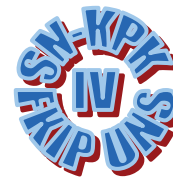


MAKALAH PENDAMPING : PARALEL A



SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA IV
"Peran Riset dan Pembelajaran Kimia dalam Peningkatan Kompetensi
Professional"
Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS
Surakarta, 31 Maret 2012



PEMBUATAN BRIKET ARANG DARI LIMBAH ORGANIK DENGAN MENGGUNAKAN VARIASI KOMPOSISI DAN UKURAN BAHAN

Monica Cahyaning Ratri^{1*} dan Sri Yamtinah¹

¹Pendidikan Kimia, FKIP, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

*Keperluan korespondensi: moymon_89@rocketmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) membuat briket arang dari campuran limbah organik arang tempurung kelapa, arang ampas tebu dan arang eceng gondok, (2) menentukan komposisi yang tepat pada briket arang dari campuran limbah organik arang tempurung kelapa, arang ampas tebu dan arang eceng gondok (3) mengetahui karakteristik briket arang dari campuran limbah organik arang tempurung kelapa, arang eceng gondok dan arang ampas tebu. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium. Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah tempurung kelapa, eceng gondok dan ampas tebu dengan menggunakan beberapa macam variasi komposisi. Variasi komposisi arang tempurung kelapa : arang ampas tebu : arang eceng gondok adalah 6:1:1; 4:2:2 dan 2:3:3. Ukuran bahan juga dipergunakan sebagai variasi pada penelitian ini yaitu ukuran 40 dan 60 mess. Perikat yang dipergunakan adalah perekat tapioka dengan konsentrasi 10% dari berat total bahan. Pengarangan dilakukan dengan menggunakan cara tradisional dan penguapan dilakukan dengan menggunakan oven selama 2x 24 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) briket arang dapat dibuat dari campuran limbah organik arang tempurung kelapa, arang ampas tebu dan arang eceng gondok, (2) komposisi terbaik terletak pada perbandingan komposisi arang tempurung kelapa : arang ampas tebu : arang eceng gondok adalah 6:1:1 ukuran 40 mess, (3) karakteristik briket arang terbaik yang dihasilkan adalah: kadar air sebesar 1,90%, kadar zat menguap (*volatile matter*) sebesar 16,30%, kadar abu sebesar 2,65%, kadar karbon terikat (*fixed carbon*) sebesar 78,80% dan nilai kalor adalah sebesar 6156,25 kalori.

Kata kunci: Briket, tempurung kelapa, ampas tebu, eceng gondok

PENDAHULUAN

Perkembangan perekonomian di era globalisasi telah menyebabkan kenaikan konsumsi energi di berbagai sektor kehidupan. Ditjen Listrik & Pengembangan Energi, Statistik Energi menyatakan bahwa telah terjadi kenaikan konsumsi energi final di Indonesia pada rentang waktu tahun 1990 – 2003. Menurut data tersebut diketahui bahwa konsumsi sumber energi di Indonesia berasal dari BBM, Gas Bumi, Batubara, Listrik dan LPG [1]. Sumber bahan bakar minyak di Indonesia sebagian

besar berasal dari bahan bakar fosil [2]. Eksploitasi bahan bakar fosil secara berkepanjangan mengakibatkan sumber daya alam (SDA) ini semakin berkurang, sedangkan konsumsi masyarakat semakin meningkat [3].

Terdapat beberapa alternatif bahan bakar pengganti bahan bakar fosil, diantaranya adalah energi matahari, energi panas bumi, energi angin dan energi biomassa. Dari beberapa alternatif pengganti tersebut hanya energi biomassa yang dapat diperbaharui. Biomassa merupakan semua jenis material organik

yang dihasilkan dalam proses fotosintesis yang mempunyai kandungan energi yang besar. Kandungan energi yang besar ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar baru yang dapat diperbaharui. Energi biomassa meliputi kayu, limbah pertanian/perkebunan/hutan, komponen organik dari industri dan rumah tangga.

