

PEMBUATAN BRIKET DARI SERBUK KAYU GERGAJI DAN OLI BEKAS

Suratmin Utomo

Jurusan Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Jakarta

utomosuratmin@yahoo.co.id

ABSTRAK

Kebijakan pemerintah tentang penggunaan bahan bakar gas bagi masyarakat yang tingkat sosial bawah akan menimbulkan masalah diantaranya factor daya beli, rasa takut bahaya ledakan tabung gas dan teknis distribusi yang kadang-kadang terjadi kelangkaan sedangkan harga bahan bakar minyak mahal (non subsidi), sehingga perlu dicari bahan bakar alternatif. Salah satu bahan bakar alternatif adalah briket, dapat disediakan atau dibuat dengan mudah dengan memanfaatkan limbah industri pengolahan kayu berupa serbuk kayu gergaji dan oli bekas. Masyarakat dapat melakukan proses pembuatan briket jenis ini sehingga selain mendapatkan bahan bakar juga bisa dijadikan bahan komoditas dan meningkatkan pendapatan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan bagi masyarakat. Pembuatan briket dengan metode pirolisis (karbonisasi) yaitu: serbuk kayu gergaji kering dicampur dengan oli bekas kemudian ditambahkan tanah liat. Variabel proses adalah komposisi campuran dan temperatur pengeringan. Spesifikasi briket yang dihasilkan melalui proses ini memiliki nilai kalor 11.064,26 Btu lb⁻¹, kada abu 10,45% dan kadar air 6,18% dengan komposisi bahan serbuk arang 60%, oli bekas 30% dan tanah liat 10%, sedangkan temperature pengeringan optimum 80°C dalam waktu 1 jam.

Kata kunci: briket; serbuk; gergaji; oli bekas; pirolisis

PENDAHULUAN

Pengalihan penggunaan bahan bakar gas (elpiji) membuat sebagian masyarakat mengalami ketakutan akibat terjadinya beberapa ledakan tabung gas. Mengubah kebiasaan masyarakat yang semula menggunakan bahan bakar minyak dan kayu yang sudah berlangsung turun temurun bukanlah hal yang mudah. Namun hal ini harus dilakukan mengingat kebijakan pemerintah tentang harga minyak tanpa subsidi, sementara itu bahan bakar kayu kian sulit untuk didaparkannya karena banyak beralihnya fungsi lahan tanaman pohon beralih menjadi pemukiman dan kawasan industri. Hal ini perlu diberikan solusi, dengan memberikan bahan bakar yang mudah didapat, terjangkau harganya dan tidak beresiko, terutama masyarakat yang merasa takut menggunakan bahan bakar gas.

Briket merupakan salah satu bahan alternatif yang mampu menggantikan bahan bakar, khususnya bagi masyarakat pedesaan sebagai bahan bakar domestik maupun industri skala rumah tangga pengguna bahan bakar. Salah satu bahan pembuat briket adalah limbah dari industri pengolahan kayu berupa serbuk gergaji dan limbah otomotif (permesinan) berupa oli bekas sebagai bahan pencampur. Kedua bahan tersebut mudah didapat di berbagai wilayah Indonesia dan proses pembuatannya dengan teknologi yang sederhana.

Dengan dihasilkannya briket dari serbuk kayu ini dapat diperoleh beberapa manfaat antara lain: membantu mengatasi masalah limbah dari industri kayu dan permesinan, masyarakat dapat memperoleh bahan bakar yang mudah didapat dan tidak beresiko khususnya masyarakat pedesaan. Adapun beberapa masalah dalam proses pembuatan briket dengan bahan baku serbuk kayu gergaji dan oli bekas antara lain: berapa komposisi bahan baku yang digunakan dan kondisi proses berupa temperatur pengeringan serta tingkat kepadatan briket yang ditentukan oleh tekanan pengepresan bahan produk.

Proses pembuatan briket sangat mudah sehingga masyarakat bisa melakukan sendiri dan mendapatkan beberapa manfaat antara lain: memberikan kemudahan masyarakat dalam mendapatkan bahan bakar alternatif, sebagai informasi kepada masyarakat atas manfaat serbuk kayu gergaji dan oli bekas, dapat dijadikan/diproses menjadi barang yang mempunyai nilai tambah (komoditas), mengurangi dampak pencemaran limbah industri pengolahan kayu dan oli bekas, sebagai pengembangan ilmu pengetahuan terutama di bidang pembuatan briket dari serbuk kayu gergaji.

