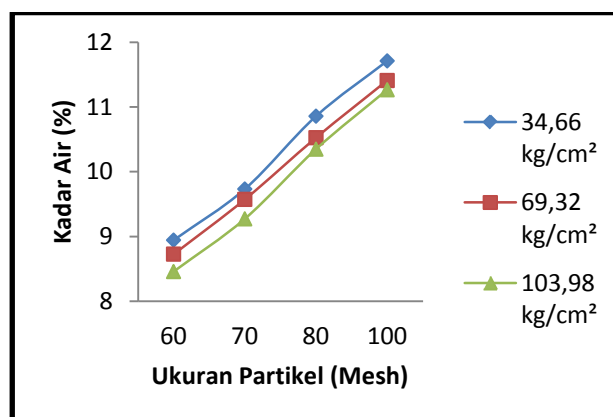
3.2. Pengujian Kadar Air

Hasil pengujian kadar air menunjukkan bahwa kadar air briket arang cangkang coklat dengan pengaruh tekanan dan ukuran partikel sekitar 8,4594%-11,7116%.



Gambar 3. Grafik hubungan antara tekanan terhadap kadar air.

Kadar air pada briket diharapkan serendah mungkin agar dapat menghasilkan nilai kalor yang tinggi dan akan menghasilkan briket yang mudah dalam penyalaan atau pembakaran awalnya. Semakin rendah kadar air semakin tinggi nilai kalor dan daya pembakarannya. Sebaliknya, briket dengan kadar air yang tinggi akan menyebabkan nilai kalor yang dihasilkan briket tersebut menurun. Hal ini disebabkan energi yang dihasilkan akan banyak teresap untuk menguapkan air [23].



Gambar 4. Grafik hubungan ukuran partikel terhadap kadar air

Bila dibanding dengan kadar air Standar Nasional Indonesia (SNI) yakni $\leq 8 \%$, maka kadar air briket cangkang coklat untuk semua ukuran partikel dan tekanan dalam penelitian ini tidak memenuhi syarat mutu. Dari penelitian ini dapat dilihat bahwa ukuran partikel juga dapat mempengaruhi kadar air, ukuran partikel yang kasar lebih sedikit menyerap air dibanding dengan ukuran partikel yang lebih halus, selain itu mungkin disebabkan karena belum sempurnanya pengeringan dengan waktu pengeringan dalam oven masih perlu diperpanjang. Begitu juga pada perekat sagu memiliki kadar air yang tinggi. Besarnya ukuran partikel berbanding lurus dengan kadar air yang dihasilkan.

3.3. Pengujian Kadar Abu

Pada Hasil pengujian kadar abu menunjukkan bahwa kadar abu briket arang cangkang coklat dengan pengaruh tekanan dan ukuran partikel sekitar 34,30%-34,48%.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kadar Abu briket Cangkang Coklat

Tekanan (kg/cm²)	Kadar Abu (%)			
	60 (Mesh)	70 (Mesh)	80 (Mesh)	100 (Mesh)
34,66	34,30	34,39	34,45	34,48
69,32	34,27	34,36	34,41	34,44
103,98	34,23	34,31	34,39	34,41

Hal ini menunjukkan bahwa tekanan dan ukuran partikel tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kadar abu. Pemberian tekanan menciptakan ikatan antara permukaan bahan perekat dan bahan yang direkatkan agar perekat

dapat menyebar secara sempurna ke dalam celah-celah dan keseluruhan permukaan arang. Sehingga rongga yang dapat terisi oleh air semakin mengecil. Besarnya tekanan berbanding terbalik dengan kadar abu yang dihasilkan. Tinggi rendahnya kadar abu dipengaruhi oleh jenis bahan baku arang dan sempurnanya tidak proses pirolisis. Bahan baku dengan kerapatan yang tinggi akan menghasilkan arang dengan nilai karbon terikat yang tinggi dan kadar abu serta kadar air yang rendah [24].

Kadar abu antara lain dipengaruhi oleh kualitas bahan baku yang digunakan. Untuk kulit cangkang coklat merupakan bahan baku berkualitas rendah dan diperkirakan banyak mengandung zat ekstraaktif yang tinggi, sehingga kandungan mineral-mineral dalam abu cukup tinggi seperti silica, kalsium dan lainnya, sehingga pada proses pembakaran briket tersebut banyak meninggalkan abu sebagai sisa pembakaran. Kadar abu yang tinggi dapat mempengaruhi nilai kalor suatu briket arang.