Pemanfaatan limbah sebagai bahan bakar nabati memberi tiga keuntungan. Pertama, peningkatan efisiensi energi, karena kandungan energi yang terdapat pada limbah cukup besar dan akan terbuang jika tidak dimanfaatkan. Kedua, penghematan biaya, karena seringkali membuang limbah bisa lebih mahal dari pada memanfaatkannya. Ketiga, mengurangi keperluan akan tempat penimbunan sampah.

Pengolahan limbah biomassa memerlukan teknologi alternative agar menjadi lebih bermanfaat. Salah satu alternatif metode yang dapat digunakan adalah metode pembriketan. Pembriketan merupakan salah satu cara untuk mengurangi kandungan air pada suatu biomassa sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif. Pembriketan juga dapat mempermudah proses pengepakan, penyimpanan dan juga dapat digunakan untuk menaikkan nilai ekonomis pada biomassa tersebut [4].

Limbah biomassa yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah tempurung kelapa, ampas tebu dan eceng gondok serta tepung tapioka sebagai perekat.. Tempurung kelapa dihasilkan sebanyak 14% berat total kelapa. Ampas tebu menurut pendapat merupakan potensi biomassa yang besar karena dapat dihasilkan sebanyak 35%-40% dari berat tebu yang digiling [5]. Sedangkan eceng gondok merupakan limbah dengan pertumbuhan sangat cepat yaitu 3% per harinya.

Tempurung kelapa dipilih karena mempunyai kandungan lignin yang cukup besar yaitu sebesar 29,4%. Selain itu kadar air tempurung kelapa cukup rendah yaitu sebesar 8%. Ampas tebu merupakan sisa dari produk gula yang mempunyai kandungan lignin sebesar 13% [6]. Eceng gondok mempunyai kandungan lignin sebesar 7,69%. Pada penelitian ini jenis perekat yang dipergunakan adalah tepung tapioka sebesar 10% dari berat total bahan baku.

Pelarut yang baik untuk melarutkan perekat adalah air dan konsentrasi perekat

yang paling cocok untuk briket arang yaitu sebesar 10% dari berat total bahan [7].

PROSEDUR PERCOBAAN

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah tempurung kelapa, ampas tebu, eceng gondok, tepung tapioka dan akuades. Peralatan yang dipergunakan adalah gelas ukur, pipet tetes, kaca arloji, pengaduk gelas, cawan porselen, neraca analitik, kompor listrik, *furnace*, oven, ayakan 40 mess dan 60 mess, alat penghancur (*crashing*), penjepit cawan porselen, desikator, tong karbonisasi, tungku, alat Press. Langkah pertama yang dilakukan adalah karbonisasi, terdiri dari karbonisasi tempurung kelapa dengan cara mengeringkan tempurung kelapa di bawah sinar matahari sampai kadar airnya tinggal sedikit, membakar tempurung kelapa di dalam drum yang tertutup, pembakaran di hentikan sampai asap yang keluar sedikit, pembakaran dilakukan selama ± 7 jam, arang tempurung kelapa di hancurkan dengan alat penghancur (*crashing*), kemudian langkah ini diulang untuk bahan eceng gondok dan ampas tebu. Tahap selanjutnya adalah persiapan arang dengan cara, menghaluskan arang dengan penggerus, mengayak arang dengan *sieve screen* sesuai variabel yang telah ditentukan (ukuran 40 mess dan 60 mess), menimbang arang sesuai komposisi yang telah ditentukan sebanyak 60 gram untuk masing-masing ukuran arang (40 mess dan 60 mess), dengan perbandingan arang tempurung kelapa: arang eceng gondok: arang ampas tebu, 6:1:1; 4:2:2; 2:3:3. Tahap ketiga adalah pencampuran perekat dengan arang langkah kerjanya adalah menimbang tepung tapioka sebanyak 10% berat total bahan, melarutkan tepung tapioka ke dalam air secukupnya, memanaskan larutan tepung tapioka sampai membentuk lem, mencampurkan arang pada setiap komposisi dengan lem tepung tapioka yang sudah dibuat. Tahap terakhir adalah tahap pembriketan memasukkan 25 gram campuran char dan bahan perekat ke dalam cetakan dan mengepres, mengeringkan briket yang dihasilkan dalam oven pada suhu 60°C selama 2x 24 jam. Setelah diperoleh produk briket maka dilakukan pengujian karakteristik briket. Prosedurnya sebagai berikut:

Analisis Briket

a. Kadar Air (ASTM D 5142-02)

Contoh uji ditimbang sebanyak ± 1 gram, lalu dimasukkan ke dalam oven pada

suhu 104° – 110°C selama 1 jam sampai bertanya konstan dan ditimbang. Kadar air dihitung menggunakan persamaan :

$$KA = \frac{x_1 - x_2}{x_1} \times 100\%$$

Keterangan :

K_A = Kadar Air (%)

X_1 = berat contoh mula- mula (gram)

X_2 = berat contoh setelah dikeringkan pada suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$ (gram)

b. Kadar Zat Menguap Briket (ASTM D 5142- 02)

Timbang cawan *crusible* dengan tutupnya, dengan diisi spesimen yang berasal dari perhitungan kadar air dan ditempatkan dalam *furnace*. Panaskan dalam *furnace* dengan suhu $950 \pm 20^\circ\text{C}$ selama 7 menit, kemudian didinginkan dalam deksikator dan selanjutnya ditimbang. Kadar zat menguap dihitung berdasarkan persamaan :

$$V = \frac{B - C}{W} \times 100\%$$

Keterangan :

V = Kadar zat mudah menguap (%)

B = Berat contoh setelah dikeringkan pada suhu $104^\circ - 110^\circ\text{C}$ (gram)

C = Berat contoh setelah dipanaskan pada tes zat menguap (gram)

W = Berat contoh mula-mula pada kadar air (gram)

c. Kadar Abu Briket (ASTM D 5142- 02)

Menimbang cawan *crucible* tanpa tutup dengan specimen yang diambil 1 gram dari sampel, tempatkan dalam *furnace* dan dipanaskan dalam suhu $450^\circ\text{C} - 500^\circ\text{C}$ Selma 1 jam lalu pada suhu $700^\circ\text{C} - 750^\circ\text{C}$ selama 2 jam, lalu dilanjutkan dengan suhu $900^\circ\text{C} - 950^\circ\text{C}$ selama 2 jam. Memindahkan *crucibel* dari *furnace*, mendinginkan dalam desikator dan menimbanginya. Kadar abu briket dihitung dengan persamaan :

$$A = \frac{F - G}{W} \times 100\%$$

Keterangan :

A = Kadar Abu (%)

F = Berat krus porselen dan abu (g)

G = Berat kosong krus porselen (g)

W = Berat awal sampel (g)

d. Kadar Karbon Terikat (ASTM D 5142-02)

Karbon terikat merupakan fraksi karbon (C) dalam briket. Banyaknya karbon terikat dalam briket dapat dihitung dengan cara :

Fixed Carbon = $100 - (M + V + A) \%$

Keterangan :

Fixed Carbon = Kadar Karbon Terikat

(%)

M = Kadar air (%)

V = Kadar zat mudah menguap (%)

A = Kadar Abu (%)

e. Nilai Kalor Briket

Penentuan kalor briket dapat dihitung

dengan mengguankan persamaan :

Nilai Kalor = $T_2 - T_1 - 0,05 \times C_v \times 0,24$

Keterangan :

T_1 = Suhu air mula-mula ($^\circ\text{C}$)

T_2 = Suhu setelah pembakaran ($^\circ\text{C}$)

0,05 = Suhu akibat kenaikan panas pada kawat ($^\circ\text{C}$)

C_v = Berat jenis kalorimeter = 73529,6 (kJ/kg)

0,24 = konstanta 1 J = 0,24 kal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1. Pembuatan Briket Arang

