

PEMBUATAN BRIKET BIOARANG DARI LIMBAH ABU KETEL, JARAK DAN GLISERIN

Samsudi Raharjo¹

Abstrak

Kenaikan harga bahan bakar minyak membawa dampak naiknya harga sembako dan berbagai kebutuhan hidup lainnya. Hal ini akan berdampak pada beban hidup masyarakat yang semakin berat apabila tidak diimbangi dengan peningkatan pendapatan. Sebagai konsekuensinya, suka tak suka, subsidi BBM akan terus dikurangi dan secara langsung harga BBM makin mahal di masa datang. Maka seiring dengan itu, kini persoalan yang amat mendesak adalah pengadaan diversifikasi energi guna mengurangi ketergantungan pada BBM yang berbahan baku fosil ini. Maka penelitian ini diharap sebagai solusi sebagai pengganti BBM, Dapat mengetahui seberapa besar nilai kalor yang terkandung di dalam briket sisa pembakaran dari hasil penelitian, dengan metodologi eksperimen dapat menentukan klasifikasi briket sisa pembakaran: nilai kalor rata-rata variasi 50% SBB - 50% LJ dihasilkan 3383 kkal/kg. Pada variasi 60% SBB – 40% dihasilkan nilai kalor rata-rata 2971 kkal/kg, variasi 70% SBB – 30% LJ dihasilkan nilai kalor rata-rata 2858 kkal/kg, variasi 80 % SBB – 20% LJ dihasilkan 2728 kkal/kg dan variasi 90% SBB – 10% LJ dihasilkan nilai kalor rata-rata 2651. kkal/kg.

Kata Kunci: Briket Bioarang, Abu Ketel, Jarak, Gliserin

PENDAHULUAN

Pemerintah sejak sepuluh tahun lalu menaikkan tarif listrik dan telepon, juga mengurangi subsidi bahan bakar minyak (BBM). Kebijakan yang tak populer ini telah menuai beragam protes keras dari masyarakat dan industri. Pasalnya, kenaikan harga BBM membawa dampak naiknya harga sembako dan berbagai kebutuhan hidup lainnya. Implikasinya, masyarakat kebanyakan akan makin miskin dan beban hidup yang dipikul akan makin berat jika tak diikuti peningkatan pendapatan. Di sisi lain, jika subsidi BBM tidak dikurangi maka hal ini menjadi beban yang amat berat bagi negara, apalagi dengan perekonomian yang belum pulih saat ini. Konsekuensinya, suka tak suka, subsidi BBM akan terus dikurangi dan secara langsung harga BBM makin mahal di masa datang. Maka seiring dengan itu, kini persoalan yang amat mendesak adalah pengadaan

¹ Dosen S1 Teknik Mesin UNIMUS

diversifikasi energi guna mengurangi ketergantungan pada BBM yang berbahan baku fosil ini.

Cadangan minyak di perut bumi makin terbatas dan menyusut karena penggunaannya yang terus meningkat dan bahan bakar fosil ini tergolong bahan bakar yang tidak terbarukan (*unrenewable*). Keterbatasan ini seharusnya mendorong pemerintah untuk mencari energi alternatif dan terbarukan (*renewable*) yang berasal dari tanaman dan biasa disebut biomassa. Pengalaman menunjukkan dengan hanya mengandalkan pada satu jenis sumber energi kerap menimbulkan banyak persoalan yang saling berkaitan.