3.4. Volatile Matter

Pada hasil pengujian *volatile matter* menunjukkan bahwa *volatile matter* briket arang cangkang coklat dengan pengaruh tekanan dan ukuran partikel sekitar 21,32%-21,46%.

Tabel 2. Hasil Pengukuran *Volatile Matter* briket Cangkang Coklat

Tekanan (kg/cm ²)	Volatile Matter (%)			
	60 (Mesh)	70 (Mesh)	80 (Mesh)	100 (Mesh)
34,66	21,32	21,36	21,38	21,40
69,32	21,35	21,38	21,40	21,42
103,98	21,38	21,41	21,43	21,46

Pada ukuran partikel 60 mesh untuk 34,66 kg/cm² *volatile matter* yang diperoleh rendah yakni 21,3284% dan *volatile matter* yang diperoleh tinggi pada ukuran partikel 100 mesh untuk 103,98 kg/cm² yakni 21,4602%.

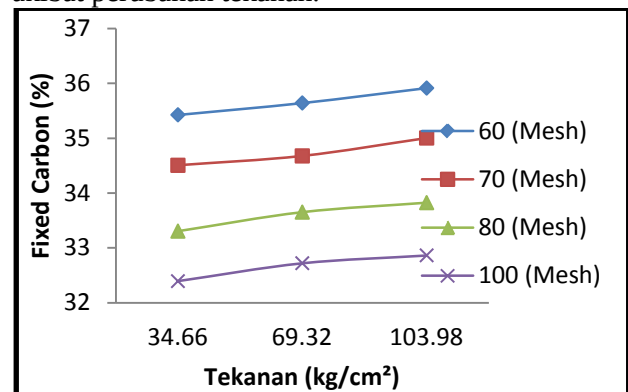
Volatile matter yang dihasilkan pada penelitian ini tidak memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu 16,14%. Tapi bila dibanding dengan standar mutu arang buatan Jepang (15-30%) dan Amerika (19-28%), maka briket arang cangkang coklat baik ukuran partikel 60 mesh, 70 mesh, 80 mesh dan 100 mesh untuk semua tekanan masih memenuhi standar mutu briket arang buatan Jepang dan arang impor.

Tinggi rendahnya *volatile matter* banyak dipengaruhi oleh komponen kimia dari arang seperti adanya zat ekstraaktif dari bahan baku arang. Hal ini juga disebabkan karena tidak optimalnya proses karbonasi. Seperti halnya kita ketahui tujuan karbonasi antara lain untuk menguraikan senyawa hidrokarbon seperti selulosa dan hemi selulosa agar menjadi karbon murni. Hal tersebut terjadi karena pada saat proses karbonasi, jumlah oksigen masih banyak sehingga hal tersebut berpengaruh terhadap proses pemotongan hidrokarbon.

3.5. Fixed Carbon

Pada hasil pengujian *fixed carbon* menunjukkan bahwa *fixed carbon* briket arang cangkang coklat dengan pengaruh tekanan dan ukuran partikel sekitar 32,3932% - 35,9120%.

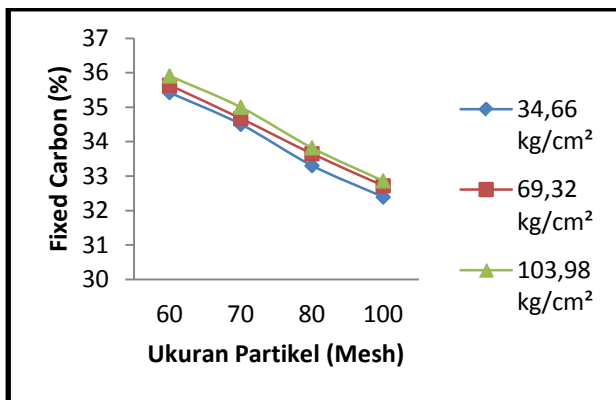
Kadar *fixed carbon* tertinggi 35,9120% terdapat pada tekanan 103,98 kg/cm² dengan ukuran partikel 60 mesh dan *fixed carbon* terendah 32,3932% terdapat pada tekanan 34,66 kg/cm² dengan ukuran partikel 100 mesh. Hal ini dipengaruhi oleh perubahan kadar abu, kadar air, dan zat *volatile matter* briket cangkang coklat akibat perubahan tekanan.



