

## UJI POTENSI PEMBUATAN BRIKET BIOARANG DARI LADEK SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Adityo Hermawan Kuncoro

*Prodi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya, Indonesia..*  
Email: [adityo\\_hk@gmail.com](mailto:adityo_hk@gmail.com)

---

### Abstrak

Seiring dengan laju pertumbuhan ekonomi dan bertambahnya jumlah penduduk maka tingkat konsumsi energi akan bertambah serta akan meningkatkan masalah timbulnya sampah/limbah. Keadaan ini akan mengakibatkan menipisnya cadangan sumber energi terutama minyak bumi yang merupakan sumber energi tak terbarukan (*non renewable*). Biomassa merupakan bahan hayati yang biasanya dianggap sebagai sampah dan sering dimusnahkan dengan cara dibakar. Sebenarnya, biomassa tersebut dapat diolah menjadi briket bioarang sebagai bahan bakar yang memiliki nilai kalor cukup tinggi dan dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan briket arang yang terbuat dari limbah padat ladek. Parameter yang dipelajari adalah perlakuan bahan baku dan tekanan pengempaan. Proses pembuatannya dimulai dengan karbonisasi limbah padat ladek dalam retort yang di masukkan di dalam metal kiln sampai menjadi arang. Kemudian hasil karbonisasi tersebut dicampur dengan perekat yang terbuat dari tepung kanji/pati yang sebelumnya dicampur air dan dipanaskan sehingga menyerupai pasta dengan perbandingan 10 kg arang: 10 kg air: 1 kg kanji/pati. Selanjutnya, di kempa dengan menggunakan alat pres bertekanan sampai menjadi briket. Selanjutnya briket diuji sifat fisik dan kimianya seperti : kadar air, kadar abu, kadar karbon terikat, kerapatan dan nilai kalor untuk mengetahui karakteristiknya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa briket bioarang ladek B1T4 (Berat bioarang ladek 30 gram, tekanan pada bahan sebesar 153.64 kg/cm<sup>2</sup>), lebih baik dari jenis briket lainnya. Briket tersebut memiliki sifat kadar air sebesar 4.14%, kadar abu 22.68%, kadar karbon terikat 40.40%, *volatile matter* 32.78%, kerapatan 0.600 g/cm<sup>3</sup> dan nilai kalor 4585.24 kal/g.

Kata Kunci : Limbah padat ladek, metal *kiln* dan *retort*, arang, briket.

---

### Abstract

The increasing of economic and population growth automatically influence to the energy consumption and trash is the only problem caused by it. This condition will decrease the energy sources especially oil fuel which is a non renewable energy source. Biomass is a plant material which is always to be considered as trash and often burnt. Actually biomass can be processed into bio-coal briquette as fuel that has a high heating value and can be used in daily life. In this research, it was conducted about briquette making from ladek solid waste. The focuses of the research were raw materials treatment and pressed pressure. The process began with ladek solid waste carbonization in the retort which was put into Kiln drum until it became charcoal. The result of the carbonization was mixed with adhesive that was made from starch with comparison 10 kg of charcoal: 10kg of air: 1 kg of starch until they coagulated like glue. The next process was pressing with press hydraulic until it became briquette. After that, briquette should be tested the physical and chemical like; moisture content, ash content, fixed carbon, density, and heating value in order to know the characteristics. The result of this research showed that ladek bio-coal briquette B1T4 (ladek bio-coal mass 30 gram, pressure in material 153.64 kg/ cm<sup>2</sup>), was better than the other briquette. That briquette has moisture content characteristics 4.14%, ash content 22.68%, fixed carbon content 40.40%, *volatile matter* 32.78%, density 0.600 g/cm<sup>3</sup> and heating value 4585.24 cal/g.

Keywords : ladek solid waste, Kiln and retort metal, charcoal and briquette.

## 1. Pendahuluan

Seiring dengan laju pertumbuhan ekonomi dan bertambahnya jumlah penduduk maka tingkat konsumsi energi akan bertambah serta akan meningkatkan masalah timbulnya sampah/limbah. Keadaan ini akan mengakibatkan menipisnya cadangan sumber energi terutama minyak bumi yang merupakan sumber energi tak terbarukan (*non renewable*) [1-3].