TINJAUAN PUSTAKA

Serbuk kayu gergaji.

Dalam industri penggergajian kayu, serbuk gergaji merupakan limbah belum dimanfaatkan secara maksimal. Dari hasil penelitian W.T. Kartono (1992) dalam Andrias dkk (1996) menyatakan bahwa rata-rata limbah yang dihasilkan dari industri penggergajian kayu adalah 49,15% dengan rincian: serbuk kayu gergaji 8,46%; sadetan 24,41% dan potongan-potongan kayu 16,28%. Ukuran partikel serbuk kayu gergaji berkisar 8 – 40 mesh (Departemen Kehutanan, 1992) dan kandungan unsur-unsur kimia pada umumnya sama dengan kayu asal serbuk tersebut, dimana karbon merupakan unsur yang dominan seperti tampak pada tabel berikut.

Tabel 1: Komposisi unsur-unsur pada kayu

Unsur	% berat kering
Karbon	49
Hidrogen	6
Oksigen	44
Nitrogen	Sedikit
Abu	0,1

Jika dibandingkan dengan bahan bakar lainnya kayu memiliki nilai kalor yang relatif rendah yaitu kayu bakar (4.000 k.cal/kg), arang (8.000 k.cal/kg), minyak tanah (11.000 k.cal/kg), gas elpiji /LPG (11.900 k.cal/kg).

Oli (minyak pelumas)

Oli atau minyak pelumas adalah cairan kental yang berfungsi mencegah gesekan dan keausan permukaan di antara dua benda padat (pada umumnya logam) yang saling bersentuhan dan berinteraksi dalam pergerakan seperti antar komponen mesin, agar mesin berjalan mulus dan bebas gangguan sekaligus sebagai pendingin dan penyekat. Molekul minyak pelumas termasuk dalam golongan hidrokarbon alifatik dengan rantai karbon berada di antara C_{16} sampai C_{20} berwujud cair kental atau setengah padat (termasuk gemuk dan Vaseline). Sumber perolehan minyak pelumas adalah minyak mentah, merupakan campuran dari berbagai macam senyawa hidrokarbon dari yang ringan sampai berat. Proses distilasi minyak mentah adalah pemisahan komponen-komponen berdasarkan titik didih dalam derajat Celcius.

Tabel 2. Titik didih dan hasil distilasi minyak mentah

Titik didih, °C	Jenis minyak	Kegunaan
40 – 70	Minyak ester	Pelarut
60 – 100	Minyak ringan	Bahan bakar mobil
100 – 150	Minyak berat	Bahan bakar mobil
120 – 150	Minyak tanah ringan	Pelarut dan bahan bakar untuk rumah tangga
150 – 300	Kerosene	Bahan bakar mesin jet
250 – 350	minyak gas	Minyak diesel/pemanas
>300	Minyak pelumas	Minyak mesin
	Sisa	Tar, aspal, bahan baker residu

Oli sesuai dengan fungsinya mempunyai beberapa sifat antara lain: lubricant, coolant (pendingin), sealant (pelapis/film). Selain itu oli mesin juga berfungsi sebagai perapat untuk mencegah kemungkinan kehilangan tenaga. Sebab jika celah antara piston dan dinding silinder semakin membesar maka akan terjadi kebocoran kompresi.

Oli bekas

Oli bekas merupakan limbah dari berbagai aktivitas seperti industri, pertambangan, dan usaha perbengkelan auto motif. Ditinjau dari komposisi partikel makro hampir tidak berbeda dengan oli baru ada beberapa partikel tambahan karena pada oli bekas terkandung sejumlah sisa hasil

pembakaran yang bersifat asam dan korosif, deposit, dan logam berat yang bersifat karsinogenik. Kontaminasi terjadi dengan adanya benda-benda asing atau partikel pencemar dalam oli tergantung dari penggunaan sebelumnya seperti: keausan elemen (tembaga, besi, chrominium, aluminium, timah, molybdenum, silikon, nikel atau magnesium); kotoran (masuk kedalam oli melalui embusan udara lewat sela-sela ring dan melalui sela lapisan oli tipis kemudian merambat menuruni dinding selinder); jelaga (timbul dari bahan bakar yang tidak habis); bahan bakar; air (produk samping pembakaran); ethylene glycol; belelang/asam. Oli bekas termasuk dalam limbah B3 yang mudah terbakar sehingga bila tidak ditangani secara tepat akan membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan serta menambah pencemaran.