Gambar 5. Grafik hubungan antara tekanan terhadap *fixed carbon*

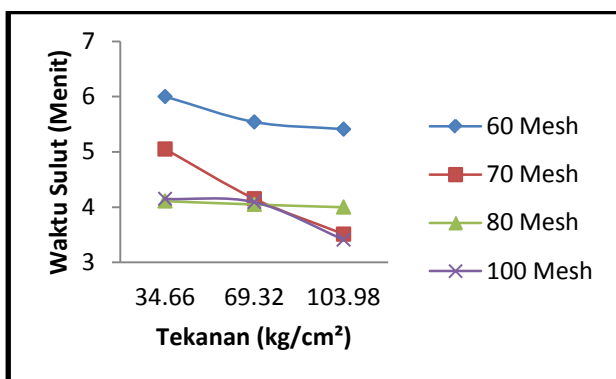
Dengan penambahan ukuran partikel maka kadar *fixed carbon*nya semakin rendah. Hal ini dipengaruhi oleh perubahan kadar abu, kadar air, dan zat *volatile matter* briket cangkang coklat. Menurut Nurhayati (1976), bahwa semakin tinggi zat mudah terbang, maka semakin rendah nilai karbon terikat, begitu pula sebaliknya. Demikian juga bila kadar abu tinggi maka semakin rendah kadar karbon terikatnya. *Fixed carbon* yang dihasilkan pada penelitian ini tidak memenuhi Standar Nasional Indonesia yakni 77%. Besarnya

ukuran partikel berbanding terbalik dengan *fixed carbon* yang dihasilkan. Semakin besar ukuran partikel maka semakin kecil *fixed carbon*.



Gambar 6. Grafik hubungan antara ukuran partikel terhadap *fixed carbon*

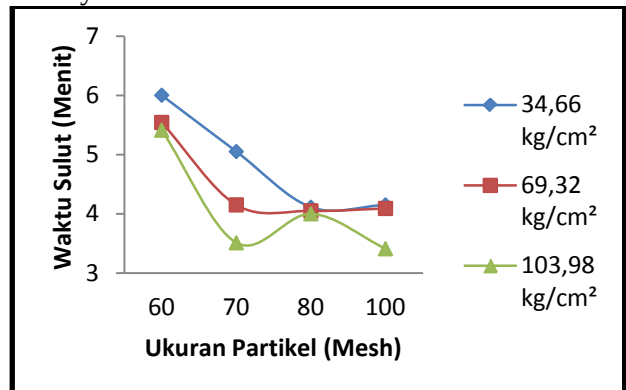
3.6. Waktu Sulut



Gambar 7. Grafik hubungan antara tekanan terhadap waktu sulut

Berdasarkan gambar 7 waktu sulut berkisar antara 6 menit sampai 3,41 menit. Waktu sulut tersingkat adalah pada briket bertekanan 103,98 kg/cm² pada ukuran partikel 100 mesh dengan durasi 3,41 menit yang memiliki kerapatan 0,8146 g/cm³, persentase kadar airnya sebesar 11,2659%, persentase kadar abunya sebesar 34,4104%, persentase *volatile matter*nya 21,4602% dan persentase *fixed carbon*nya sebesar 32,8633%. Sedangkan waktu sulut terlama adalah pada briket bertekanan 34,66 kg/cm² pada ukuran partikel 60 mesh dengan durasi 6 menit yang memiliki kerapatan 0,6978 g/cm³, persentase kadar airnya sebesar 8,9447%, persentase kadar abunya 34,3021%, persentase *volatile matter*nya sebesar 21,3284%, dan persentase *fixed carbon*nya sebesar 35,4245%. Nampak bahwa penambahan tekanan