Adanya kemajuan teknologi menyebabkan kebutuhan sumber energi semakin banyak dan semakin meningkat sementara bahan bakar semakin langka, susah dicari dan semakin mahal harganya. Apalagi berkurangnya subsidi pemerintah terhadap bahan bakar minyak (BBM) maka harga akan semakin tinggi dan akan memberatkan industri dan rumah tangga. Untuk mengantisipasi hal tersebut perlu dicari energi alternatif yang dapat menahan laju ekstraksi sumber daya energi fosil dengan pengolahan dan pemanfaatan sampah/limbah, sehingga dalam jangka panjang dapat menjadi pengganti bahan bakar minyak bumi yang ramah lingkungan.

Permasalahan energi yang melanda bangsa Indonesia seharusnya tidak pernah terjadi apabila sejak lama kita tanggap terhadap kekayaan sumber daya di negara kita. Negara kita terkenal dengan pernyataan tentang "Gemah ripah loh jinawi" sampai dengan "Tongkat kayu jadi tanaman" sedikitpun tidak membuat kita sadar bahwa di sekeliling kita merupakan sumber daya energi terbarukan (*renewable resource*) yang memiliki kandungan energi yang luar biasa. Untuk mengantisipasi hal tersebut perlu dicari energi alternatif yang dapat menahan laju ekstraksi sumber daya energi fosil dengan pengolahan dan pemanfaatan sampah/limbah, sehingga dalam jangka panjang dapat menjadi pengganti bahan bakar minyak bumi yang ramah lingkungan.

Salah satu sumber energi yang mempunyai potensi pengganti sumber energi terbarukan (*renewable resource*) dan ramah lingkungan adalah biomassa. Berbagai teknologi konversi biomassa menjadi energi dapat diterapkan untuk memecahkan masalah krisis energi saat ini [4-7].

Biomassa merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang menduduki peringkat keempat penyedia energi global setelah batu bara, minyak dan gas alam [8]. Penggunaan limbah biomassa untuk dikonversi menjadi produk lain yang memiliki nilai tambah merupakan usaha pemanfaatan sumberdaya alam (SDA) yang *renewable*, yang bersifat *back to nature*. Di daerah pedesaan masih banyak dijumpai penggunaan biomassa seperti kayu bakar sebagai sumber energi untuk keperluan sehari-hari

dengan cara membakar langsung. Demikian juga untuk industri kecil pengolahan makanan, pembakaran batu kapur, pembuatan gerabah, pembuatan batu bata dan genteng serta keramik juga masih menggunakan kayu bakar sebagai sumber energi [9-10].

Salah satu sumber energi yang mempunyai potensi pengganti sumber energi terbarukan (*renewable resource*) dan ramah lingkungan adalah biomassa. Berbagai teknologi konversi biomassa menjadi energi dapat diterapkan untuk memecahkan masalah krisis energi saat ini. Teknologi yang banyak dikembangkan dan lebih efektif untuk mengkonversi limbah biomassa berkualitas rendah menjadi sumber energi dalam bentuk padat yang bernilai tinggi adalah *slow pyrolysis* [11]. Hasil padat yang diperoleh berupa bio-arang yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan antara lain briket dan karbon aktif.