Pembuatan briket kayu

Briket dari kayu dapat dibuat dengan mencampurkan serbuk kayu dengan bahan-bahan lain seperti serbuk arang dan oli atau oli bekas. Oli bekas berfungsi sebagai perekat dan tidak mengurangi nilai kalor kayu karena oli juga memiliki nilai kalor yang relative lebih tinggi dari nilai kalor kayu. Proses pembuatan briket ini melalui tahapan sebagai berikut: serbuk kayu dikeringkan untuk mengurangi kadar air kemudian dicampur dengan oli bekas dan diaduk sampai bercampur merata (homogen). Campuran kemudian dicetak dengan menggunakan mesin pres bertekanan dan hasil cetakan dikeringkan pada suhu tertentu, maka diperolehlah briket kayu kering yang siap pakai. Kualitas briket kayu yang terbuat dari serbuk kayu dan oli bekas dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: kepadatan, lama pengeringan, komposisi campuran antara serbuk kayu dengan oli bekas, temperatur pengeringan.

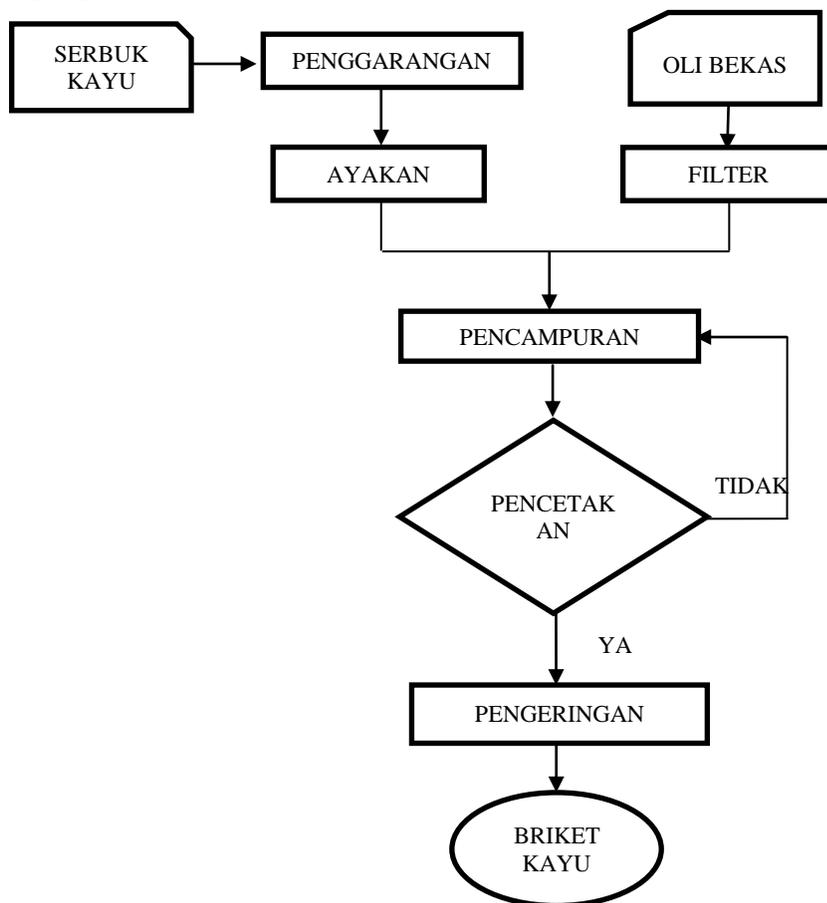
Tingkat kepadatan ditentukan oleh tingginya tekanan pada saat proses pencetakan dan berpengaruh juga terhadap densitasnya. Makin besar nilai densitas, makin besar tingkat kepadatannya artinya setiap dalam satu satuan volume suatu bahan yang memiliki nilai densitas lebih tinggi maka akan memiliki jumlah partikel bahan yang lebih banyak dibandingkan dengan bahan yang memiliki nilai densitas yang lebih rendah. Dengan demikian makin tinggi nilai densitas briket makin tinggi nilai kalornya. Sedangkan pengeringan bertujuan mengeluarkan inert berupa gas atau zat-zat yang memiliki tingkat volatilitas tinggi. Keberadaan zat-zat tersebut di dalam badan briket akan menyepap kalor dari briket apabila dibakar, hal ini akan mengurangi nilai kalor yang ke luar dari hasil pembakaran briket. Pengeringan pada temperatur tertentu dan lama akan berpengaruh terhadap nilai kalor dari briket hal dikarenakan makin lama waktu pengeringan maka zat-zat inert makin banyak lepas dari briket.