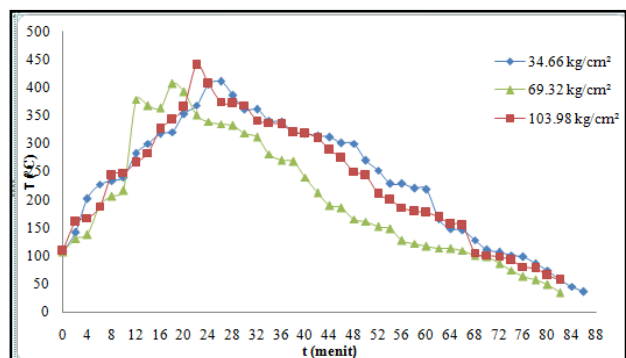
pada setiap briket cenderung perubahan waktu sulutnya menurun.



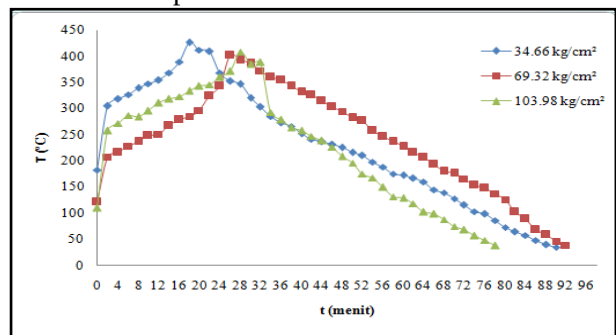
Gambar 8. Grafik hubungan antara ukuran partikel terhadap waktu sulut

Perbedaan ukuran partikel memberi pasokan oksigen yang berbeda yang mempengaruhi pembakaran. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran bahan bakar padat antara lain ukuran partikel, kecepatan aliran udara, jenis bahan bakar, dan temperatur udara pembakaran [25].

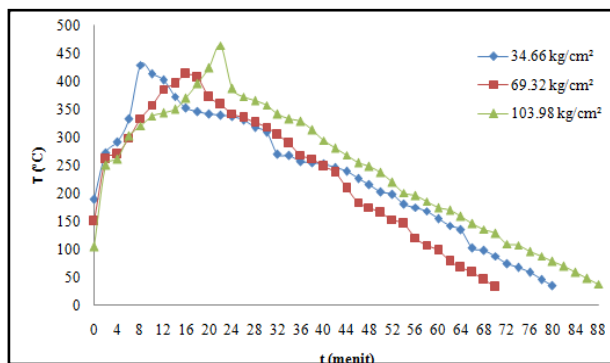
3.7. Uji Nyala



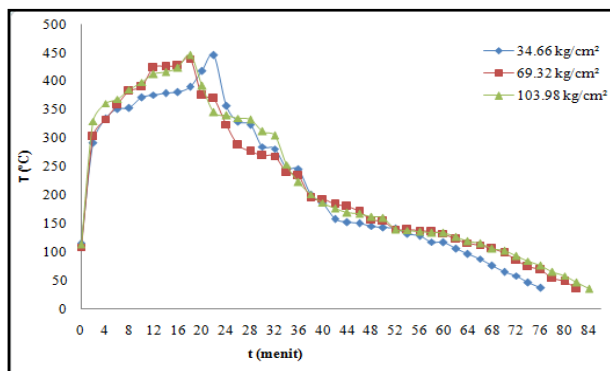
Gambar 9. Hubungan waktu nyala dan temperatur pembakaran briket arang cangkang coklat pada briket ukuran partikel 60 mesh



Gambar 10. Hubungan waktu nyala dan temperatur pembakaran briket arang cangkang coklat pada briket ukuran partikel 70 mesh



Gambar 11. Hubungan waktu nyala dan temperatur pembakaran briket arang cangkang coklat pada briket ukuran partikel 80 mesh



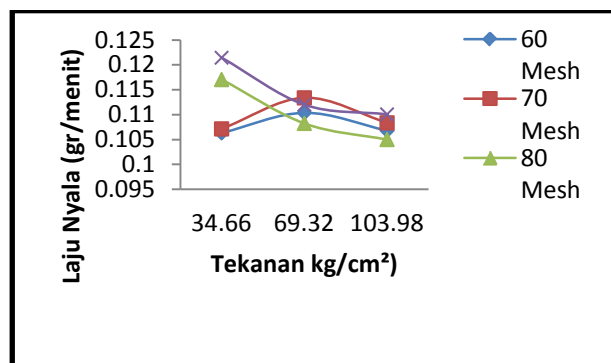
Gambar 12. Hubungan waktu nyala dan temperatur pembakaran briket arang cangkang coklat pada briket ukuran partikel 100 mesh