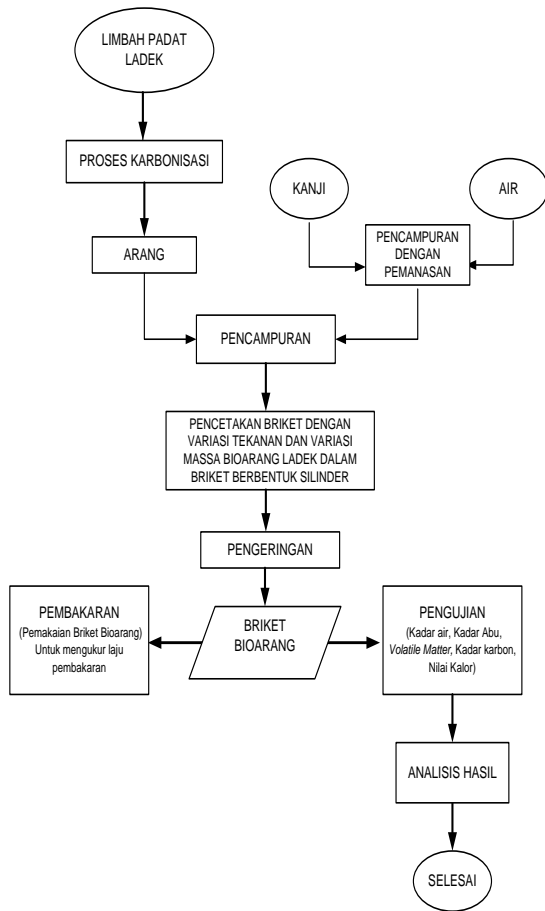
Pada penelitian ini menggunakan ladek sebagai bahan baku utama pembuat briket. Banyaknya pemanfaatan batang dan bunga cengkeh kering pada pabrik rokok kretek menghasilkan ladek. Ladek dari pabrik rokok tersebut masih mengandung minyak cengkeh, yang kemudian dimanfaatkan kembali oleh industri penyulingan minyak cengkeh sehingga menyisakan ladek yang sama sekali tidak dimanfaatkan. Hasil minyak yang diperoleh akan dijual, sedangkan ladek dari industri penyulingan minyak cengkeh ini hanya dibuang. Dalam satu pabrik minyak atsiri cengkeh menghasilkan ladek sebanyak 5-10 ton /minggu.

Dengan adanya potensi ladek tersebut maka penulis ingin mengoptimalkan penggunaan ladek sebagai bahan penghasil briket sehingga diharapkan sampah/limbah ladek tersebut dapat lebih bermanfaat dan dapat menghasilkan energi yang bernilai tinggi. Disamping itu diharapkan juga memberi kontribusi bagi pengembangan sumber energi alternatif yang dapat menjamin penyediaan energi ramah lingkungan untuk menunjang pengembangan berkelanjutan.

## 2. Metode Penelitian

Tempat/lokasi penelitian pirolisis dilakukan di Jalan Damai gang Sukun no. 36 B Prujakan Sleman Yogyakarta. Uji mutu briket di laboratorium PAU Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Bahan baku ladek yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Desa Tampir Kulon Candimulyo Magelang. Bahan lain berupa tepung kanji dan air sebagai bahan perekat/lem dalam pembuatan briket. Bahan baku ladek dianggap pada kondisi yang relatif sama, baik tingkat kekeringan maupun kualitasnya. Diagram alir penelitian disajikan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1:** Diagram Alir Penelitian

Tahap-tahap yang dilakukan dalam proses pembuatan briket bioarang dalam penelitian ini meliputi :

**1. Tahap Persiapan**

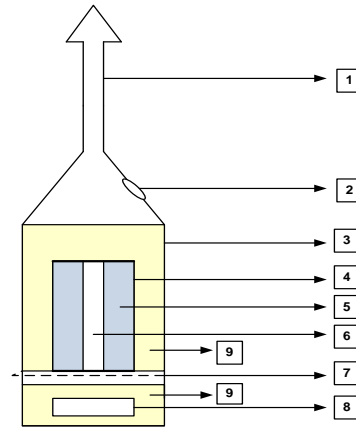
Bahan ladek hasil limbah penyulingan minyak cengkeh dikumpulkan dan dikeringkan dengan cara dijemur untuk mengurangi kadar air. Ladek disaring dengan alat penyaring ber ukuran 0.5 mm.

**2. Tahap Karbonasi/Pengarangan**

Dalam proses karbonisasi dengan cara pirolisis digunakan drum *kiln* dan *retort*. Drum *kiln* yang terbuat dari drum bekas minyak tanah dengan bahan dasar plat logam. Adapun spesifikasi drum *kiln* adalah kapasitas 200 liter dengan tebal 2 mm, tinggi 860 mm dan diameter 540 mm, sedangkan drum *retort* dengan spesifikasi kapasitas 60 liter dengan tebal 2 mm, tinggi 530 mm dan diameter 270 mm. Didalam *retort* ada sebuah tabung penyekat tinggi 530 mm dan diameter 100 mm.