Pabrik gula menggunakan bahan bakar solar dan ampas tebu untuk menjalankan proses produksinya. Kalau terjadi kenaikan harga BBM tentu saja kinerja pabrik gula akan terganggu, oleh karena itu pabrik gula memerlukan suatu energi alternatif untuk mengganti bahan bakar solar. Disamping hal tersebut tingkat pencemaran yang disebabkan oleh sisa pembakaran sudah sangat mengawatirkan karena debu yang berupa partikel sisa pembakaran berterbangan kemana-mana terutama pada saat musim kemarau sangat mengganggu pernafasan dan aktifitas warga. Pada musim penghujan tingkat pencemaran debu agak berkurang tetapi bau yang ditimbulkan dari sisa pembakaran pabrik gula terasa menyengat. Kondisi sekarang untuk mengatasi hal tersebut pihak pabrik gula berusaha membuang limbahnya sejauh mungkin dari pemukiman penduduk. Dengan demikian diperlukan suatu inovasi yang lebih bermanfaat untuk mengatasi krisis energi dan juga masalah limbah pabrik gula khususnya yang berupa partikel debu ini. Salah satu cara untuk mendapatkan energi alternatif dan sekaligus memanfaatkan limbah pabrik gula yang berupa partikel debu adalah dengan membuat partikel debu menjadi briket. Pada penelitian briket bioarang yang berasal dari sampah biomassa menyebutkan bahwa nilai kalor tertinggi bahan bakar biomassa yang berasal dari campuran sampah organik dan serbuk gergaji adalah 4508,21 kal/gr, sedangkan nilai kalor tertinggi untuk campuran sampah organik dan sekam padi adalah 4009,67 kal/gr (Mei, 2006). Sampah biomassa adalah bahan-bahan hayati seperti dedaunan, rerantingan, gulma, limbah pertanian dan kehutanan serta kotoran ternak. Sisa pembakaran pabrik gula merupakan limbah yang berasal dari ampas tebu yang dijadikan bahan bakar, oleh karena itu sisa pembakaran pabrik gula termasuk limbah biomassa.

Dalam seminar sehari **Hadi S (2005)** seorang ahli enzim pertanian mengatakan bahwa sisa pembakaran pabrik gula masih mengandung karbon aktif yang dapat dimanfaatkan untuk membuat pupuk pertanian. Berdasarkan hal tersebut peneliti mempunyai hipotesis yaitu kalau sisa pembakaran masih mengandung karbon aktif, maka masih dapat dibakar dan menghasilkan panas, hanya saja perlu pembuktian untuk mengetahui seberapa besar nilai kalor yang terkandung di dalam sisa pembakaran tersebut.

Dengan demikian perlu adanya penelitian untuk dapat mengetahui seberapa besar nilai kalor yang terkandung di dalam briket sisa pembakaran, sehingga pada akhirnya nanti dapat menentukan klasifikasi briket sisa pembakaran, apakah layak menjadi energi alternatif untuk menggantikan bahan bakar minyak.

1) Energi

Menurut Pudjanarsa dan Nursuhud, energi adalah sesuatu yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan tetapi dapat dirasakan adanya. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja (*energy is the capacity for doing work*). Menurut Hukum Termodinamika Pertama, energi bersifat kekal. Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat dikonversikan dari bentuk energi yang satu ke bentuk energi yang lain.

2) Pemakaian Sumber Energi

Sampai dengan tahun 1980an, konsumsi energi di dunia meningkat tajam dari tahun ke tahun, apalagi di negara maju seperti Amerika Serikat. Sekitar akhir tahun 1940an sampai 1950an konsumsi energi meningkat 2,9 persen sebelumnya. Pada tahun 1960 an dan awal tahun 1970 an, rata-rata pertumbuhan masih sangat tinggi yaitu 4,5 persen per tahun. Sedangkan pada tahun 1990 an dan awal tahun 2000 an, konsumsi energi terus meningkat lebih tinggi dari tahun 1980 an, sehingga menurut Hinrichs, 2006, tercatat antara tahun 1983 dan 2012 konsumsi energi telah meningkat 37 persen. Dewasa ini menggunakan batubara 26 persen, minyak bumi 39 persen, natural gas 24 persen dan nuklir 7 persen sedangkan untuk pemakaian *renewable energy* hanya 3 persen.

