

PENGARUH JENIS DAN KOMPOSISI PEREKAT TERHADAP KUALITAS BRIKET BATUBARA MUDA

M. Jahiding¹, Mashuni², E. S. Hasan¹, A. S. Gangganora¹

¹Laboratorium Fisika Material dan Energi Fakultas MIPA Universitas Halu Oleo
Tlp/Fax : 0401-3193929/0401-3190496

²Laboratorium Kimia Analitik Fakultas MIPA Universitas Halu Oleo
e-mail: muhjahiding68@yahoo.com

ABSTRACT

It has been tested quality brown coal powder using proximate analysis and calorific value analysis. Powder and briquettes of brown coal made with jatropha seed starch, cassava starch, and starch as a binder. Powder and briquettes of brown coal with varied jatropha seed starch, cassava starch and starch composition of 5%, 10% and 15% of the total mass sample. Size of brown coal particle used by 60 mesh. Samples printed in cylindrical mold with diameter 1.52 cm and a compaction pressure of 100 kg/cm². Testing the quality of brown coal powder include determining parameters: moisture content, volatile matter, ash content, fixed carbon and calorific value. Testing the quality of brown coal briquettes included density, sulfur time, and time of flame. The results showed calorific testing of mix brown coal powder with jatropha seed starch, cassava starch and starch binder with composition 5%, 10% and 15% obtained calorific value between 5573.233 kcal/kg until 5971.028 kcal/kg. Highest calorific value is at cassava starch with composition 10%.

Keywords: brown coal, jatropha seed starch, cassava starch, starch, briquettes, calories, flame test.

I. PENDAHULUAN

Minyak bumi adalah sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, dimana ketersediaannya akan berkurang jika terus menerus dipergunakan bahkan sumber energi ini dapat pula akan habis. Konsumsi bahan bakar di Indonesia sejak tahun 1995 telah melebihi produksi dalam negeri. Dalam kurun waktu 10-15 tahun ke depan cadangan minyak bumi Indonesia diperkirakan akan habis. Perkiraan ini terbukti dengan seringnya terjadi kelangkaan BBM di beberapa daerah di Indonesia (Hambali, E., dkk, 2007). Dengan semakin berkurangnya energi tak terbaharui ini maka banyak penelitian yang dilakukan untuk memanfaatkan dan mengoptimalkan penggunaan energi, salah satunya adalah pembuatan briket sebagai bahan bakar alternatif.

Batubara dapat dibagi dalam empat jenis, yaitu: *antrasite*, *bituminous*, *sub bituminous* dan *lignite*. *Antrasite* memiliki karakteristik: padat, keras, warna hitam mengkilap, mengandung (93 – 96) % karbon, nilai kalor sangat tinggi, kandungan air dan abu sangat sedikit, lambat terbakar dan sedikit sekali asap dan merupakan jenis batubara terbaik. *Bituminous* atau batubara lunak memiliki karakteristik: kurang padat, warna hitam mengkilap, mengandung (82 – 90) % karbon, nilai kalor tinggi, kandungan air dan abu sedikit, kebanyakan batubara

berbentuk *bituminous*. *Sub bituminous* mengandung karbon relatif tinggi (75 – 82) %, warna hitam mengkilap, nilai kalor rendah, kandungan abu dan air sedikit sehingga menghasilkan sumber panas yang tidak efisien. Sedangkan *lignite* atau batubara coklat adalah batubara yang mengandung cukup banyak air, warnanya hitam, sangat rapuh, kandungan karbonnya 70 %, kandungan abu banyak dan memiliki nilai kalor yang rendah (Sukandarrumidi, 1995).

Menurut laporan Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Sulawesi Tenggara, terdapat indikasi potensi batubara di Kabupaten Kolaka Utara. Berdasarkan Peta Geologi Potensi Bahan Galian dan Energi Provinsi Sulawesi Tenggara diketahui di daerah tersebut terdapat indikasi adanya batubara. Setelah dilakukan kegiatan penyelidikan, bahan galian batubara dijumpai di DAS Sungai Watunohu Dusun Lametusa Desa Parutallang Kecamatan Ngapa Kabupaten Kolaka Utara. Dari hasil kegiatan penyelidikan yang telah dilakukan oleh Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Sulawesi Tenggara diketahui bahwa bahan galian batubara yang dijumpai di daerah tersebut merupakan jenis batubara lignit (*brown coal*), hal ini dapat dilihat bahwa secara fisik tidak lagi nampak unsur-unsur pembentukannya (unsur tumbuhan) di dalamnya (Ratnawati, 2010).

Pembuatan briket batubara muda dengan penggunaan bahan perekat akan lebih baik hasilnya jika dibandingkan tanpa menggunakan bahan perekat, disamping meningkatkan nilai bakar dari briket, kekuatan briket arang dari tekanan luar juga lebih baik (tidak mudah pecah) (Sudradjat,1983).

Dalam pembuatan serbuk dan briket batubara muda agar diperoleh kualitas yang baik dan batubara muda yang memiliki nilai kalor tinggi maka perlu dilakukan suatu inovasi dalam pembuatannya, oleh karena itu dalam pembuatan serbuk dan briket batubara muda ini dilakukan inovasi dengan menambahkan perekat. Perekat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pati biji jarak, pati singkong, dan tepung kanji.

II. METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tanur untuk mengabukan sampel dan pemanas pada saat proses aktivasi sampel, mortar untuk menggerus dan menghaluskan batubara, alat kompaksi biobriket untuk mengompaksi arang briket, ayakan ukuran 60 mesh untuk mengayak batubara muda agar didapatkan ukuran butiran yang homogen, hot plate untuk memanaskan air pelarut bahan perekat, pencetak biobriket berbentuk silinder berongga untuk mencetak briket, timbangan digital untuk menimbang massa briket, oven untuk mengeringkan sampel briket, cawan sebagai wadah briket yang akan dianalisis, desikator untuk mendinginkan sampel yang telah dipanaskan, *calorimeter bomb* untuk menguji nilai kalor briket batubara muda, gelas kimia sebagai tempat pembuatan perekat, *thermometer infrared* untuk mengukur kenaikan suhu pada uji nyala briket, jangka sorong untuk mengukur diameter dalam, dan diameter luar dan tinggi dari briket batubara muda.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu batubara muda sebagai bahan dasar serbuk dan briket, pati biji jarak, pati singkong dan tepung kanji sebagai bahan campuran pembuatan serbuk dan briket, gas nitrogen (N_2) sebagai bahan untuk mencegah terjadinya oksidasi pada sampel di dalam tanur pada saat proses aktivasi, dan minyak tanah sebagai penyulut.