Faktor lain adalah komposisi serbuk kayu dan oli bekas. Kayu memiliki nilai kalor relatif lebih rendah dibandingkan oli namun karena bentuk briket padat, maka tidak mungkin bisa terbentuk briket dengan komposisi oli sebanyak-banyaknya. Dalam upaya pembentukan briket tetap diupayakan dalam bentuk padatan namun memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dari pada nilai kalor kayu. Dengan demikian komposisi briket yaitu serbuk kayu dan oli bekas memiliki komposisi yang memberikan nilai kalor terbaik. Pengeringan pada temperatur kamar sangat sedikit zat inert yang dapat dibebaskan maka pengeringan dilakukan pada temperatur di atas temperatur kamar tetapi dijaga di bawah titik nyala. Dengan demikian, maka dari uraian di atas dapat diduga bahwa hubungan antara komposisi bahan dan temperatur pengeringan terhadap kualitas briket dapat dijelaskan *“makin tinggi komposisi oli bekas terhadap serbuk kayu bergaji, maka kualitas briket makin baik, begitu pula makin tinggi temperature pengeringan maka makin baik kualitas briket”*.

METODOLOGI

Metode yang digunakan adalah pirolisis (karbonisasi) dengan proses sebagai berikut: serbuk kayu gergaji kering dilakukan pengurangan kemudian diayak 30 mesh untuk mendapatkan ukuran partikel yang sama kemudian serbuk dicampur dengan oli bekas yang telah dibersihkan dari kotoran lain dan diaduk-aduk sampai campuran homogen. Campuran yang homogen dicetak sesuai ukuran yang kehendaki dengan menggunakan cetakan dengan sistem pengepresan. Briket yang telah terbentuk kemudian dikeringkan dalam oven. Variabel proses adalah komposisi bahan dan temperatur pengeringan sebagai variabel bebas dan nilai kalor sebagai variabel terikat. Briket yang telah terbentuk dilakukan pengujian terhadap parameter nilai kalor, kadar abu, kadar air dengan

menggunakan metode ASTM. Secara sederhana proses pembuatan briket dari serbuk kayu gergaji tampak pada blok diagram berikut.



Gambar 1: Blok diagram pembuatan briket kayu.

Hasil penelitian dan pembahasan

Tabel 3. Pengaruh Komposisi Terhadap Nilai Kalori, Kadar Abu, dan Kadar Air, temperatur pengeringan 70°C dalam waktu 1 jam

No Sample	Komposisi Arang (%)	Komposisi Oli bekas (%)	Komposisi Tanah liat (%)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Nilai Kalori (BTU/lb)
1	80	10	10	6.89	11.50	9166,22
2	75	15	10	6.61	10.66	9971,06
3	70	20	10	6.49	10.64	10144,95
4	65	25	10	6.24	10.56	10503,95
5	60	30	10	6.18	10.45	11064,26

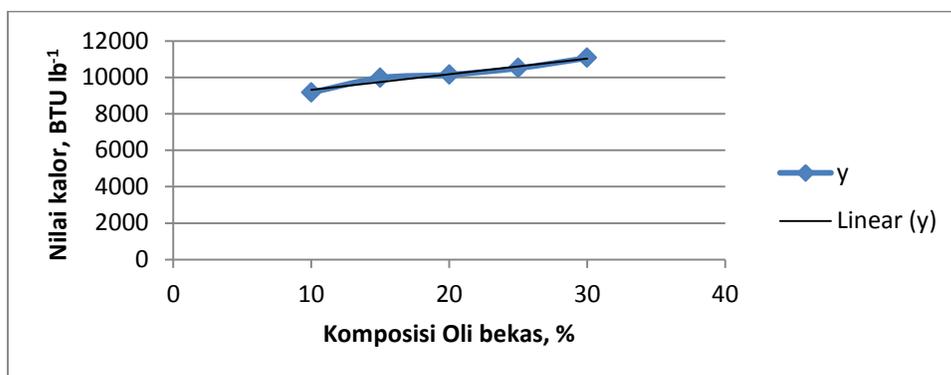
• Nilai kalor Oli bekas = 19467,19 BTU lb⁻¹.