3) Energi Biomassa

Biomassa merupakan produk fotosintesis dari butir-butir hijau yang bereaksi dengan sinar matahari. Butir-butir hijau menyerap energi matahari dan mengkonsumsi karbondioksida dengan air menjadi senyawa karbon, hidrogen dan oksigen (**Abdul Kadir:1995**). Senyawa ini dapat dipandang sebagai suatu penyerapan energi yang dapat dikonversi menjadi suatu produk lain. Hasil konversi dari senyawa itu dapat berbentuk arang atau karbon, alkohol kayu, ter dan lain sebagainya. Sebagaimana diketahui biomassa, terutama dalam bentuk kayu bakar dan limbah pertanian, merupakan sumber daya energi dunia yang tertua. Di negara-negara yang telah maju dengan berkembangnya industri, peranan biomassa sebagai sumber energi makin berkurang diganti dengan energi komersial, mula-mula batubara, kemudian minyak bumi. Lain halnya dengan negara-negara berkembang. Sekalipun banyak negara berkembang yang bergerak menuju ke arah industrialisasi, secara umum dapat dikatakan bahwa di negara-negara tersebut biomassa masih merupakan komponen yang besar dalam pola pemakaian energi. Tabel 1 memberikan beberapa angka perkiraan mengenai pemakaian energi di beberapa negara.

Bioarang adalah arang yang diperoleh dengan membakar tanpa udara (pirolisa), biomassa kering dalam suatu bejana bermulut sempit. Bahan baku bioarang terdiri atas : Dedaunan (aneka jenis daun, tumbuhan apa saja), Rerantingan (ranting dari tumbuhan apa saja dapat digunakan sebagai bahan pembuat arang), Gulma (semua jenis gulma dapat dipergunakan sebagai bahan baku bioarang), Abu ketel sisa pembakaran bahan bakar boiler di pabrik gula juga termasuk salah satu bioarang. Karena abu ketel tersebut dihasilkan dari hasil pertanian yaitu ampas tebu yang dibakar dalam ruang pembakaran boiler. Selain itu, ada juga beberapa jenis bioarang halus baik dari sumber bahan baku seperti disebutkan diatas maupun dari kotoran ternak, misalnya : sekam padi, serbuk gergaji kayu, kotoran sapi, kotoran kerbau dan lain-lain.

4) Bahan Bakar

Bahan bakar adalah bahan-bahan yang berdasarkan pertimbangan teknis ekonomis dapat segera dibakar untuk menghasilkan panas dalam mesin-mesin kalor, industri-industri panas. Bahan bakar sangatlah penting untuk melakukan mobilitas dan juga untuk menjalankan proses produksi pada industri. Bahan bakar dapat dibedakan menjadi 3 golongan menurut wujudnya, yaitu : bahan bakar padat, cair, dan gas.

Berdasarkan terjadinya bahan bakar dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu bahan bakar alami dan bahan bakar buatan.



Gambar 1. Limbah Sisa Pembakaran Bahan Bakar Pabrik Gula

5) Bahan Bakar Boiler Pada Pabrik Gula

Pabrik gula membutuhkan bahan bakar untuk menjalankan proses produksinya. Pada pabrik gula (khususnya PG. Trangkil), menggunakan dua macam bahan bakar, yaitu bahan bakar cair dan bahan bakar padat. Bahan bakar cair yang digunakan adalah residu. Minyak residu adalah hasil pengolahan minyak bumi dengan kualitas di bawah solar dan di atas aspal.



Gambar 2. Delay Tank Tempat Supply Residu

Sedangkan bahan bakar padat yang digunakan adalah ampas tebu sisa penggilingan. Residu digunakan pada saat proses pembakaran awal dan sebagai bahan bakar tambahan jika kalor yang dihasilkan dari pembakaran ampas kurang mencukupi untuk proses pembakaran. Pembakaran selanjutnya menggunakan ampas tebu yang sudah kering. Sebelum dimasukkan ke dalam ruang pembakaran, ampas tebu yang dibawa oleh *baggage feeder* dikeringkan dengan menggunakan uap panas hasil dari pemanasan air pada *Boiler*. Ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar Boiler adalah untuk menghemat penggunaan bahan bakar cair yang digunakan sekaligus memanfaatkan kembali sisa proses produksi dari pabrik gula.