III. PELAKSANAAN PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2013 sampai selesai, bertempat :

1. Laboratorium Material Basah Jurusan Fisika FMIPA Universitas Halu Oleo Kendari.

2. Laboratorium Material dan Energi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Halu Oleo Kendari.
3. Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Halu Oleo Kendari.
4. Pusat Studi Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada.

Sampel batubara muda berasal dari Dusun Lametusa Desa Parutallang Kecamatan Ngapa Kabupaten Kolaka Utara Provinsi Sulawesi Tenggara.

1. Proses Analisis Serbuk Batubara Muda

Secara umum sampel batubara muda mula-mula melalui proses penggerusan, penghalusan dan pengayakan. Sampel batubara muda yang berupa bongkahan dihancurkan dengan menggunakan palu, kemudian digerus menjadi serbuk halus dengan menggunakan mortar dan blender lalu diayak dengan ayakan yang berukuran 60 mesh. Setelah proses aktivasi dengan suhu 600°C , sampel batubara muda kemudian dicampurkan dengan bahan perekat yaitu: pati biji jarak, pati singkong dan tepung kanji dengan perbandingan 5%, 10%, dan 15% dari massa sampel untuk masing-masing perekat. Setelah itu, sampel batubara muda yang berbentuk serbuk dianalisis antara lain analisis nilai kalor dan analisis proksimat yang meliputi kadar air, *volatile matter*, kadar abu dan *fixed carbon*.

2. Proses Pengompaksian Briket Batubara Muda

Untuk mengompaksi briket disiapkan dengan cetakan briket dan alat kompaksi yang ditunjukkan pada gambar 1 dan gambar 2. Kemudian memasukkan bahan briket yang sudah dicampur ke dalam cetakan lalu diletakkan di bagian bawah alat kompaksi. Memutar pengunci tabung oli agar tekanan pada alat kompaksi tidak turun. Memompa alat kompaksi sehingga indikator menunjukkan pembebanan $100\text{kg}/\text{cm}^2$. Kemudian membuka briket dari cetakannya lalu di analisis kerapatan dan diuji waktu nyala.



Gambar 1. Cetakan briket



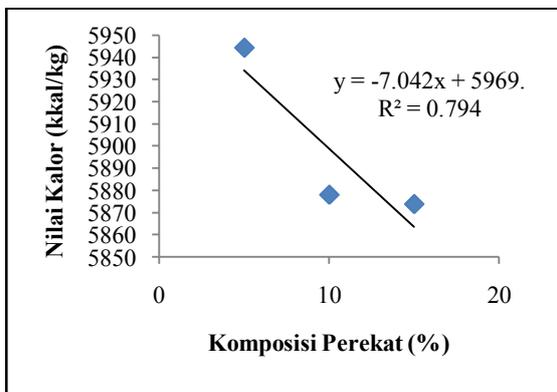
Gambar 2. Alat kompaksi briket

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

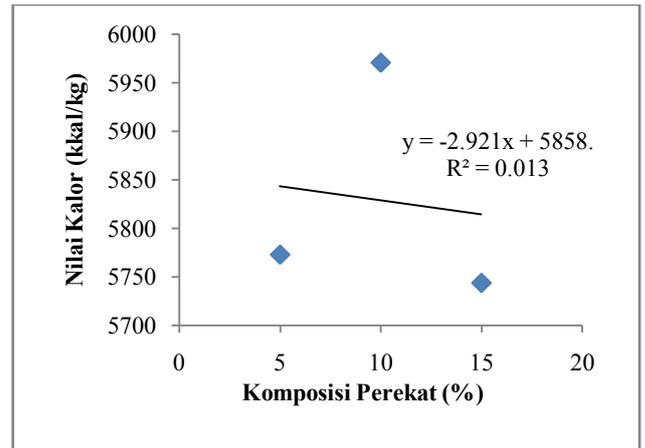
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batubara muda (*brown coal*). Diawali dengan proses penggerusan dan pengayakan menggunakan ayakan ukuran 60 mesh kemudian melalui proses aktivasi pada temperatur 600°C lalu dicampur pati biji jarak, pati singkong, dan tepung kanji sebagai perekat dengan komposisi 5%, 10% dan 15% dari massa sampel untuk masing-masing perekat. Sebelum dibuat menjadi briket, sampel batubara muda yang masih berbentuk serbuk yang telah dicampur perekat dianalisis terlebih dahulu. Analisis tersebut meliputi analisis nilai kalor dan analisis proksimat (kadar air, *volatile matter*, kadar abu dan *fixed carbon*). Berikut hasil analisis nilai kalor dan analisis proksimat serbuk batubara muda.