Pada penutup drum *kiln* dilengkapi dengan cerobong tunggal yang berada dibagian atas tengah dengan bahan dari pelat baja, yang berfungsi sebagai tempat keluaran asap dengan diameter 76 mm dan tinggi 400 mm. Alat *kiln* dilengkapi dengan termometer untuk mengetahui suhu pembakaran.

Bahan baku berupa ladek yang sudah dipersiapkan di masukkan ke dalam drum *retort* dan di masukkan ke dalam drum *kiln*, kemudian drum *kiln* diisi dengan jerami padi dan ditutup. Setelah drum *kiln* siap, penyalaan awal dilakukan melalui pintu tempat penyuluhan api. Alat karbonisasi ditunjukkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2:** Alat pirolisis/karbonisasi

**Keterangan**

- Tutup kiln
- Alat pengukur suhu
- *Kiln*
- *Retort*
- Bahan baku ladek
- Tabung penyekat
- Angsang/plat berlubang
- Pintu tempat penyuluh api
- Bahan pembakar dalam hal ini jerami padi lain berupa tepung kanji dan air sebagai bahan perekat/lem dalam pembuatan briket

**3. Tahap Pembuatan Briket**

Pembuatan briket diawali dengan pembuatan perekat yang terbuat dari 1 kg tepung kanji dicampur dengan 10 kg air dan dipanaskan dalam api kecil sampai mengental seperti lem. Kemudian perekat tersebut dicampur dengan 10 kg bioarang hasil karbonisasi. Perbandingan bahan perekat kanji 10% didapat dari penelitian Istanta (2007) bahwa bahan perekat kanji 10% arang sekam padi diperoleh nilai kalor yang lebih tinggi. Campuran serbuk arang dan bahan perekat yang sudah homogen kemudian dicetak menjadi briket menggunakan alat kempa/pres dengan kapasitas tekanan 10 ton. Pada penelitian ini digunakan komposisi bioarang ladek pembuat briket seberat 30 gram, 40 gram, dan 50 gram. Variasi tekanan pada hidrolis sebesar 50 kg/cm<sup>2</sup>, 75 kg/cm<sup>2</sup>, 100 kg/cm<sup>2</sup> dan 125 kg/cm<sup>2</sup>. Bahan selanjutnya dikeringkan dibawah sinar matahari langsung untuk mengurangi kadar air pada briket.

#### 4. Tahap Pengujian

##### ➤ Pengujian Rendemen Arang

Penentuan rendemen arang dilakukan sebelum proses pembuatan briket dan ditentukan dengan rumus :

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{BeratArang}}{\text{BeratKeringBahan}} \times 100\% \quad (1)$$

##### ➤ Pengujian Kadar Air

Pengujian dilakukan dengan prosedur *American Society for Testing and Materials* (ASTM) D-3173 dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kadar air} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan  $a$  adalah massa awal dan  $b$  adalah massa setelah dioven.

##### ➤ Pengujian Kadar Abu

Prosedur pengujian kadar abu adalah mula-mula mengambil contoh uji  $\pm 2$  gram sebagai berat awal ( $a$ ), kemudian dimasukkan dalam cawan pengabuan (*krus*) dan ditimbang, sebagai berat  $b$ . Cawan yang berisi cuplikan arang tersebut ditanurkan pada suhu  $600^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam. Setelah asap berhenti berarti karbon hilang, tutup tanur dibuka selama 1 menit untuk menyepurnakan proses pengabuan. Kemudian semua cuplikan dalam cawan dimasukkan dalam desikator dan ditimbang sebagai berat  $c$  (berat cawan + berat abu). Prosedur penghitungan kadar abu mengikuti standar *American Society for Testing and Materials* (ASTM) D-3174 dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar abu} = \frac{c-b}{a} \times 100\% \quad (3)$$

Dengan  $a$  adalah massa sampel awal (gram),  $b$  adalah massa cawan (gram) dan  $c$  adalah massa cawan + berat abu (gram).