Tabel 4. Pengaruh Temperatur pengeringan terhadap Nilai Kalori, Kadar Abu, dan Kadar Air, dengan komposisi 60% serbuk dan 30% oli bekas dengan waktu pengeringan 1 jam

No. sampel	Suhu, ° C	Nilai Kalor, BTU/lb	Kadar abu, %	Kadar air, %
01	60	9450,74	10,78	6,69
02	70	9638,80	10,64	6,56
03	80	9783,09	10,40	6,45
04	90	9745,57	10,27	6,38
05	100	9706,20	10,10	6,26

Pengaruh Komposisi terhadap Nilai kalori, Kadar abu dan Kadar air.

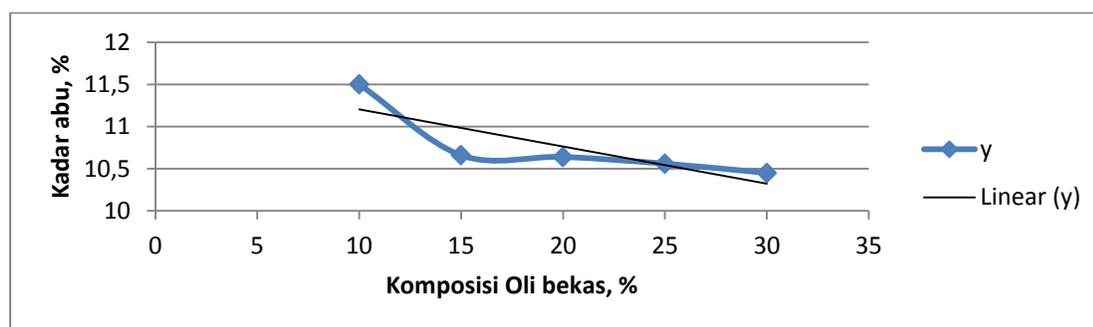
Dari tabel 3. menunjukkan pengaruh komposisi terhadap Nilai Kalor, dapat dalam bentuk grafik berikut.



Gambar 2: Grafik hubungan antara komposisi oli bekas terhadap Nilai kalor.

Dari grafik pada di atas dapat dijelaskan bahwa makin tinggi komposisi oli bekas dalam briket maka makin tinggi pula nilai kalor dari briket tersebut. Kenaikan secara linier, sampai komposisi 30% oli bekas, hal ini bisa dipahami bahwa nilai kalor oli bekas adalah 19467,19 BTU lb⁻¹ tetapi jika komposisi oli bekas dinaikkan maka tekstur dari briket menjadi lembek dan sulit untuk dicetak. Hubungan antara komposisi oli bekas (x) terhadap nilai kalor (y) dapat dijelaskan pada persamaan $y = 86,57x + 8438$, hal ini menunjukkan bahwa setiap kenaikan komposisi briket maka nilai kalor briket akan bertambah sebesar 86,57 kali besarnya komposisi oli bekas dalam briket.

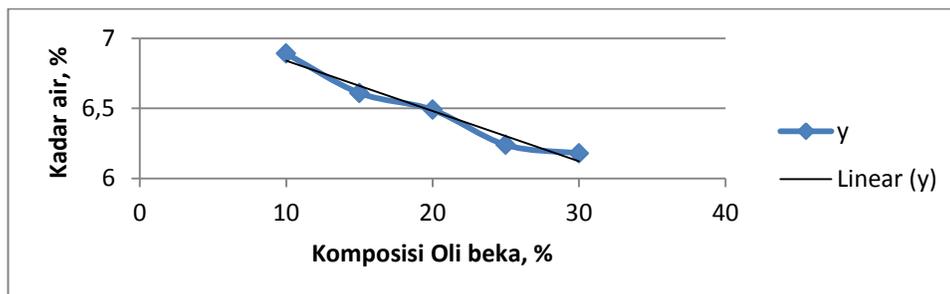
Selain nilai kalor, dari briket didapatkan juga parameter nilai kadar abu sebagaimana data pada table 3. Adapaun hubungan antara komposisi oli bekas terhadap kadar abu dapat diplot pada gambar berikut.