Setiap proses pembakaran, pasti ada sisa hasil pembakaran. Begitu juga pada proses pembakaran bahan bakar pada pabrik gula. Sisa pembakaran tersebut berupa panas yang terbuang akibat rugi-rugi, karena tidak seluruhnya energi kalor yang digunakan dapat dimanfaatkan semua untuk proses pembakaran. Sisa pembakaran yang lain adalah *fly ash* dan *bottom ash*. Untuk menangani *bottom ash*, digunakan *conveyor* dengan sistem terendam air agar abu yang dihasilkan tidak berterbangan. Untuk menangani *fly ash* digunakan sistem *cyclone* agar partikel-partikel yang berat jatuh ke bawah untuk mengurangi polusi lingkungan.



Gambar 3. Ampas Hasil Penggilingan Tebu

Gambar 4 menunjukkan penampungan abu ketel dengan menggunakan troli setelah diberi air agar partikel debunya tidak berterbangan kemana-mana. Kemu dian abu

ketel tersebut dibawa ke tempat pembuangan yang lokasinya jauh dari pemukiman penduduk.



Gambar 4. Abu Ketel Ditampung Menggunakan Troli

6) Pembakaran Unsur-Unsur Bahan Bakar

Pembakaran adalah reaksi kimia (persenyawaan) antara unsur-unsur bahan bakar dengan oksigen disertai dengan pelepasan panas dengan temperatur tinggi. Sumber utama energi bahan bakar produksi energi thermal dari energi kimia. Reaksi kimia eksotermis yang paling penting dalam produksi energi ini adalah reaksi pembakaran. Reaksi ini adalah sebuah reaksi oksidasi tiga macam unsur dapat terbakar yang dapat dijumpai dalam beberapa bahan bakar fosil, yaitu karbon, hidrogen dan sulfur berturut-turut diubah menjadi karbon dioksida (CO_2), uap air (H_2O), dan sulfur dioksida (SO_2).

Berdasarkan proses pembakarannya, pembakaran dapat dibedakan menjadi :

1. Pembakaran Sempurna

Pembakaran sempurna merupakan pembakaran yang terjadi apabila karbon terbakar dengan oksigen yang cukup.

2. Pembakaran tak sempurna

Pembakaran yang terjadi apabila karbon terbakar dengan oksigen yang tidak cukup

3. Pembakaran dengan udara berlebih

Pembakaran dengan udara berlebih merupakan pembakaran yang terjadi apabila karbon terbakar dengan oksigen yang berlebih, sehingga dalam pembakaran menghasilkan unsur oksigen

Dalam pembakaran, untuk mencapai kondisi pembakaran sempurna sangatlah sulit, oleh karena itu dalam setiap pembakaran selalu ditambahkan O₂ supaya pembakaran yang terjadi bukanlah pembakaran tak sempurna. Kelebihan udara pembakaran dapat diketahui besarnya dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Udara excess} = \frac{x - x_{stioc}}{x_{stioc}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dimana , x = ratio udara bahan bakar pembakaran dengan udara berlebih.

x_{stioc} = ratio udara bahan bakar pembakaran sempurna.

7) Nilai Kalor

Nilai kalor suatu bahan bakar adalah energi yang dibebaskan tiap jumlah satuan bahan bakar ketika bahan yang mudah terbakar tersebut terbakar dan produk pembakaran didinginkan kembali ke temperatur awal bahan yang terbakar tersebut. Setiap jenis bahan bakar harus diketahui apakah bahan bakar tersebut mempunyai nilai kalor yang tinggi. Semakin tinggi nilai kalor yang dikandung suatu bahan bakar semakin baik bahan bakar tersebut digunakan untuk proses 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 suhu standar dan produknya didinginkan ke dalam suhu yang sama dalam sistem aliran untuk adiabatik tanpa kerja.