##### ➤ Pengujian Volatile Matter

Kadar zat mudah menguap diperoleh dengan menguapkan zat yang mudah menguap dalam arang. Prosedur yang dilakukan dengan mengoven dalam tanur dari sampel  $\pm 2$  gram sebagai berat awal ( $a$ ) sampai suhu  $900^{\circ}\text{C}$  ditahan selama 1 hari. Setelah suhu tercapai, oven dimatikan cawan dan isinya dibiarkan dingin kemudian dikeluarkan dan di masukan eksikator kemudian ditimbang ( $d$ ). Prosedur penghitungan kadar zat menguap mengikuti standar *American Society for Testing and Materials* (ASTM) D-3175 sebagai berikut :

$$\text{Kehilangan massa} = \frac{a-d}{a} \times 100\% \quad (4)$$

Kadar zat menguap = Kehilangan massa (%) - Kadar air (%). Dimana  $a$  adalah massa sampel (gram) dan  $d$  adalah massa setelah pengovenan (gram).

##### ➤ Pengujian Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat adalah fraksi karbon dalam arang selain fraksi air, abu dan zat mudah menguap. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

Kadar karbon terikat (%) =  $100\% - (\% \text{ kadar air} + \% \text{ kadar abu} + \% \text{ kadar mudah menguap})$

##### ➤ Pengujian Kerapatan (*Density*)

Penghitungan kerapatan dari briket menggunakan rumus :

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{Berat Briket}}{\text{Volume Briket}} \quad (5)$$

##### ➤ Pengujian Nilai Kalor

Pengujian nilai kalor dilakukan menggunakan Oksigen Bomb calorimeter menggunakan metode ASTM D-2015.

menghitung nilai kalor sampel sebagai berikut :

Nilai kalor sampel =  $(k_{bk} \cdot \Delta T_2 - m_k \cdot k_k - m_b \cdot k_b) / m_{spl}$

Keterangan :

$k_{bk}$  = kapasitas panas bomb kalorimeter

$k_k$  = kapasitas panas kawat

$k_b$  = kapasitas panas benang

$m_b$  = massa asam benzoat

$m_k$  = massa kawat

$m_b$  = massa benang

$m_{spl}$  = massa sampel

$\Delta T_1$  = kenaikan suhu uji bomb kalorimeter

$\Delta T_2$  = kenaikan suhu pembakaran sampel uji

##### ➤ Pengukuran Pengaruh Kecepatan Aliran Udara Terhadap Laju Pembakaran

Pengujian pengaruh kecepatan aliran udara terhadap laju pembakaran dilakukan dengan kecepatan aliran udara 0,3 m/detik dan 0,5 m/detik. Pengambilan data dilakukan sampai tidak ada lagi pengurangan massa dari briket yang tersisa.

Pembakaran arang briket digunakan peralatan Combustion apparatus di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa PAU Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Susunan alat uji dapat dilihat pada **Gambar 3**.

### 3. Hasil penelitian

#### 3.1 Arang Hasil Pirolisis

Nilai rendemen arang ladek dapat dilakukan sebelum proses pembuatan briket dan ditentukan dengan rumus (1).

➤ Berat Ladek dalam retort = 5000 gram

➤ Berat jerami padi dalam ruang bakar/ kiln = 6000 gram

- Berat jerami padi untuk pembakaran awal = 500 gram
- Total kebutuhan jerami padi dalam proses pembakaran = 6500 gram
- Hasil dari proses karbonisasi ladek = 3500 gram

Perhitungan hasil rendemen arang ladek :

$$\frac{3500}{5000} \times 100\% = 70\%$$

**Tabel 1:** Hasil Proses Karbonisasi ladek

| Sebelum Proses (gram) | Sesudah Proses (gram) |
|-----------------------|-----------------------|
| 5000                  | 3500                  |

Dari proses karbonisasi tersebut terlihat bahwa rendemen arang yang diperoleh dari hasil karbonisasi adalah 70%. Hasil rendemen arang ini sangatlah tinggi sehingga proses karbonisasi arang ladek tersebut sangat efektif untuk diproduksi.