Gambar 3: Grafik hubungan antara komposisi oli bekas terhadap Kadar abu.

Grafik di atas memperlihatkan bahwa makin tinggi komposisi oli bekas dalam briket makin sedikit kadar abu dari briket tersebut. Hal ini dapat di pahami bahwa pada pembakaran oli tidak meninggalkan abu (zat padat), dengan demikian abu yang terdapat di dalam briket adalah abu yang berasal dari serbuk kayu.

Sedangkan kadar air dalam briket merupakan salah satu parameter yang juga dipengaruhi oleh komposisi oli bekas ditunjukkan pada gambar berikut.

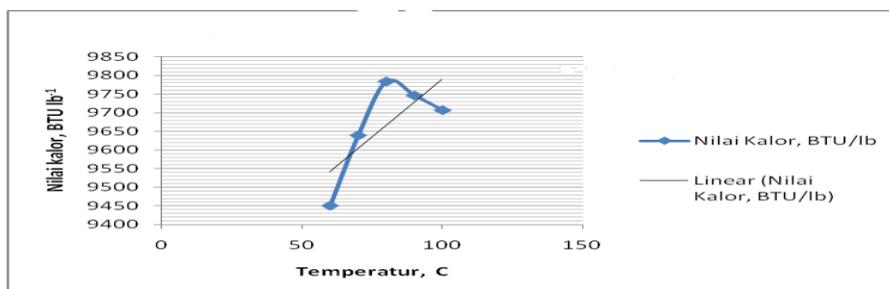


Gambar 4: Grafik hubungan antara komposisi oli bekas terhadap Kadar air.

Dari grafik di atas tampak bahwa makin tinggi komposisi oli bekas maka makin kecil kadar air di dalam briket hal ini menunjukkan bahwa kandungan air di dalam briket berasal dari serbuk kayu. Adapun hubungan antara komposisi oli bekas terhadap kadar air dijelaskan pada persamaan $y = -0,035x + 7,198$ menunjukkan bahwa semakin tinggi komposisi oli bekas dalam briket maka kadar air akan berkurang sebanyak 0,35 kali komposisi oli bekas dari 7,198.

Pengaruh temperatur pengeringan terhadap Nilai kalori, Kadar abu dan Kadar air.

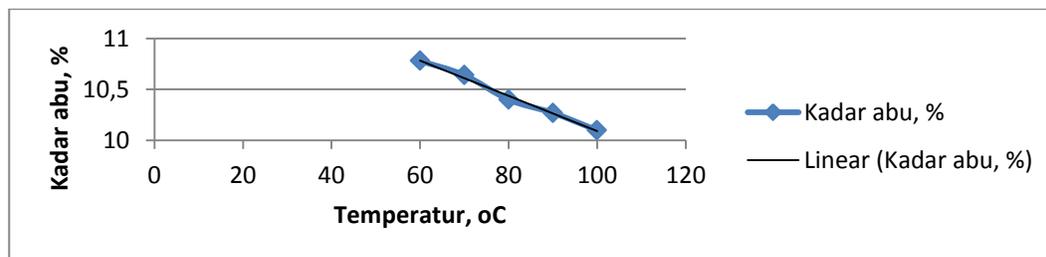
Dari tabel 4. hubungan antara variabel temperatur terhadap nilai kalor dalam bentuk grafik berikut.



Gambar 5: Grafik hubungan antara temperatur pengeringan terhadap Nilai kalor.

Gambar di atas menunjukkan bahwa makin tinggi temperatur pengeringan dari temperatur 60, 70 dan 80°C ada kecenderungan nilai kalori naik. Namun setelah melewati temperatur 80°C nilai kalori cenderung menurun atau berkurang, hal dapat diduga bahwa pada suhu di atas 80°C terjadi pengabuan terhadap bahan serbuk yang telah diarsangkan tersebut dan membentuk inert di dalam briket dan menyerap sebagian kalor hasil pembakaran briket sehingga keluaran kalor hasil pembakaran menjadi berkurang. Hubungan antara variabel temperatur pengeringan (x) terhadap nilai kalori (y) diperlihatkan pada persamaan, $y = 6,176 x + 9170$. Dari persamaan dapat dijelaskan bahwa peningkatan nilai kalori dari 9170 BTU lb⁻¹ sebesar 6,176 kali komposisi oli bekas. Namun kenaikan ini berhenti pada temperatur 80°C sebagaimana telah dijelaskan di atas. Dengan demikian suhu optimum terjadi pada 80°C.