Briket arang dibuat melalui beberapa tahap yaitu, persiapan bahan, pengeringan bahan baku, karbonisasi, kemudian pencetakan briket dan pengeringan. Perekat yang digunakan pada pembuatan briket adalah tepung tapioka dengan konsentrasi 10% berat total dan menggunakan pelarut air. Karbonisasi dilakukan dengan cara sederhana dengan menggunakan tungku. Briket dicetak dengan alat press manual, setiap pengepresan dapat menghasilkan empat buah briket sekaligus. Pengeringan briket arang dilakukan selama 2x 24 jam pada suhu 60°C dengan menggunakan oven listrik.

2. Briket Arang yang Dihasilkan

Briket arang campuran limbah organik tempurung kelapa, ampas tebu dan eceng gondok yang dihasilkan mempunyai beberapa variasi perbandingan komposisi. Perbandingan komposisi arang tempurung kelapa: arang ampas tebu: arang arang eceng gondok pada briket arang adalah 6:1:1 ; 4:2:2 dan 2:3:3. Briket arang yang dihasilkan mempunyai bentuk silinder, dengan tinggi sekitar 5 cm dan cukup keras.

3. Karakteristik Briket Arang

Untuk dapat mengetahui kualitas briket tersebut secara kimia maka perlu dilakukan uji karakteristik secara kimia, uji yang dilakukan adalah uji kadar air, kadar zat menguap (*volatile matter*), kadar abu, kadar karbon terikat (*fixed carbon*) dan nilai kalor. Hasil uji karakteristik kimia dapat dilihat pada lampiran.

Pembahasan

1. Uji Kadar Air Briket

Besarnya kadar air dari briket berpengaruh terhadap panas yang dihasilkan oleh briket tersebut. Pengaruh variasi komposisi terhadap kadar air briket dapat dilihat pada gambar 1.

Dari data hasil uji yang didapat, kadar air briket sudah dibawah 8% yang artinya sudah termasuk dalam SNI. Kadar air briket yang diperoleh dari percobaan sebesar 1,90%-4,30%. Produk briket yang mempunyai kadar air terendah adalah produk dengan variasi komposisi 6:1:1 ukuran 40mess.

Berdasarkan grafik dapat dilihat bahwa komposisi bahan berpengaruh terhadap kadar air. Berdasarkan data kadar air terendah terdapat pada variasi ukuran 40mess. Hal ini dikarenakan pada ukuran partikel yang besar, pori-pori briket yang terbentuk juga semakin besar sehingga air mudah menguap pada saat pemanasan. Akan tetapi ukuran partikel tidak berpengaruh terhadap kadar air briket.

2. Kadar Zat Menguap (Volatile Matter)

Zat menguap (*volatile matter*) adalah zat yang dapat menguap sebagai hasil dekomposisi senyawa- senyawa yang masih terdapat di dalam arang selain air. Kadungan zat menguap yang besar akan menghasilkan asap yang banyak[9].

Berdasarkan gambar 2 kadar zat menguap (*volatile matter*) pada produk briket yang dihasilkan adalah sebesar 16,31%-27,00%. Menurut SNI kadar zat menguap yang sesuai dengan standart Indonesia adalah sebesar 16,14%. Kadar zat menguap terendah adalah sebesar 16,31% terdapat pada komposisi 6:1:1 ukuran 40 mess. Variasi komposisi dan ukuran tidak begitu berpengaruh terhadap kadar zat menguap briket,, akan tetapi suhu yang digunakan dalam proses pembuatan arang akan mempengaruhi kadar zat menguap. [8].

3. Kadar Abu Briket

Kadar abu menurunkan kualitas briket yang terbentuk, karena apabila kadar abu briket tinggi maka nilai kalor briket yang dihasilkan rendah.

Berdasarkan grafik data penelitian pada gambar.3 didapatkan data kadar abu yang besarnya antara 2,65%-12,80%. Data kadar abu berdasarkan SNI sebesar 8%. Produk briket dengan kadar abu terendah terdapat pada variasi 6:1:1 ukuran 40mess.