Tabel 1. Nilai kalor untuk berbagai jenis dan komposisi perekat

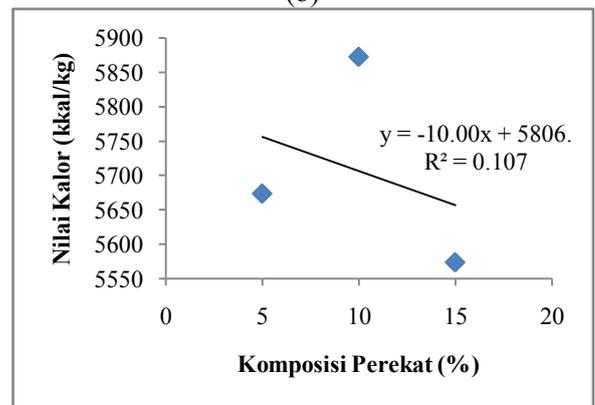
Komposisi (%)	Nilai Kalor (kcal/kg)		
	Pati Biji Jarak	Pati Singkong	Tepung Kanji
5	5944.295	5772.779	5673.270
10	5878.066	5971.028	5872.512
15	5873.873	5743.561	5573.233



(a)



(b)



(c)

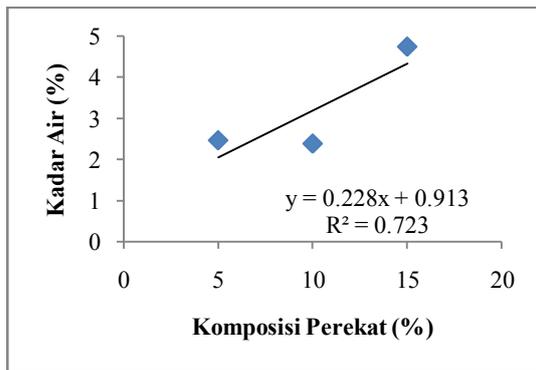
Gambar 3. Grafik hubungan antara komposisi perekat dengan nilai kalor untuk (a) pati biji jarak, (b) pati singkong dan (c) tepung kanji

Dari hasil pengujian kalori serbuk batubara muda yang telah dilakukan didapat nilai kalor per unit massa dari setiap sampel berkisar antara 5873,873-5944.295 kkal/kg untuk perekat pati biji jarak, 5743,561-5971,028 kkal/kg untuk perekat pati singkong, dan 5573,233-5872,512 kkal/kg untuk perekat tepung kanji.

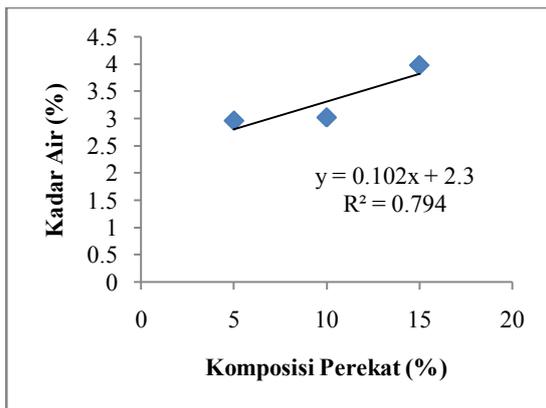
Gambar 3 menunjukkan bahwa penambahan komposisi perekat memberikan pengaruh yang berarti pada nilai kalori dari serbuk batubara muda. Semakin tinggi komposisi perekat maka nilai kalor semakin rendah. Hal ini dikarenakan presentase kadar abu dan kadar air dalam serbuk batubara muda sangat mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan. Tingginya kadar air dan abu akan menyebabkan penurunan nilai kalor. Hasil yang diperoleh telah memenuhi standar nilai kalor batubara muda Kolaka Utara yaitu minimal 4170.38 kkal/kg.

Tabel 2. Kadar air untuk berbagai jenis dan komposisi perekat

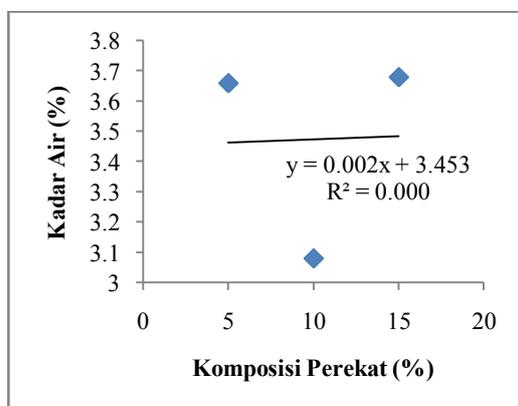
Komposisi (%)	Kadar Air (%)		
	Pati Biji Jarak	Pati Singkong	Tepung Kanji
5	2.46	2.96	3.66
10	2.38	3.02	3.08
15	4.74	3.98	3.68



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. Grafik hubungan antara komposisi perekat dengan kadar air untuk

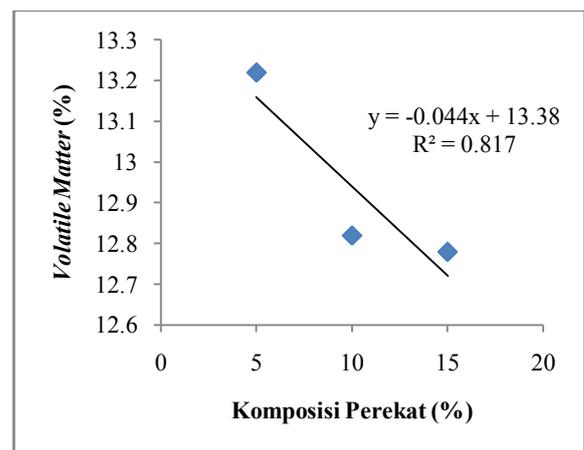
(a) pati biji jarak, (b) pati singkong dan (c) tepung kanji

Kadar air merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas serbuk batubara muda yang dihasilkan. Semakin tinggi kadar air maka semakin rendah nilai kalor dan daya pembakarannya, begitu pula sebaliknya. Hal ini disebabkan energi yang dihasilkan akan banyak terserap untuk menguapkan air.