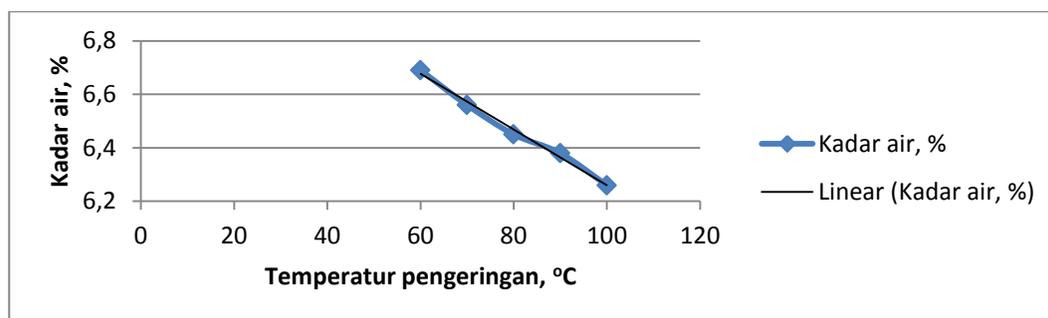
Seperti halnya pengaruh temperatur pengeringan terhadap kadar abu maka dari tabel 4 juga dapat di hubungan antara temperatur pengeringan terhadap kadar abu berikut.



Gambar 6: Grafik hubungan antara temperatur pengeringan terhadap Kadar abu.

Gambar di atas menunjukkan bahwa makin tinggi temperatur pengeringan maka makin rendah kadar abu di dalam briket, hal ini dapat dijelaskan bahwa pengeringan pada temperatur 100°C briket yang dihasilkan memiliki kadar air paling sedikit jika dibandingkan terhadap briket hasil pengeringan pada temperatur kurang dari 100°C. Hubungan antara variabel temperatur pengeringan (x) terhadap kadar abu (y) diperlihatkan pada persamaan, $y = -0,017 + 11,82$. Dari persamaan ini dapat dijelaskan bahwa terjadi penurunan kadar abu sebesar 0,017 kali temperatur pengeringan terhadap 11,82 %.

Untuk pengaruh temperatur pengeringan terhadap kadar air, maka dari tabel 4 data juga di plot hubungan antara temperatur pengeringan terhadap kadar air dalam briket sebagai berikut.



Gambar 7: Grafik hubungan antara temperatur pengeringan terhadap kadar air.

Grafik di atas menunjukkan bahwa makin tinggi temperatur pengeringan maka makin rendah kadar air di dalam briket, hal ini dapat dijelaskan bahwa pengeringan pada temperatur 100°C briket yang dihasilkan memiliki kadar air paling sedikit jika dibandingkan terhadap briket hasil pengeringan pada temperatur kurang dari 100°C. Hubungan antara variabel temperatur pengeringan (x) terhadap kadar abu (y) diperlihatkan pada persamaan, $y = -0,010 x + 7,3$. Dari persamaan ini dapat dijelaskan bahwa terjadi penurunan kadar sebesar 0,010 kali temperatur pengeringan terhadap 7,3%.

Hasil analisa dari data-data percobaan di atas menunjukkan bahwa komposisi bahan untuk membuat briket yang terbaik adalah, serbuk arang : oli bekas : tanah liat = 60% : 30% : 10%, dengan temperatur pengeringan 70°C selama 1 jam menghasilkan briket dengan nilai kalor 11.064,26 Btu lb⁻¹ dengan kadar abu dan kadar air masing-masing 10,45% dan 6,18%. Sedangkan pada percobaan dengan variabel temperatur pengeringan diperoleh nilai kalori tertinggi 9.783,09 Btu lb⁻¹ pada temperatur pengeringan 80°C dengan kadar abu 10,495% dan kadar air 6,45%.