Ukuran partikel dan variasi komposisi berpengaruh terhadap kadar abu briket.

Kadar abu briket dengan ukuran 40mess lebih rendah dari pada briket dengan ukuran 60mess. Hal ini dikarenakan pada ukuran 40mess ukuran partikelnya besar sehingga kerapatannya rendah yang mengakibatkan bahan anorganik cepat menguap pada saat pemanasan.

4. Kadar Karbon Terikat (fixed carbon)

Kadar karbon terikat mempunyai pengaruh yang cukup penting untuk menentukan kualitas suatu arang, karena kadar karbon terikat dalam arang akan mempengaruhi besarnya nilai kalor yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena setiap reaksi oksidasi dari zat karbon yang ada akan mempertinggi nilai kalornya [10]. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar karbon terikat maka semakin baik kualitas briket yang dihasilkan.

Dari grafik dapat dilihat bahwa kadar karbon terikat (*fixed carbon*) besarnya antara 55,90%-79,15%, menurut standart Indonesia sebesar 77%. Produk briket dengan kadar karbon terikat tertinggi terletak pada variasi komposisi 6:1:1 ukuran 40mess.

Variasi komposisi dan variasi ukuran partikel tidak berpengaruh terhadap kadar karbon terikat (*fixed carbon*) briket.

5. Nilai Kalor

Semakin besar nilai kalor maka kualitas briket semakin baik. Nilai kalor briket dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kadar air, kadar abu, kadar zat menguap (*volatile matter*) dan kadar karbon terikat (*fixed carbon*). Semakin rendah kadar air, kadar abu dan kadar zat menguap (*volatile matter*) maka semakin besar nilai kalor yang dihasilkan oleh briket. Semakin tinggi kadar karbon terikat (*fixed carbon*) maka nilai kalor semakin tinggi.

Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai kalor briket arang yang dihasilkan sebesar 4641,18kal-6156,25kal. Berdasarkan standart Indonesia nilai kalor briket adalah 5000 kal . Dilihat dari grafik pada gambar.5, kandungan kalor tertinggi sebesar 6156,25 kal terdapat pada variasi komposisi 6:1:1 ukuran 40 mess.

Variasi ukuran berpengaruh terhadap nilai kalor yang dihasilkan briket.. Hal ini dikarenakan ukuran yang besar akan memperbesar rongga di dalam briket sehingga air mudah menguap dan kadar air briket rendah. Kadar air berpengaruh terhadap nilai kalor, nilai kalor akan tinggi apabila kadar air rendah begitu pula sebaliknya.