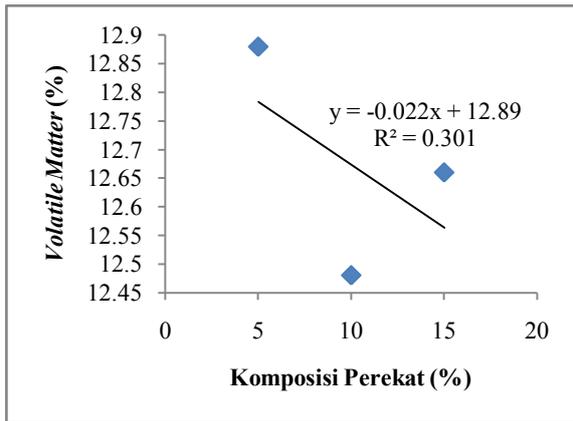
Dari hasil pengujian diperoleh kadar air sekitar 2.38%-4.74% dengan massa sampel rata-rata 5 gram serbuk batubara muda. Hasil pengukuran kadar air dapat dilihat pada gambar 4. Dari gambar 4 pula terlihat bahwa penambahan komposisi perekat merupakan faktor yang menentukan tingginya kadar air, semakin tinggi komposisi perekat maka semakin tinggi pula kadar airnya. Semakin tingginya kadar air inilah yang merupakan salah satu faktor yang menyebabkan penurunan nilai kalor pada gambar (3). Hasil yang diperoleh telah memenuhi standar kadar air batubara muda Kolaka Utara yaitu maksimal 7,66 %.

Tabel 3. Volatile Matter untuk berbagai jenis dan komposisi perekat

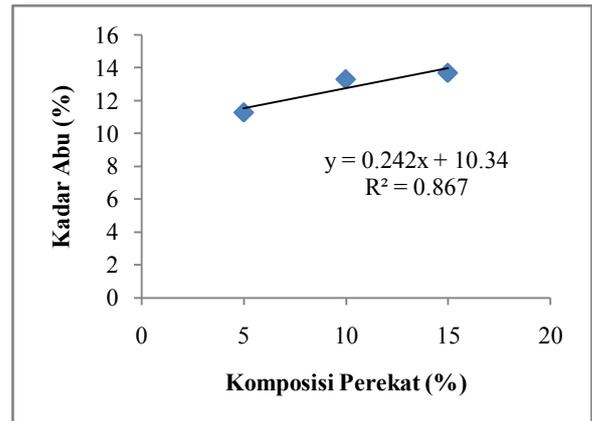
Komposisi (%)	Volatile Matter (%)		
	Pati Biji Jarak	Pati Singkong	Tepung Kanji
5	13.22	12.88	11.24
10	12.82	12.48	10.08
15	12.78	12.66	10.68



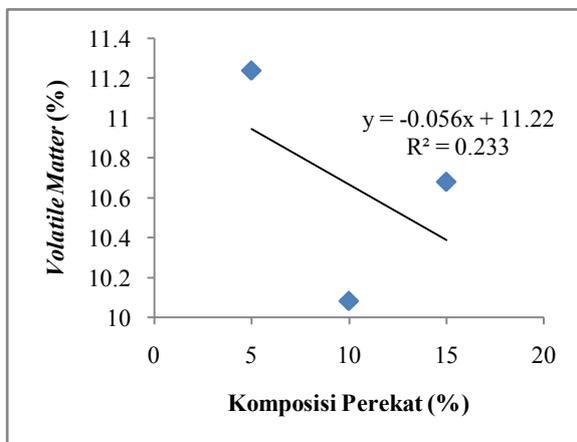
(a)



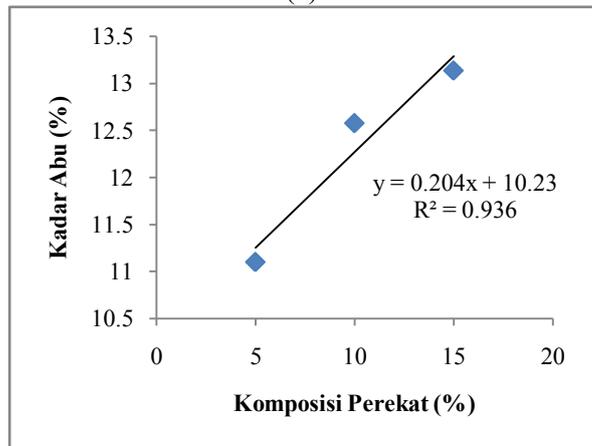
(b)



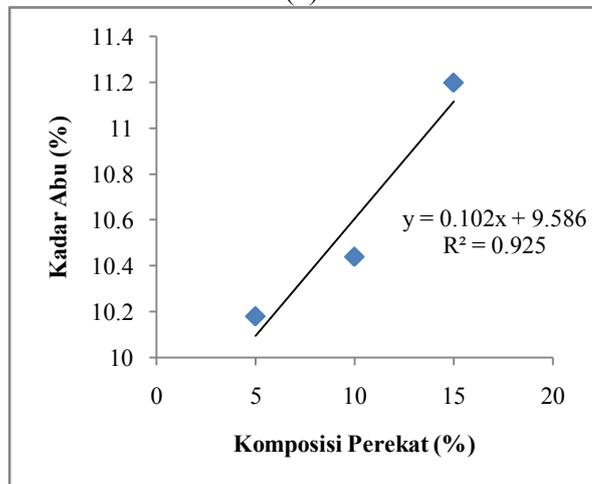
(a)



(c)



(b)



(c)

Gambar 5. Grafik hubungan antara komposisi perekat dengan kadar abu untuk (a) pati biji jarak, (b) pati singkong dan (c) tepung kanji

Hasil pengujian *volatile matter* atau zat terbang berada pada kisaran 11.24%-13.68%. Kadar zat terbang yang tinggi akan mempermudah dalam proses pembakaran briket karena sebagian zat terbang terdapat dalam bentuk gas-gas mudah terbakar. Kadar zat terbang briket batubara muda yang dihasilkan cukup rendah sehingga dapat dikatakan telah memenuhi Standar Nasional Indonesia untuk kadar zat terbang yaitu maksimal 15%.