Pengukuran temperatur pembakaran dilakukan dengan menggunakan thermometer *infra-red* pada briket selama proses pembakaran berlangsung. Diperoleh temperatur maksimum pembakaran briket berukuran partikel 60 mesh adalah 439,6°C dengan tekanan 103,98 kg/cm². Temperatur maksimum briket berukuran partikel 70 mesh adalah 426,2°C dengan tekanan 34,66 kg/cm². Untuk briket berukuran partikel 80 mesh temperatur pemanasan maksimum terjadi pada tekanan 103,98 kg/cm² yaitu sebesar 464,4°C, dan pada briket berukuran partikel 100 mesh diperoleh temperatur pemanasan maksimum sebesar 446,4°C pada tekanan 103,98 kg/cm².

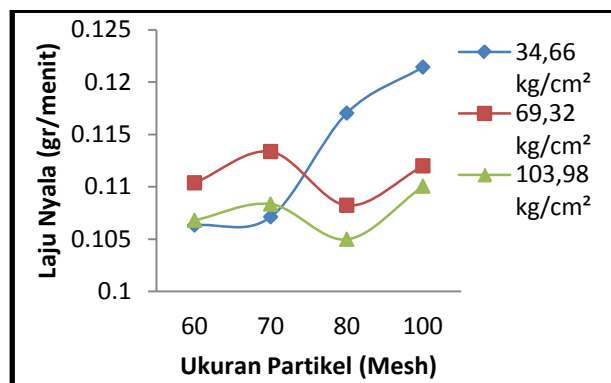
Berdasarkan gambar 9–12, diperoleh bahwa masing-masing pembakaran briket memiliki pola yang sama. Suhu tertinggi pada briket berukuran partikel 60 mesh dicapai pada menit ke-18 hingga menit ke-26, briket berukuran partikel 70 mesh dicapai pada menit ke-18 hingga menit ke-28, briket berukuran partikel 80 mesh dicapai pada

menit ke-8 hingga menit ke-22, dan briket berukuran partikel 100 mesh dicapai pada menit ke-12 hingga menit ke-22. Hal ini karena panas yang tersimpan dalam briket terlebih dahulu digunakan mengeluarkan air yang terkandung dalam briket tersebut sebelum menghasilkan panas yang dapat dipergunakan sebagai panas pembakaran suhu tertinggi. Yang terjadi berikutnya suhu menurun seiring dengan berkurangnya massa arang.

3.8. Laju nyala



Gambar 13. Hubungan antara Tekanan Terhadap Laju Nyala



Gambar 18. Hubungan antara Ukuran Partikel Terhadap Laju Nyala

Laju nyala merupakan massa briket yang terbakar menjadi abu setiap satuan waktu. Dari hasil pengujian lama nyala yang telah dilakukan dan disajikan pada gambar 17 dan 18, briket berukuran partikel 60 mesh dan 70 mesh memiliki laju nyala terendah masing-masing berkisar 0,1063 gr/menit dan 0,1071 gr/menit pada tekanan 34,66 kg/cm². Briket berukuran partikel 80 mesh dan 100 mesh, memiliki laju nyala terendah masing-masing 0,1049 gr/menit dan 0,1004 gr/menit pada tekanan

103,98 kg/cm². Laju nyala menurunt tiap penaikkan tekanan yang diberikan. Sedangkan pengaruh ukuran partikel yang tersaji pada gambar 18, laju nyala menunjukkan pola yang sama yakni laju nyala cenderung meningkat tiap penambahan ukuran partikel.

Menurut Kamarudin dan Irwanto (1989), laju pembakaran briket dipengaruhi oleh kerapatan briket. Briket yang terlalu padat akan sulit terbakar, sedangkan briket yang kurang padat dapat mengakibatkan terurainya briket pada saat pembakaran sehingga menimbulkan kesan tidak bersih meskipun laju pembakarannya cepat.