Variasi komposisi berpengaruh pada nilai kalor briket, pada jumlah tempurung kelapa besar maka nilai kalor yang dihasilkan briketpun juga tinggi. Jadi dapat dikatakan bahwa tempurung kelapa dapat menaikkan nilai kalor yang dihasilkan oleh briket.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu: Sumber energi briket arang dapat dibuat menggunakan bahan limbah organik biomassa yang terdiri dari arang tempurung kelapa, arang ampas tebu dan arang eceng gondok. Komposisi terbaik terdapat pada perbandingan arang tempurung kelapa: arang ampas tebu: arang eceng gondok sebesar 6:1:1 ukuran 40 mesh. Karakteristik briket arang limbah organik biomassa yang terbaik adalah: kadar air briket arang sebesar 1,90%, kadar zat menguap (*volatile matter*) adalah sebesar 16,30%, kadar abu sebesar 2,65%, kadar karbon terikat (*fixed carbon*) sebesar 78,80% dan nilai kalor briket arang sebesar 6156,25kal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat selesai dengan baik karena bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala laboratorium pusat MIPA sublab kimia Universitas Sebelas Maret atas izinnya untuk menganalisis briket, kepala PAU Universitas Gadjah Mada atas izinnya untuk menganalisis nilai kalor briket.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Hanan Nugroho. 2006. *Sembuh Dari Penyakit Subsidi BBM: Beberapa Alternatif Kebijakan*. www.bappenas.go.id [1 Januari 2012].
- [2] Diah Sundari Wijayanti. 2009. *Karakteristik Briket Arang dari Serbuk Gergaji dengan Penambahan Arang Cangkang Kelapa Sawit*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [3] Lawlor, D.W. 1987. *Photosynthesis : Metabolism, Control and Physiology*. John Wiley and Sons. New York. 262p.
- [4] Sundari Wijayanti. 2009. *Karakteristik Briket Arang dari Serbuk Gergaji dengan Penambahan Arang Cangkang Kelapa Sawit*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [5] Subroto. 2006. "Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Batubara, Ampas Tebu dan Jerami". *MediaMesin*. 7, 47-54.
- [6] Ana Rochana Tarmidi. dan Rahmat Hidayat. 2004. "Peningkatan Kualitas Pakan Serat Ampas Tebu Melalui Fermentasi Dengan Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*". *Jurnal Bionatura*. 6(2), 197- 204.
- [7] Junifa Layla Sihombing,. 2006. "Studi Pembuatan Briket Arang dari Cangkang Kemiri dengan Variasi Ukuran Partikel Arang dan Konsentrasi Perekat". *Jurnal Sains Kimia*. 10(2), 62-66.
- [8] Favan Onu, Sudarja & M.B.N. Rahman. 2010. "Pengukuran Nilai Kalor Bahan Briket Arang Kombinasi Cangkang Pala dan Limbah Sawit". *Makalah Seminar Teknik Mesin UMY*. Yogyakarta: UMY.
- [9] Diah Sundari Wijayanti. 2009. *Karakteristik Briket Arang dari Serbuk Gergaji dengan Penambahan Arang Cangkang Kelapa Sawit*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [10] Favan Onu, Sudarja & M.B.N. Rahman. 2010. "Pengukuran Nilai Kalor Bahan Briket Arang Kombinasi Cangkang Pala dan Limbah Sawit". *Makalah Seminar Teknik Mesin UMY*. Yogyakarta: UMY

LAMPIRAN

a. Kadar Air

Tabel 1. Data Kadar Air Briket

No	Sampel	Kadar Air Briket (%)
1	A	1,90
2	B	2,96
3	C	3,58
4	D	2,25
5	E	3,02
6	F	4,30

Keterangan :

Perbandingan arang tempurung kelapa: arang ampas tebu: arang eceng gondok.

A = 6:1:1 (ukuran 40 mess)

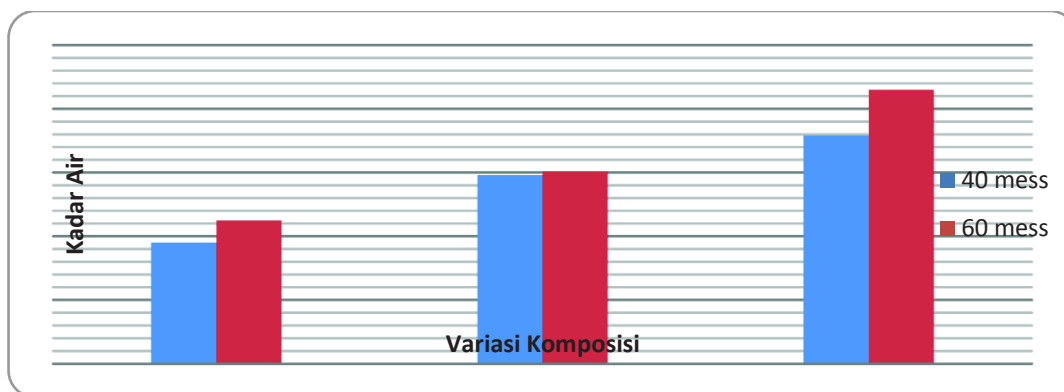
B = 4:2:2 (ukuran 40 mess)