Spesifikasi persyaratan mutu briket arang kayu menurut SNI 01-6235-2000 menyatakan sebagai tabel berikut,

Tabel 5: Spesifikasi persyaratan mutu briket arang kayu, SNI 01-6235-2000

No	Jenis uji	Satuan	Persyaratan
1	Kadar air b/b	%	Maksimum 8
2	Bagian yang hilang pada pemanasan 90°C	%	Maksimum 15
3	Kadar abu	%	Maksimum 8
4	Kalori	Kal/gr	Minimum 5000

Dari spesifikasi mutu briket tampak bahwa nilai kalori minimum 5000 kal gram⁻¹ atau sama dengan 8.994,37 Btu lb⁻¹, sedangkan nilai kalori hasil percobaan adalah 9.783,09 Btu lb⁻¹ pada variabel temperatur dan 11.064,26 Btu lb⁻¹ pada variabel komposisi bahan pembuat briket. Hal menunjukkan bahwa nilai kalori briket hasil penelitian dapat memenuhi spesifikasi mutu briket.

Dilihat nilai kalori kayu 4.000 kal gram⁻¹ (= 7.195,5 Btu lb⁻¹) dan nilai kalori arang 8.000 kal gram⁻¹ (14.390,98 Btu lb⁻¹), maka dapat ditunjukkan tabel komparasi nilai kalor bahan komponen briket, briket hasil penelitian terhadap persyaratan mutu briket menurut SNI sebagai berikut.

Tabel 6: Perbandingan nilai kalor dalam BTU lb⁻¹ bahan komponen briket dan briket hasil percobaan terhadap persyaratan mutu briket.

Bahan	Kayu	Arang	Oli bekas	Persyaratan mutu brket	Briket hasil percobaan
Nilai kalori, Btu lb ⁻¹	7.195,5	14.390,98	19.467,19	8.994,37	9.783,09 v.t 11.064,26 v.k

*v.t : variable temperatur; v.k: variable komposisi

Tampak pada tabel bahwa nilai kalori hasil percobaan di atas persyaratan mutu briket, namun di bawah nilai kalori bahan komponen pembentuknya. Hal dimungkinkan karena beberapa faktor diantaranya: pengarangan serbuk gergaji kayu yang kurang baik, tekstur briket kurang sempurna (tekanan saat pencetakan tidak stabil).

KESIMPULAN

Limbah serbuk kayu gergaji dan oli bekas merupakan salah satu bahan untuk pembuatan energi alternatif dalam bentuk briket, sehingga dapat membantu mengurangi beban pencemaran lingkungan. Briket hasil penelitian memiliki nilai kalori 11.064,26 Btu lb⁻¹ atau 56,835% dari oli bekas (nilai kalor oli bekas= 19467,19 BTU lb⁻¹) pada komposisi serbuk arang 60%, oli bekas 30% dan tanah liat 10%, dengan temperatur pengeringan 70°C selama 1 jam. Nilai kalori briket hasil penelitian ini di atas persyaratan mutu briket (8.994,37 BTU lb⁻¹) sehingga secara teknis pembuatan briket dari bahan ini layak untuk dikembangkan. Pada penelitian ini belum bisa mencapai tekstur briket yang baik, karena proses pembentukan menggunakan cetakan secara manual dengan tekanan tidak terukur, sehingga nilai kalor yang didapat terasa belum maksimal namun secara teknis produk briket ini bisa dimanfaatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM,(1982), “*Annual book of ASTMStandarads*”,part 30, Easton, MD. USA, Philadelphia.
- Budi Winarni, (1999), “*Pembuatan briket dan briket arang dari serbuk gergaji kayu jati dan kayu pinus serta pengaruhnya pada pembakaran terhadap pencemaran udara*” (tesis) UGM, Yogyakarta.
- Cosidine, D.M., and Considine, Glenn, D. (1973), “*Encyclopedia of Chemistry*”, Fourth Edition, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Culp, Archie W. (1991): “*Prinsip-Prinsip Konversi Energi*”, Editor Penerjemah Darwin Sitompul, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Departemen Kehutanan, (1991), “*Industri Kehutanan di Indonesia*”, Jakarta.
- M. Lobo Balla, “*Briket Batubara*” Puslitbang Teknologi Mineral dann Batubara Depatemen Energi dan Sumber Daya Mineral, lobo@tekmira.esdm.go.id
- Moh. Nasir, (1999), “*Metode Penelitian*”. Cetakan keempat, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Sutisya Iadha, dkk.,(2010), ” *MAKALAH PENGELOLAAN B3 (TL-3204) EVALUASI PENGELOLAAN OLI BEKAS SEBAGAI LIMBAH B3*”, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG.
- <http://apriphysics.blogspot.com/2008/03/pemanfaatan-oli-bekas-sebagai-bahan.html>