**Gambar 3:** Alat combustion apparatus tampak depan

### 3.2 Hasil Uji Kadar Air Briket

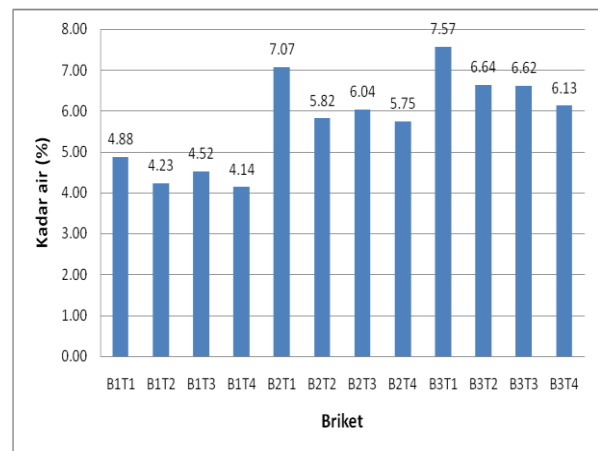
Hasil uji kadar air briket dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Gambar 4**. Pada **Gambar 4** terlihat bahwa kadar air briket terendah sebesar 4.14% pada B1T4 sedang kadar air briket tertinggi sebesar 7.57% pada B3T1. Kadar air mempengaruhi mudah tidaknya arang terbakar. Semakin tinggi kadar air semakin sulit briket bioarang untuk terbakar, demikian juga sebaliknya. Selain mempengaruhi sifat kemudahan dibakar, kadar air juga mempengaruhi kekerasan arang briket. Semakin tinggi kadar air, arang briket semakin rapuh. Kadar air briket bioarang dari limbah ladek ini berkisar antara 4.14% - 7.57%.

Pada penelitian ini dapat terlihat bahwa semakin besar tekanan pengempaan pada bahan, akan mengurangi kadar air pada briket. Kadar air mempengaruhi dapat mudah terbakarnya arang, semakin tinggi kadar air

semakin sulit untuk terbakar demikian juga sebaliknya. Selain mempengaruhi sifat kemudahan dibakar, kadar air juga mempengaruhi kekerasan arang briket. Semakin tinggi kadar air, arang briket semakin rapuh.

**Tabel 2:** Kadar air briket ladek

| No. | Kode Sampel | Kadar Air (%) |      |           |
|-----|-------------|---------------|------|-----------|
|     |             | 1             | 2    | Rata-rata |
| 1   | B1T1        | 5.10          | 4.65 | 4.88      |
| 2   | B1T2        | 4.40          | 4.05 | 4.23      |
| 3   | B1T3        | 4.17          | 4.87 | 4.52      |
| 4   | B1T4        | 4.26          | 4.02 | 4.14      |
| 5   | B2T1        | 7.15          | 6.98 | 7.07      |
| 6   | B2T2        | 5.59          | 6.04 | 5.82      |
| 7   | B2T3        | 6.68          | 5.40 | 6.04      |
| 8   | B2T4        | 5.74          | 5.76 | 5.75      |
| 9   | B3T1        | 7.15          | 7.98 | 7.57      |
| 10  | B3T2        | 6.22          | 7.06 | 6.64      |
| 11  | B3T3        | 6.96          | 6.27 | 6.62      |
| 12  | B3T4        | 6.21          | 6.05 | 6.13      |



**Gambar 4:** Nilai kadar air pada briket bioarang ladek

#### Keterangan:

B1 : Massa 30 gram bioarang ladek  
 B2 : Massa 40 gram bioarang ladek  
 B3 : Massa 50 gram bioarang ladek