C = 2:3:3 (ukuran 40 mess)

D = 6:1:1 (ukuran 60 mess)

E = 4:2:2 (ukuran 60 mess)

F = 2:3:3 (ukuran 60 mess)



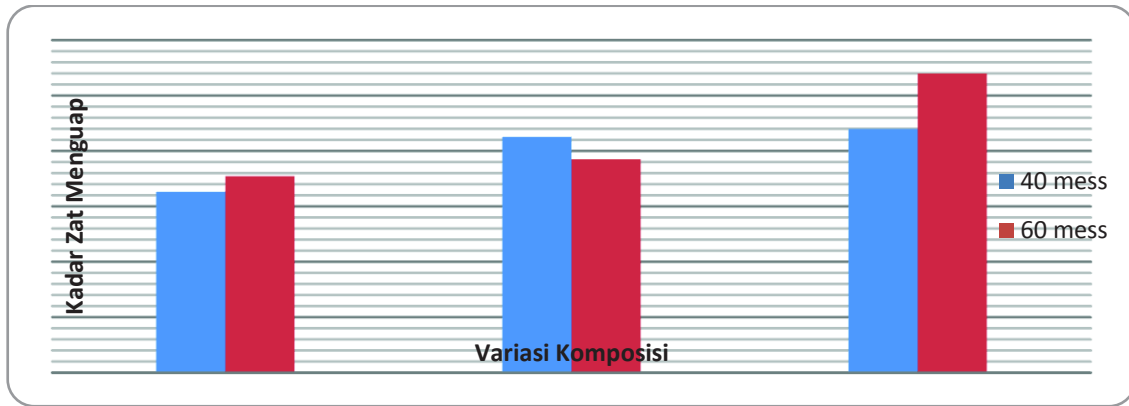
Gambar 1. Grafik Kadar Air Briket

b. Kadar Zat Menguap (volatile matter)

Tabel 2. Data Kadar Zat Menguap Briket

No	Sampel	Kadar Zat Menguap Briket (%)
1	A	16,31
2	B	21,27
3	C	21,99
4	D	17,73

5	E	19,26
6	F	27,00

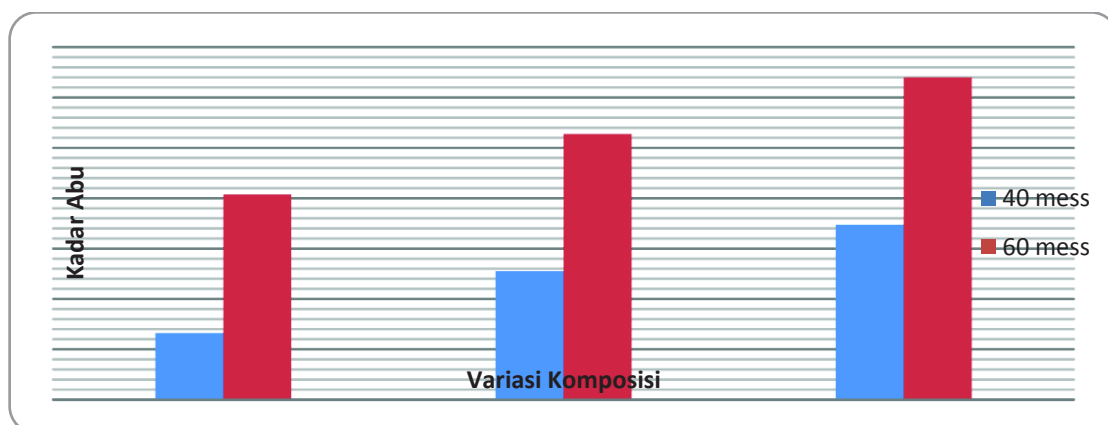


Gambar 2. Grafik Kadar Zat Menguap

c. Kadar Abu

Tabel 3. Data Kadar Abu Briket :

No	Sampel	Kadar Abu Briket (%)
1	A	2,65
2	B	5,10
3	C	6,95
4	D	8,15
5	E	10,55
6	F	12,80