Tabel 4. Kadar abu untuk berbagai jenis dan komposisi perekat

Komposisi (%)	Kadar Abu (%)		
	Pati Biji Jarak	Pati Singkong	Tepung Kanji
5	11.28	11.10	10.18
10	13.31	12.58	10.44
15	13.70	13.14	11.20

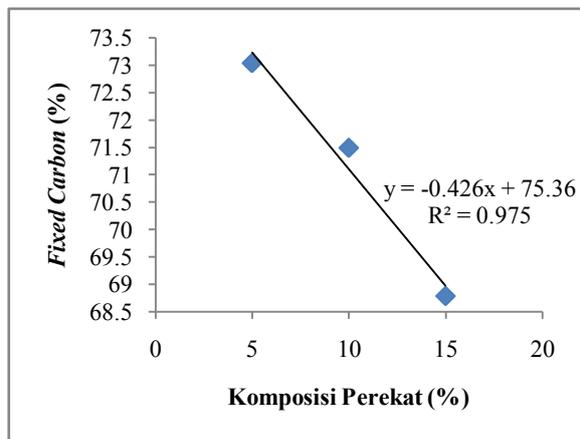
Gambar 6. Grafik hubungan antara komposisi perekat dengan kadar abu untuk (a) pati biji jarak, (b) pati singkong dan (c) tepung kanji

Kadar abu sangat berpengaruh terhadap nilai kalor. Pernyataan ini sesuai dengan yang dikemukakan Earl (1974) bahwa salah satu unsur utama abu adalah silika dan pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Dari hasil pengujian didapatkan kadar abu sekitar 10.18%-13.70%. Presentase kadar abu yang diuji ini sedikit lebih tinggi dibandingkan presentase kadar abu

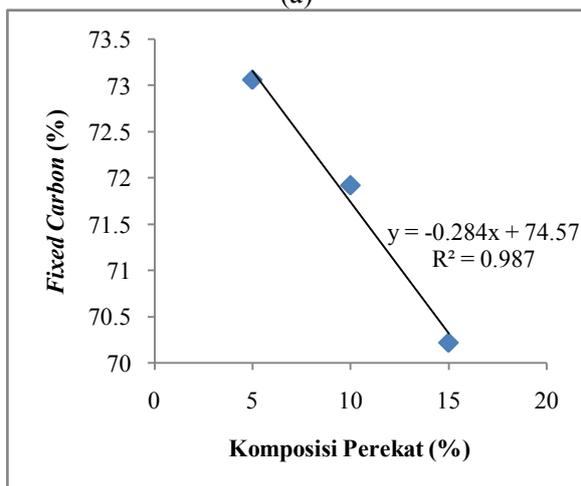
batubara muda Kolaka Utara tanpa menggunakan perekat yaitu 9.06%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan komposisi perekat memberikan pengaruh pada kadar abu. Semakin tinggi komposisi perekat maka semakin tinggi pula presentase kadar abunya. Semakin tingginya kadar abu ini juga yang merupakan salah satu faktor yang menyebabkan penurunan nilai kalor pada gambar (3).

Tabel 11. Fixed carbon untuk berbagai jenis dan komposisi perekat

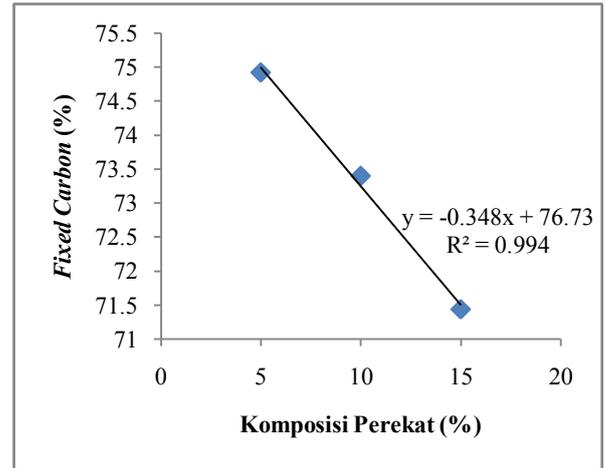
Komposisi (%)	Fixed Carbon (%)		
	Pati Biji Jarak	Pati Singkong	Tepung Kanji
5	73.04	73.06	74.92
10	71.49	71.92	73.40
15	68.78	70.22	71.44



(a)



(b)



(c)

Gambar 7. Grafik hubungan antara komposisi perekat dengan fixed carbon untuk (a) pati biji jarak, (b) pati singkong dan (c) tepung kanji

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan fixed carbon berada pada kisaran 68.78%-74.92%. Dari hasil pengujian terlihat bahwa perekat kanji dengan komposisi 5% memiliki presentase fixed carbon yang tertinggi yaitu 74.92%, sedangkan presentase fixed carbon yang terendah dimiliki oleh perekat pati biji jarak dengan komposisi 15% dengan nilai fixed carbon 68.78%. Hasil yang diperoleh telah memenuhi standar fixed carbon batubara muda Kolaka Utara yaitu 43.26%.

Setelah dilakukan analisis nilai kalor dan analisis proksimat, sampel batubara muda yang telah dicampur perekat dibuat menjadi briket dengan bentuk silinder berongga menggunakan cetakan silinder dan diberi tekanan kompaksi sebesar 100 kg/cm², kemudian briket dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 2x24 jam. Briket yang dihasilkan ditunjukkan pada gambar 8.

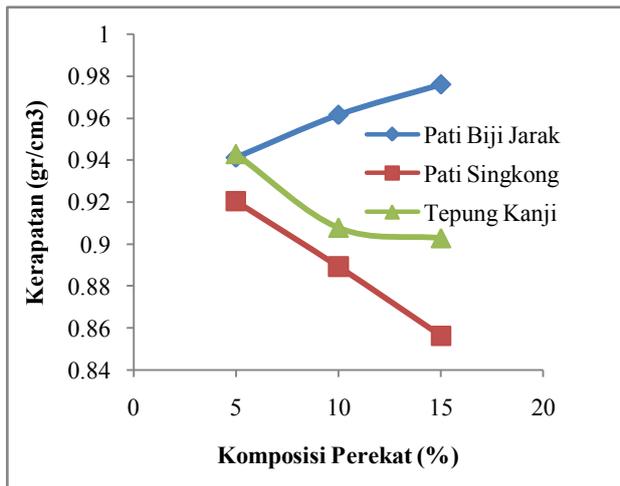


Gambar 8. Briket batubara muda

Setelah proses pencetakan, briket ditentukan kerapatannya dan diuji nyala. Berikut hasil penentuan kerapatan dan uji nyala briket batubara muda.