Partikel bahan bakar mengalami tahapan oksidasi arang yang memerlukan 70 - 80% dari total waktu pembakaran [26]. Laju pembakaran arang tergantung pada konsentrasi oksigen, temperatur gas, bilangan Reynold, ukuran, dan porositas arang.

Penambahan tekanan akan memperkuat ikatan antar molekul penyusun briket, sehingga mengurangi porositas briket. Semakin banyak pori-pori pada briket memberi ruang lebih untuk jalan masuknya oksigen, sehingga pembakaran yang terjadi semakin baik dan memberikan laju pembakaran yang besar. Sebaliknya, ikatan molekul yang semakin kuat dengan bertambahnya tekanan mengurangi porositas briket dan menurunkan laju pembakaran.

4. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan, dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Kualitas briket terbaik adalah briket pada tekanan 103,98 kg/cm² dan berukuran partikel 80 mesh dengan suhu tertinggi briket tersebut mencapai 464,4 °C.
2. Pengaruh tekanan memberi efek yang berbeda untuk tiap penilaian briket. Baik dari nilai kerapatan, kadar air, kadar abu, *volatile matter*, *fixed carbon*, lama sulut serta laju nyala. Untuk nilai kerapatan, persentase *volatile matter*, dan persentase *fixed carbon*. Penambahan tekanan untuk ukuran partikel mengalami pola yang sama yakni penambahan tekanan berbanding lurus dengan nilai kerapatan, persentase *volatile matter*, dan persentase *fixed carbon* sedangkan persentase kadar air, dan persentase kadar abu, penambahan tekanan untuk ukuran partikel mengalami pola yang sama yakni penambahan tekanan berbanding

terbalik dengan persentase kadar air, dan persentase kadar abu.

3. Perbedaan ukuran partikel briket memberi pengaruh terhadap waktu sulut dan laju nyala.

Daftar Pustaka

- [1]. Sugianto, B., Kalor Pembakaran. http://www.Chem-is-try.org/materi_kimia/kimia_fisika/termokimia/kalor-pembakaran, Diakses 26 Mei 2013 (2009).
- [2]. Tsukahara, Sawayama. Bioetanol Jerami Padi Sebagai Generasi Bahan Nabati Terbarukan, Pemanfaatan Biomassa. Universitas Negeri Jenderal Soedirman. Purwokerto (2005).
- [3]. Agung, P., Pemanfaatan Biogas sebagai Energi Alternatif, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada. Yogyakarta (2008).
- [4]. Subroto, Dwi Aries Himawanto, Sartono, Pengaruh Variasi Tekanan Pengepresan Terhadap Karakteristik Mekanik Dan Karakteristik Pembakaran Briket Kokas Lokal, Jurnal Teknik Gelagar, vol. 18, n0. 01 (2007).
- [5]. I. N. Sudiana, L. Lestari, M.Z. Firihi, Y. A. Koedoes, G. E. Sandra, Y. Biringgalo, L. Arfad, P. A. Setyo, E. Safitri, Pembuatan Briket Energi Tinggi Dari Cangkang Kakao Yang Diaktivasi Dengan Mikrowave, Jurnal Aplikasi Fisika Vol. 13 No. 1, Hal. 27-32
- [6]. H. Aripin, I. N Sudiana, B. Sunendar. Preliminary study on silica xerogel extracted from sago waste ash, Jurnal Sains Materi Indonesia., 6, 24–30 (2010).
- [7]. H. Aripin, S. Mitsudo, I. N. Sudiana, N. Jumsiah, I. Rahmatia, B. Sunendar, L.Nurdiwijayanto, S. Mitsudo, S.Sabchevski, Preparation of Porous Ceramic with Controllable Additive and Firing Temperature, Advanced Materials Research, Vol. 277 (2011) pp. 151-158
- [8]. I.N. Sudiana, S. Mitsudo, T. Nishiwaki, P. E. Susilowati, L. Lestari, M. Z. Firihi, H. Aripin, Effect of Microwave Radiation on