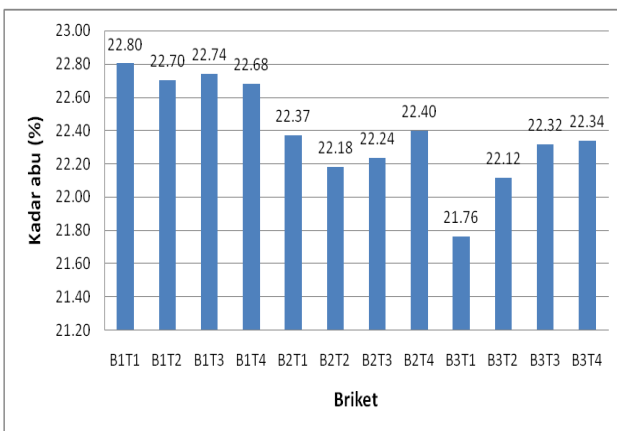
T1 : Tekanan pada bahan sebesar 61.46 kg/cm<sup>2</sup>  
 T2 : Tekanan pada bahan sebesar 92.18 kg/cm<sup>2</sup>  
 T3 : Tekanan pada bahan sebesar 122.91 kg/cm<sup>2</sup>  
 T4 : Tekanan pada bahan sebesar 153.64 kg/cm<sup>2</sup>

### 3.3 Kadar Abu Briket

Hasil uji kadar abu briket dapat dilihat pada **Tabel 3** dan **Gambar 5**.

**Tabel 3:** Kadar abu briket bioarang ladek

| No. | Kode Sampel | Kadar Abu (%) |       |            |
|-----|-------------|---------------|-------|------------|
|     |             | 1             | 2     | Rata- rata |
| 1   | B1T1        | 22.66         | 22.95 | 22.80      |
| 2   | B1T2        | 22.74         | 22.66 | 22.70      |
| 3   | B1T3        | 22.69         | 22.79 | 22.74      |
| 4   | B1T4        | 22.68         | 22.69 | 22.68      |
| 5   | B2T1        | 22.18         | 22.56 | 22.37      |
| 6   | B2T2        | 22.41         | 21.95 | 22.18      |
| 7   | B2T3        | 22.40         | 22.08 | 22.24      |
| 8   | B2T4        | 22.17         | 22.63 | 22.40      |
| 9   | B3T1        | 21.94         | 21.59 | 21.76      |
| 10  | B3T2        | 21.91         | 22.33 | 22.12      |
| 11  | B3T3        | 22.01         | 22.62 | 22.32      |
| 12  | B3T4        | 22.26         | 22.42 | 22.34      |



**Gambar 5:** Nilai kadar abu briket bioarang ladek.

#### Keterangan:

B1 : Massa 30 gram bioarang ladek  
 B2 : Massa 40 gram bioarang ladek  
 B3 : Massa 50 gram bioarang ladek

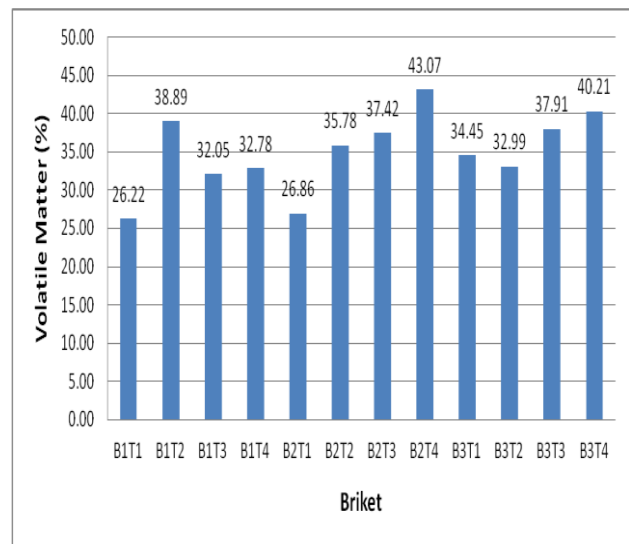
T1 : Tekanan pada bahan sebesar 61.46 kg/cm<sup>2</sup>  
 T2 : Tekanan pada bahan sebesar 92.18 kg/cm<sup>2</sup>  
 T3 : Tekanan pada bahan sebesar 122.91 kg/cm<sup>2</sup>  
 T4 : Tekanan pada bahan sebesar 153.64 kg/cm<sup>2</sup>

Pada **Gambar 5** terlihat bahwa kadar abu rata-rata terendah sebesar 21.76 % pada B3T1 , sedang kadar abu rata-rata tertinggi sebesar 22.80 % pada B1T1. Kadar abu diharapkan serendah mungkin, karena kadar abu yang tinggi akan menghasilkan kalor yang rendah dan dapat memperlambat proses pembakaran.