Tabel 5. Kerapatan untuk berbagai jenis dan komposisi perekat

Komposisi (%)	Kerapatan (gr/cm ³)		
	Pati Biji Jarak	Pati Singkong	Tepung Kanji
5	0.94119	0.92038	0.94286
10	0.96145	0.88929	0.90785
15	0.97591	0.85637	0.90290



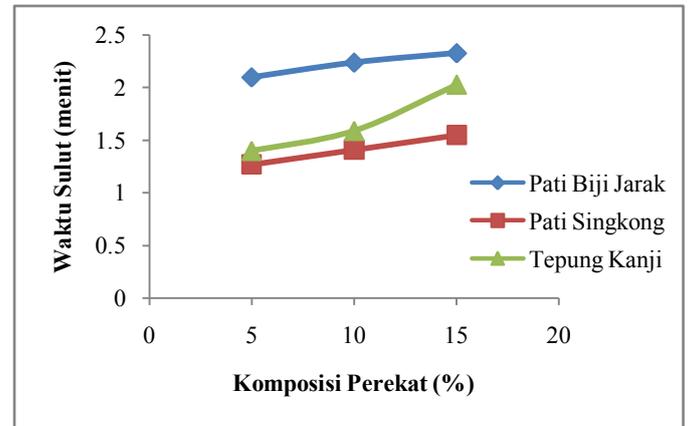
Gambar 9. Grafik hubungan antara komposisi perekat dengan kerapatan

Dari hasil pengujian kerapatan berkisar antara 0.85637 gr/cm³ – 0.97591 gr/cm³. Kerapatan terendah terdapat pada jenis perekat pati singkong dengan komposisi 15% yakni 0.85637 gr/cm³, sedangkan kerapatan tertinggi terdapat pada jenis perekat pati biji jarak dengan komposisi 15% yakni 0.97591 gr/cm³. Dari gambar 9 di atas pengaruh jenis perekat pati biji jarak terhadap kerapatan menunjukkan *trend* naik. Semakin besar komposisi perekat maka semakin besar pula kerapatannya. Sedangkan untuk jenis perekat pati singkong dan tepung kanji terhadap kerapatan menunjukkan *trend* turun. Semakin besar komposisi perekat maka semakin kecil kerapatannya. Perbedaan *trend* grafik tersebut disebabkan pada saat penelitian, perekat pati biji jarak tidak berubah bentuk dari serbuk menjadi *jelly* ketika diberi air dan dipanaskan seperti yang terjadi pada perekat pati singkong dan tepung kanji yang berubah menjadi *jelly* ketika diberi air dan dipanaskan. Hasil kerapatan yang diperoleh telah memenuhi standar Inggris yaitu 0.84 gr/cm³.

Tabel 6. Waktu sulut untuk berbagai jenis dan komposisi perekat

Komposisi (%)	Waktu Sulut (Menit)		
	Pati Biji	Pati	Tepung

	Jarak	Singkong	Kanji
5	2.10	1.27	1.40
10	2.24	1.41	1.59
15	2.33	1.55	2.03

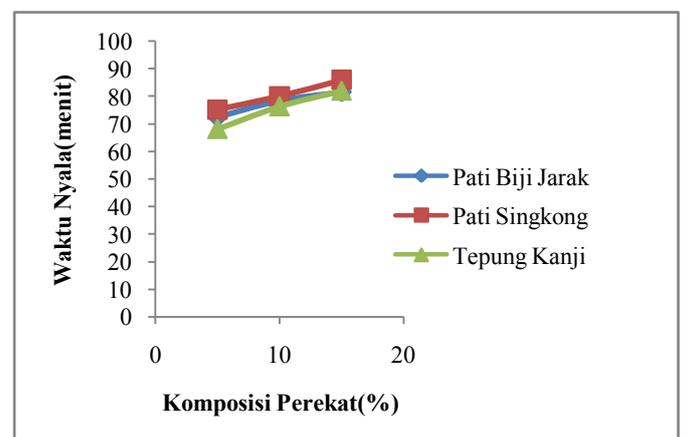


Gambar 10. Grafik hubungan antara komposisi perekat dengan waktu sulut

Dari hasil pengujian diperoleh waktu sulut antara 1.27 menit – 2.33 menit. Gambar 10 menunjukkan bahwa penambahan komposisi perekat memberikan pengaruh pada waktu sulut. Semakin tinggi jumlah perekat maka waktu sulut memperlihatkan *trend* yang semakin meningkat. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa briket batubara muda dengan menggunakan perekat pati biji jarak menghasilkan *trend* waktu sulut yang lebih tinggi dibandingkan menggunakan perekat pati singkong dan tepung kanji.

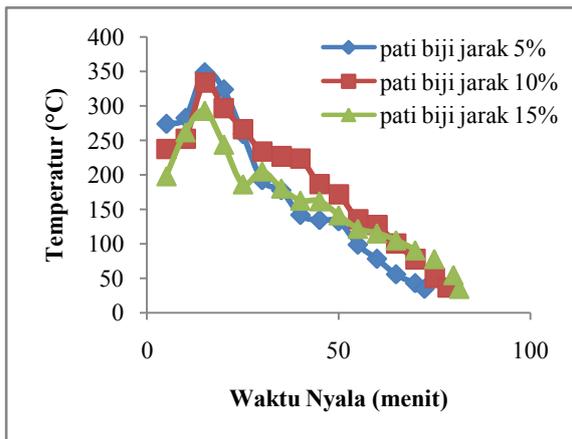
Tabel 7. Waktu nyala untuk berbagai jenis dan komposisi perekat

Komposisi (%)	Waktu Nyala (menit)		
	Pati Biji Jarak	Pati Singkong	Tepung Kanji
5	72.43	75.17	68.12
10	78.39	80.04	76.37
15	81.52	86.01	82.03