Tabel 1. Nilai Kalor Beberapa Bahan Bakar

No	Bahan bakar	Nilai kalor (kal/gr)
1	Kayu kering mutlak	4490,303
2	Batu bara muda	1886,883
3	Batu bara	6998,185
4	Arang kayu	7045,954
5	Minyak bumi mentah	10079,297
6	Bahan bakar minyak	10222,605
7	Gas alam	9721,028

Sumber : Wegner, 1998

Bomb kalorimeter ini dapat langsung mengukur nilai kalor tertinggi karena mencakup panas laten uap yang terbentuk oleh pembakaran hidrogen yang ada. Air yang terbentuk dari air bawaan bahan bakar masih berwujud air pada temperatur dalam kalorimeter. Nilai kalor rendah (LHV) dapat dihitung dengan mengurangi nilai bakar atas dengan panas penguapan laten yang ada dalam pembakaran.

8) Analisis Ultimasi

Analisis ultimasi adalah suatu analisis laboratorium yang memuat fraksi massa karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O₂), sulfur (S), dan nitrogen (N₂). Nilai pembakaran kalor tinggi (HHV) dapat ditaksir dengan menggunakan rumus Dulong sebagai berikut :

$$HHV = 33.950 C + 144.200 \left(H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 9.400 S \quad (\text{kJ/kg BB}) \dots\dots\dots (2)$$

- Dimana :
- HHV = Nilai Kalor Tinggi (kJ/kg BB)
 - C = Fraksi massa karbon
 - O₂ = Fraksi massa oksigen
 - H₂ = Fraksi massa hidrogen
 - S = Fraksi massa belerang

Dalam mendapatkan nilai kalor yang terdapat pada briket bioarang ini, penulis menggunakan metode pengujian dengan Bomb Kalorimeter yang terdapat pada Laboratorium Peternakan, UNDIP Semarang.

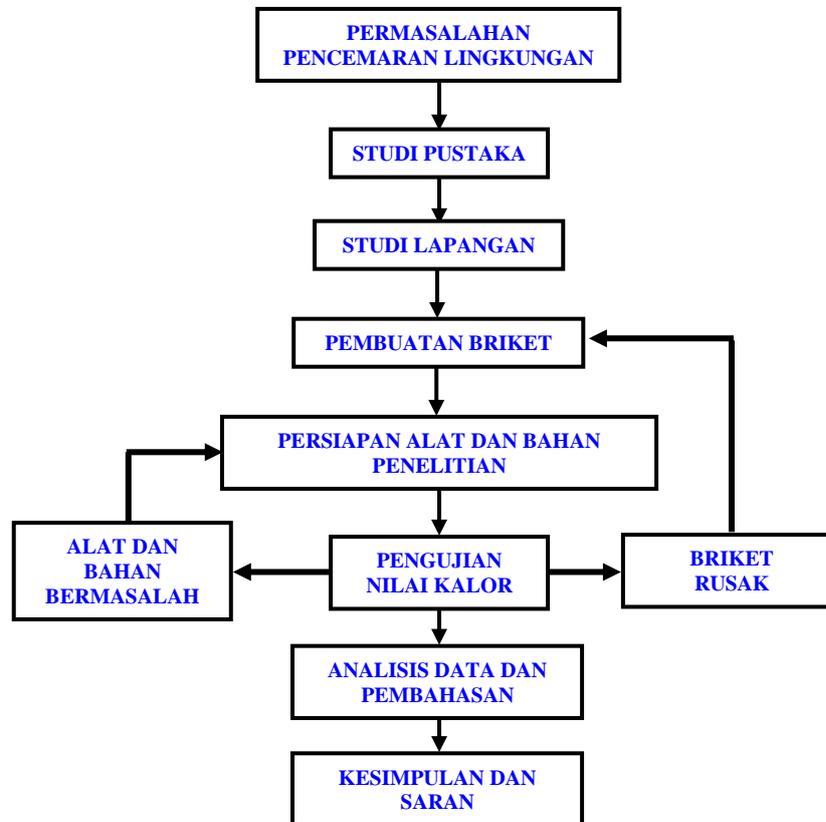
METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bersifat experimental-laboratris. Penelitian diujikan di laboratorium dengan membuat briket bioarang yang berasal dari campuran sisa pembakaran bahan bakar pabrik gula dan perekat dalam berbagai variasi komposisi guna mendapatkan nilai kalor yang maksimum. Adapun prosedur penelitian dapat ditunjukkan pada Diagram Alir Penelitian seperti pada Gambar 5.