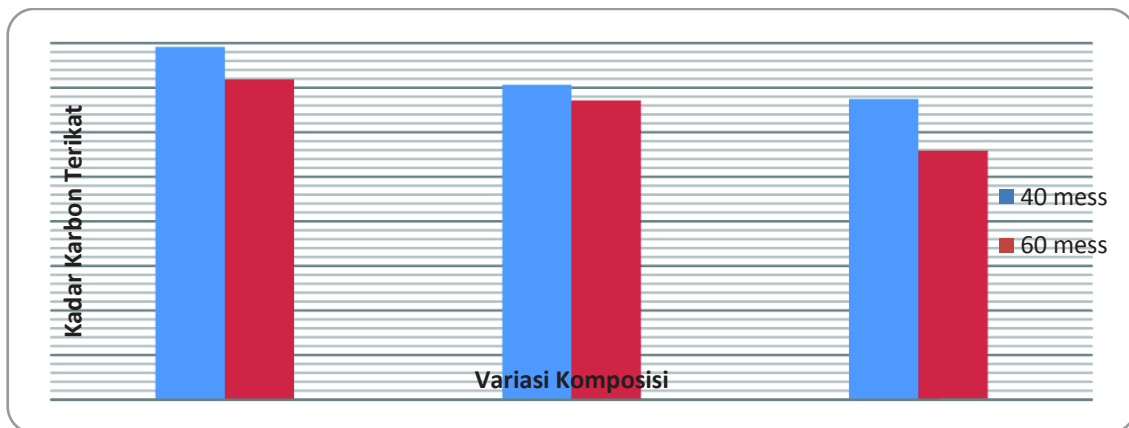


Gambar 3. Grafik Kadar Abu

d. Kadar Karbon Terikat (Fixed Carbon)

Tabel 4. Data Kadar Karbon Terikat (*Fixed Carbon*):

No	Sampel	Kadar <i>Fixed Carbon</i> (%)
1	A	79,15
2	B	70,68
3	C	67,49
4	D	71,87
5	E	67,18
6	F	55,90

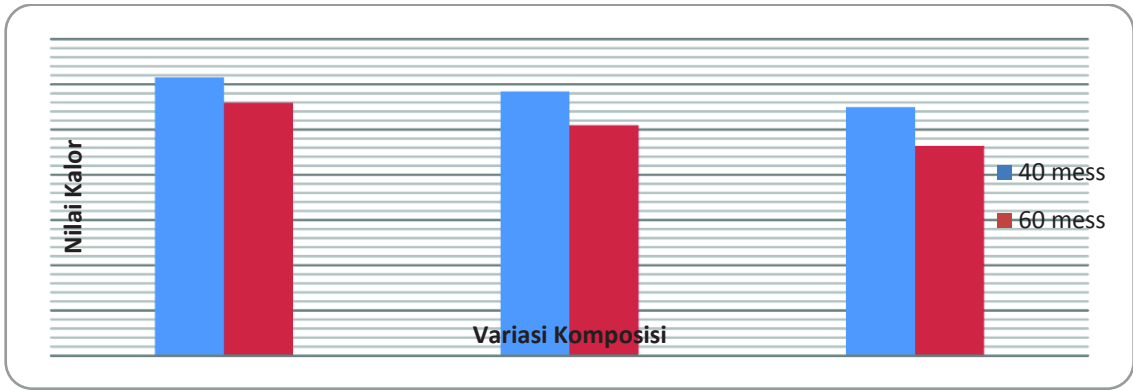


Gambar 4. Grafik Kadar Karbon Terikat

e. Nilai Kalor yang Dihasilkan

Tabel 5. Nilai Kalor Briket

No	Sampel	Kalor yang Dihasilkan (kalori)
1	A	6156,25
2	B	5843,18
3	C	5497,02
4	D	5592,12
5	E	5096,51
6	F	4641,18



Gambar 5. Grafik Nilai Kalor