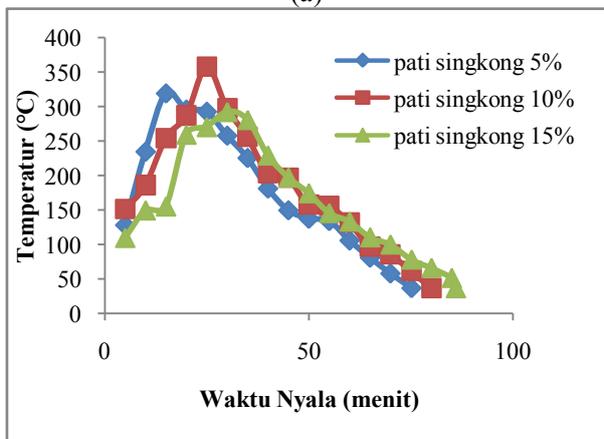


Gambar 11. Grafik hubungan antara komposisi perekat dengan waktu nyala

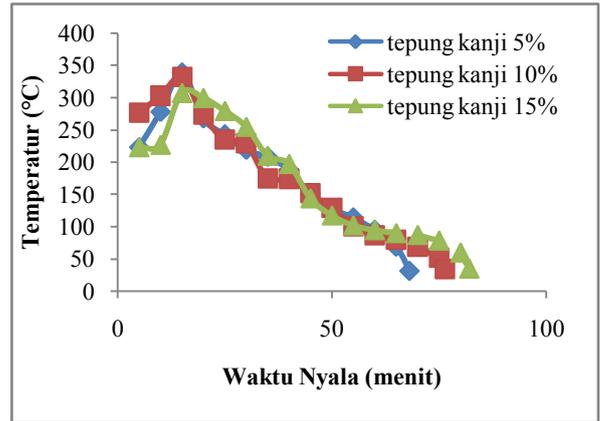
Waktu nyala merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan 5 gram briket mulai saat terbentuk bara sampai menjadi abu. Dari hasil pengujian waktu nyala yang telah dilakukan berada di kisaran 68.12 menit –86.01 menit. Hasil ini menunjukkan adanya perubahan waktu nyala ketika komposisi bahan perekat bertambah. Hal itu terlihat pada perubahan grafik gambar di atas yang meningkat secara perlahan dan signifikan. Penambahan komposisi perekat pada dasarnya dapat menghambat waktu sulut, namun ketika sudah mulai menyala maka akan bertahan lebih lama. Hasil pengujian gambar 11, menunjukkan bahwa penambahan komposisi perekat pada bahan briket batubara muda berpengaruh terhadap waktu nyala. Hal ini disebabkan karena pada saat proses pembakaran briket batubara muda, ketiga jenis perekat itu tidak terbakar dan mengikat arang batubara muda sehingga memperlambat waktu nyala dari briket batubara muda tersebut.



(a)



(b)



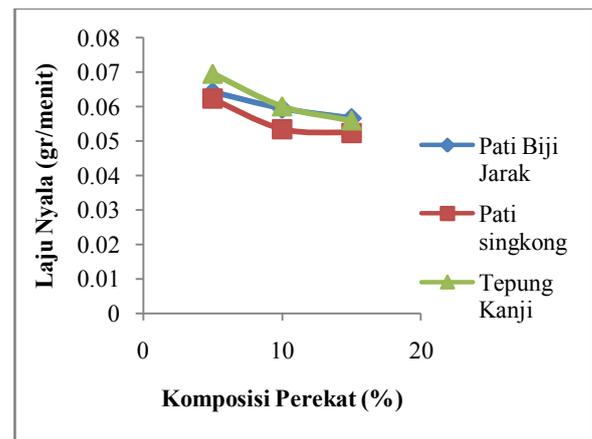
(c)

Gambar 12. Grafik hubungan antara waktu nyala dengan temperatur briket batubara muda dengan perekat pati biji jarak (a), pati singkong (b) dan tepung kanji (c)

Dari gambar 14 terlihat bahwa pengaruh waktu nyala terhadap temperatur menunjukkan trend turun. Semakin lama waktu nyalanya maka temperaturnya semakin rendah.

Tabel 8. Laju nyala untuk berbagai jenis dan komposisi perekat

Komposisi (%)	Laju Nyala (gr/menit)		
	Pati Biji Jarak	Pati Singkong	Tepung Kanji
5	0.0642	0.0623	0.0696
10	0.0594	0.0535	0.0601
15	0.0566	0.0524	0.0560



Gambar 13. Grafik hubungan antara komposisi perekat dengan laju nyala

Dari grafik pada Gambar 13, terlihat kecenderungan laju nyala yang semakin menurun dengan bertambahnya komposisi perekat. Laju nyala tertinggi pada komposisi 5% perekat tepung kanji yaitu 0.0696 gr/menit dan terendah pada komposisi 15% perekat pati singkong yaitu 0.0560 gr/menit.

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 kerusakannya briket pada saat pembakaran sehingga menimbulkan kesantidak bersih meskipun laju pembakarannya cepat.

Penambahan komposisi perekat akan memperkuat ikatan antarmolekul penyusun briket, sehingga mengurangi porositas briket. Sedangkan untuk mempertahankan nyala api saat pembakaran dibutuhkan oksigen yang cukup. Semakin banyak pori-pori pada briket akan memberi ruang lebih untuk jalan masuknya oksigen, sehingga pembakaran yang terjadi semakin baik dan tentunya akan memberikan laju pembakaran yang besar. Sebaliknya, ikatan antar molekul yang semakin kuat seiring bertambahnya komposisi perekat akan mengurangi porositas briket dan menurunkan laju pembakarannya.

V. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan, dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil pengujian kalori serbuk batubara muda dengan campuran perekat pati biji jarak, pati singkong dan tepung kanji dengan komposisi perekat 5%, 10% dan 15% dari massa sampel diperoleh nilai kalor per unit massa antara 5573.233 kkal/kg sampai 5971.028 kkal/kg. Nilai kalor tertinggi diperoleh pada serbuk batubara muda dengan perekat pati singkong pada komposisi 10%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Halu Oleo atas kesempatan melaksanakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K dan K. Irwanto 1991. *Energi dan Elektrifikasi Pertanian*. Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi IPB, Bogor.
- Achmad, R. 1991. *Briket Arang Lebih Baik dari Kayu Bakar*, *Jurnal Neraca* 10(4) : 21-22.
- Arnold, Guy. 1987. *Batubara*. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Boedjang, K. 1973. *Pembuatan Arang Cetak*. Laporan Karya Utama, Departemen Teknologi Kimia, Fakultas Teknologi Industri ITB, Bandung.
- Borman, G.L and Ragland, K.W., 1998. *Combustion Engineering*, Mc Graw Hill Publishing Co, New York.
- Dinas Pertambangan dan Energi Propinsi Sulawesi Tenggara, 2007. *Laporan Penyelidikan Batubara Kec. Ngapa Kab. Kolaka Utara Provinsi Sulawesi Tenggara*. Sulawesi Tenggara.
- Duke, J.A. and A.A Atchley. 1984. Proximate analysis. In: Christie, B.R. (ed.), *The handbook of plant science in agriculture*. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL. Dalam James A. Duke. 1983. *Handbook of Energy Crops*. unpublished. www.hort.purdue.edu [12 Desember 2007].
- Earl, D.E., 1974. *A Report On Corcoal*. Andre Meyer Research Fellow. FAO. Rome.
- Hambali E, dkk, 2007, *Teknologi Bioenergi*, Agromedia, Jakarta.
- Hariyadi. 2005. *Budidaya Tanaman Jarak (Jatropha curcas) Sebagai Sumber Bahan Alternatif Biofuel*. Dalam Makalah FGD Prospektif Sumberdaya Lokal Bioenergi pada Deputi Bidang Pengembangan Sisteknas. www.ristek.go.id [19 Nopember 2007].
- Hartoyo, J. 1978, *Percobaan Pembuatan Briket Arang dari Lima Jenis Kayu*, Laporan Balai Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Husada, TI. 2008. *Laporan Penelitian/Artikel Ilmiah Program Penelitian Inovasi Mahasiswa Provinsi Jawa Tengah "Arang briket tongkol jagung sebagai Energi Alternatif"*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Kamaruddin, A. dan A.K. Irwanto. 1989. *Energi dan Listrik Pertanian*. IPB, Bogor.
- Maarif, S., 2004. *Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa dan Penggunaan Perekat Terhadap Sifat-Sifat Fisika dan Kimia Briket Arang dari Arang Serbuk Sengon*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Manurung dkk, 2005, *Bahan Bakar Pengganti Solar*, Departemen Teknik Kimia, ITB, Bandung.
- Maymanah, M. 2010. *Analisis Briket Arang Sekam Padi sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Skripsi S1. Universitas Halu Oleo: Kendari.
- Mikrova, K. 1985, *Pengaruh Pengempaan Jenis Perekat dalam Pembuatan Arang Briket dari Tempurung Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq)*. Skripsi. FATETA IPB, Bogor.
- Mujiono, 2009, *Analisis Pemanfaatan Biobriket Arang Serbuk Gergaji dan Sekam Padi Dilihat dari Aspek Teknis dan*

- Ekonomis*, Skripsi, Universitas Muhamadyah, Surakarta.
- Nurhayati, T. 1983, *Sifat Arang, Briket Arang dan Alkohol yang Dibuat dari Limbah Industri Kayu*, Laporan Lembaga Penelitian Hasil Hutan No 165, Bogor.
- Pari, G. 2002, *Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu*, Makalah Falsafah Sains, Program Pasca Sarjana IPB, Bogor.
- Purlan, dkk., 2008, *Kompur Minyak Jarak, Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat (Balittas)*, Puslitbangun, Malang.
- Raharjo, S, Ratnasari, St. Sabarwati, H. Armid dan Ismail, D, 2005. *Nikel dan Feronikel (Sebuah Studi pada P.T. Aneka Tambang, Tbk. UBPB Operasi Poomala)*, Jurusan Kimia F-MIPA UNHALU, Kendari.
- Ratnawati, Waode. 2010. *Analisis Kualitas Briket Batubara Muda (Brown Coal) Kolaka Utara sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Skripsi S1. Universitas Halu Oleo: Kendari.
- Sa'id, E.G. 1996. *Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit*. Trubus Agriwidya.
- Sebayang, P., Thosin K.A. Zaini., Tetuko, Anggito P. 2008. *Pengaruh aditif lempung terhadap sifat mekanik dan nilai kalor dalam pembuatan briket batubara*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Universitas Lampung : Lampung.
- Sihombing, JL. 2006. *Studi pembuatan briket arang dari cangkang Kemiri dengan variasi ukuran partikel Arang dan konsentrasi perekat*. Jurnal Sains Kimia Vol. 10, Universitas Negeri Medan : Medan.
- Sudradjat, R. 1983, *Pengaruh Bahan Baku, Jenis Perekat dan Tekanan Kempa Terhadap Kualitas Briket Arang*, Laporan Penelitian Hasil Hutan No. 165. Pusat Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Sudrajat, R. Setiawan .D dan Roliadi . H., 2010, *Teknik Pembuatan dan Sifat Briket Arang Dari Tempurung dan Kayu Tanaman Jarak Pagar (Jatropha curcas L.)* Bogor.
- Sukandarrumidi. 1995. *Batubara dan Gambut*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sukandarrumidi. 2006. *Batubara dan Pemanfaatannya*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sulistyanto, A., 2006, *Pengaruh Variasi Bahan Perekat Terhadap Laju Pembakaran Biobriket Campuran Batubara dan Sabut Kelapa*, **Media Mesin**, 8(2), 45-52.
- Suryani, A. 1986. *Pengaruh Tekanan Pengempaan dan Jenis Perekat dalam Pembuatan Arang Briket dari Tepurung Kelapa Sawit (Elaeis quinensis Jacq)*. TIN FATETA IPB, Bogor.
- <http://www.tekmira.esdm.go.id/kp/Batubara/index.asp.html>, diakses pada tanggal 29 Januari 2013.