Peralatan Penelitian

Peralatan pengujian yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :Wadah sisa pembakaran, Wadah tanah lempung, Wadah untuk mencampur bahan pembuatan briket, Sebuah mal cetakan dari besi yang berbentuk silinder, Hidraulik

Press, Ember untuk wadah air, Timbangan digital, Oven, Vessel bomb calorimeter, Reaktor bomb calorimeter, Thermometer dan Power supply.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : Abu ketel sisa pembakaran, Air, Limbah jarak pagar, Giserin, Gas oksigen.

Tahapan Penelitian

Melakukan pemilihan terhadap sisa pembakaran bahan bakar pada boiler pabrik gula. Sisa pembakaran bahan bakar ini dibersihkan dari campuran-campuran material lainnya misalnya ampas tebu yang tercampur dengan abu sisa pembakaran boiler.

1) Pembuatan Briket Bioarang dengan Perekat Lempung

1. Bahan yang pertama berupa sisa pembakaran dicampurkan limbah jarak dengan komposisi 90 % abu sisa pembakaran pada boiler + 10 % tanah lempung,

ditambahkan air secukupnya agar memudahkan dalam pencampuran. Berat 900 gram dan komposisi limbah jarak 100 gram.

2. Mencetak bahan yang telah tercampur menjadi briket dengan menggunakan cetak *hydraulic press* dengan bertekanan 5 KN.
3. Briket sisa pembakaran dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 3 jam.
4. Mengulangi langkah pertama sampai langkah ke-tiga dengan menggunakan variabel komposisi 80% abu sisa pembakaran pada boiler + 20 % limbah jarak, 70 % abu sisa pembakaran pada boiler + 30 % limbah jarak, 60 % abu sisa pembakaran pada boiler + 40 % limbah jarak dan 50 % abu sisa pembakaran pada boiler + 50 % limbah jarak.

2) Pembuatan Briket Bioarang dengan Gliserin

1. Bahan yang pertama berupa sisa pembakaran dicampurkan gliserin dengan komposisi 90 % abu sisa pembakaran pada boiler + 10 % gliserin, Berat total abu ketel + gliserin adalah 1 kg. Sehingga komposisi abu adalah 900 gram dan komposisi gliserin 100 gram.
2. Mencetak bahan yang telah tercampur menjadi briket dengan menggunakan cetak *hydraulic press* dengan bertekanan 5 KN.
3. Briket sisa pembakaran dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 3 jam.
4. Mengulangi langkah pertama sampai langkah ke-tiga dengan menggunakan variabel komposisi 80% abu sisa pembakaran pada boiler + 20 % gliserin, 70 % abu sisa pembakaran pada boiler + 30 % gliserin, 60 % abu sisa pembakaran pada boiler + 40 % gliserin dan 50 % abu sisa pembakaran pada boiler + 50 % gliserin.
5. Pengepressan menggunakan alat press hidrolik dari Laboratorium Fisika FT UNIMUS. Tiap sampel yang sudah jadi nantinya akan diuji nilai kalornya, Dan dari hasil pengujian tersebut, didapatkan komposisi percampuran mana yang memiliki nilai kalor yang paling tinggi.

3) Tahap Pengujian

Pengujian nilai kalor briket bioarang dari sisa pembakaran bahan bakar pada pabrik gula yang berupa partikel-partikel debu ini dilakukan dengan menggunakan Bomb Kalorimeter, dihitung berdasarkan jumlah kalor yang dilepas sama dengan jumlah kalor yang diserap. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Peternakan, UNDIP Semarang.