- the Properties of Sintered Oxide Ceramics, Contemporary Engineering Sciences, Vol. 8 No. 34, 2015, pp. 1607-1615.
- [9]. S. Mitsudo, K. Sako, S. Tani, I.N. Sudiana, High Power Pulsed Submillimeter Wave Sintering of Zirconia Ceramics, The 36th Int. Conference on Infrared, Millimeter and THz Waves (IRMMW-THz 2011), Hyatt Regency Houston, Houston, Texas, USA, October 2-7, 2011.
- [10]. I.N. Sudiana, Use of Microwave Energy for Material Processing in A Simple Laboratory, Jurnal Aplikasi Fisika, Vol. 10 No. 2, Oktober 2014, Hal. 77-81.
- [11]. I.N. Sudiana, Ryo Ito, S. Inagaki, K. Kuwayama, K. Sako, S. Mitsudo, Densification of Alumina Ceramics Sintered by Using Sub-millimeter Wave Gyrotron, J. Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves. 34 (2013), 627-638
- [12]. I N Sudiana, M. Z. Firihi, Effect of initial green samples on mechanical properties of alumina ceramic , Contemporary Engineering Sciences, Vol. 9, 2016, no. 12, 595-602
- [13]. S. Mitsudo, S. Inagaki, I.N. Sudiana, K. Kuwayama, Grain Growth in Millimeter Wave Sintered Alumina Ceramics , Advanced Materials Research, Vol.789 (2013), pp. 279-282.
- [14]. H Aripin, S Mitsudo, IN Sudiana, T. Saito, S. Sabchevski, Structure Formation of a Double Sintered Nanocrystalline Silica Xerogel Converted From Sago Waste Ash, Transactions of the Indian Ceramic Society, 74 (1), 2015, pp.11-15. DOI: 10.1080/0371750X.2014. 980850
- [15]. S. Mitsudo, R.Ito, I.N. Sudiana, K.Sako, and K. Kuwayama, Grain Growth in Submillimeter Waves Sintered Alumina, IRMMW-THz 2012, September , Wollongong, Australia.
- [16]. I.N. Sudiana, S. Mitsudo, T. Nishiwaki, P. E. Susilowati, L. Lestari, Microwave Processing of Silica from Rice Husk, Jurnal Aplikasi Fisika, Vol. 11 No. 1, Februari 2015, Hal. 51-56.
- [17]. M. Z. Firihi, I.N. Sudiana, 2.45 GHz microwave drying of cocoa bean , ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences Vol. 12 No. 19
- [18]. M. Z. Firihi, I.N. Sudiana, 2.45 GHz microwave drying of cocoa bean , ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences Vol. 12 No. 19
- [19]. I.N. Sudiana, D. K. Sutari, P. Endang S., Karakteristik awal Pembuatan Glukosa dari Ampas Kayu dengan Microwave, Vol. 12 No. 2, Agustus 2016, Hal. 49-54.
- [20]. I. N. Sudiana dan Muhammad Zamrun F, Percepatan Reaksi Kimia dengan Pemanasan Mikrowave, Vol. 11 No. 2, Agustus 2015, Hal. 38-43.
- [21]. M. Zamrun F dan I. N. Sudiana, Ponderomotive Force Generated by Microwave During Sintering, Vol. 11, No. 2, Agustus 2015, Hal. 44-48.
- [22]. Hendra, D., dan Winarni, I, Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang Campuran Limbah kayu Gergajian dan Serbetan kayu. Penelitian hasil Hutan Vol. 21 No. 31 Th. 2003 (2003).
- [23]. Usman, N.M., Mutu Briket Arang Buah Kakao Dengan Menggunakan Kanji Sebagai Perekat. Balai Besar Industri Hasil Perkebunan. Makassar (2007).
- [24]. Sulistyanto, A., Pengaruh variasi bahan perekat terhadap laju pembakaran biobriket campuran batu bara dan sabuk kelapa, Media mesin. Universitas Muhammadiyah Surakarta (2007).
- [25]. Sudrajat, R., Pengaruh Bahan Baku, Jenis Perekat dan Tekanan Kempa Terhadap Kualitas Briket Arang, Laboratorium PPPHH **165** (1983), 7-17.
- [26]. Mujiono, Analisis Pemanfaatan Biobriket Arang Serbuk Gergaji dan Sekam Padi Dilihat dari Aspek Teknis dan Ekonomis, Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, (2009).