Gambar 6. Briket Bioarang

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan berbagai macam variasi dari komposisi bahan agar didapatkan nilai kalor yang paling tinggi dari berbagai macam variasi komposisi susunan bahan tersebut. Variasi berat masing-masing sampel adalah seperti pada Tabel 2 dan 3.

Sisa pembakaran bahan bakar pada pabrik gula berupa partikel-partikel debu yang sangat banyak sekali dikhawatirkan akan berpengaruh membawa dampak negatif bagi warga masyarakat sekitar. Apabila nilai kalor briket bioarang ini memenuhi standar sebagai bahan bakar alternatif, masyarakat dapat menggunakan briket bioarang ini untuk kebutuhan sehari-hari. Sisa pembakaran bahan bakar pada saat proses pencampuran dengan limbah jarak dan gliserin, dapat membentuk tekstur yang padat, sehingga setelah dicetak menjadi bongkahan briket tidak mudah rusak.

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium di Undip Semarang, nilai kalor rata-rata variasi 50% SBB - 50% LJ dihasilkan 3383 kkal/kg. Pada variasi 60% SBB – 40% dihasilkan nilai kalor rata-rata 2971 kkal/kg, variasi 70% SBB – 30% LJ dihasilkan nilai kalor rata-rata 2858 kkal/kg, variasi 80 % SBB – 20% LJ dihasilkan 22728 kkal/kg dan variasi 90% SBB – 10% LJ dihasilkan nilai kalor rata-rata 2641 kkal/kg.

**Tabel 2. Persentase Berat Sisa Pembakaran Bahan Bakar
Pabrik Gula Dengan Limbah Jarak**

No	Persentase (%)		Berat (gram)		Berat total (gram)
	Sisa pembakaran bahan bakar	Tanah lempung	Sisa pembakaran bahan bakar	Limbah jarak	
1	50	50	500	500	1000
2	60	40	600	400	1000
3	70	30	700	300	1000
4	80	20	800	200	1000
5	90	10	900	100	1000

**Tabel 3. Persentase Berat Sisa Pembakaran Bahan Bakar
Pabrik Gula Dengan Gliserin**

No	Persentase (%)		Berat (gram)		Berat total (gram)
	Sisa pembakaran bahan bakar	Pati Kanji	Sisa pembakaran bahan bakar	Gliserin	
1	50	50	500	500	1000
2	60	40	600	400	1000
3	70	30	700	300	1000
4	80	20	800	200	1000
5	90	10	900	100	1000

REFERENSI

George. T, Austin, 1996, Industri Proses Kimia. Jakarta, Percetakan Erlangga.

Hinrichs, Roger, 2006, Energy : Its Use and the Environment, Amerika, Thomson.

Indriastuti. D.S, Mei, 2006. Analisa Nilai Kalor Briket Bioarang dari Campuran Sampah Organik, Serbuk Gergaji dan Campuran Sampah Organik, Sekam Padi dalam

upaya Mendapatkan Bahan Bakar Alternatif. Semarang, Politeknik Negeri Semarang.

Kadir dan Abdul, 1995, Energi : Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi, Jakarta, Penerbit Universitas Indonesia.

Pudjanarsa dan Nurshuhud, 2006, Mesin Konversi Energi, Penerbit ANDI, Yogyakarta.

Rahman Hakim dan Arief, 2007, Pengembangan Energi Alternatif: Pelajaran Dari Kuba.

Sastrawijaya, A.T, 2000, Pencemaran Lingkungan. Jakarta, Rineka Cipta.

Seran, Bioarang Untuk Memasak, Penerbit Liberty, Yogyakarta.

Widayati dan Woro, 2001, Analisis Nilai Kalor Briket Arang Tempurung Kelapa sebagai Sumber Bahan Bakar Alternatif Semarang, Politeknik Negeri Semarang.