Besarnya kadar abu setelah bahan baku menjadi briket cenderung naik, hal ini karena ketika terjadi karbonisasi maka massa air dan zat mudah terbang lainnya akan keluar/menguap sehingga mengurangi massa bahan secara keseluruhan, padahal massa abu yang ada pada bahan baku tidak berkurang sehingga kadar abu yang merupakan perbandingan massa abu dengan massa bahan akan naik.

### 3.4 Volatile Matter Briket

Kandungan *volatile matter* yang tinggi dalam briket arang akan menimbulkan asap yang lebih banyak pada saat briket dinyalakan akibat adanya reaksi antara karbon monoksida (CO) dengan turunan alkohol. Nilai *volatile matter briket* dapat dilihat pada **Tabel 4** dan **Gambar 6**.



**Gambar 6:** Nilai *volatile matter* briket bioarang ladek

#### Keterangan

B1 : Massa 30 gram bioarang ladek  
 B2 : Massa 40 gram bioarang ladek  
 B3 : Massa 50 gram bioarang ladek

T1 : Tekanan pada bahan sebesar 61.46 kg/cm<sup>2</sup>  
 T2 : Tekanan pada bahan sebesar 92.18 kg/cm<sup>2</sup>  
 T3 : Tekanan pada bahan sebesar 122.91 kg/cm<sup>2</sup>  
 T4 : Tekanan pada bahan sebesar 153.64 kg/cm<sup>2</sup>

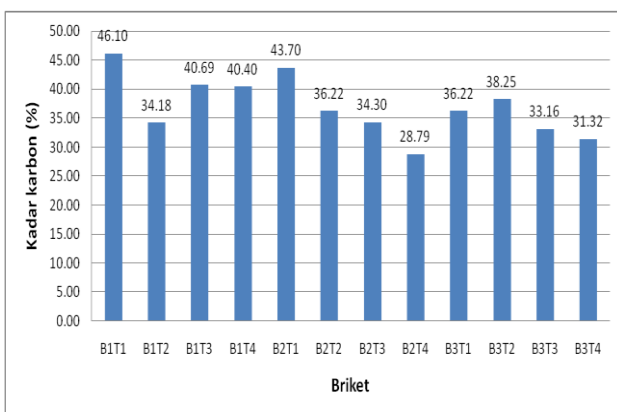
**Tabel 4:** Nilai *volatile matter* briket bioarang ladek

| No. | Kode Sampel | Volatile Matter (%) |       |            |
|-----|-------------|---------------------|-------|------------|
|     |             | 1                   | 2     | Rata- rata |
| 1   | B1T1        | 25.75               | 26.68 | 26.22      |
| 2   | B1T2        | 37.48               | 40.30 | 38.89      |
| 3   | B1T3        | 31.50               | 32.60 | 32.05      |
| 4   | B1T4        | 32.75               | 32.80 | 32.78      |
| 5   | B2T1        | 26.53               | 27.20 | 26.86      |
| 6   | B2T2        | 35.40               | 36.16 | 35.78      |
| 7   | B2T3        | 37.10               | 37.74 | 37.42      |
| 8   | B2T4        | 42.34               | 43.80 | 43.07      |
| 9   | B3T1        | 34.34               | 34.57 | 34.45      |
| 10  | B3T2        | 33.15               | 32.83 | 32.99      |
| 11  | B3T3        | 36.91               | 38.91 | 37.91      |
| 12  | B3T4        | 39.46               | 40.95 | 40.21      |

Dari **Gambar 6** terlihat bahwa *volatile matter* rata-rata terendah sebesar 26.22% pada B1T1 sedang rata-rata tertinggi sebesar 43.07% pada B2T4 . *Volatile matter* yang dihasilkan briket arang tersebut.

### 3.5 Kadar Karbon Terikat Briket

Kadar karbon terikat briket arang dipengaruhi oleh nilai kadar abu arang penyusunnya. Kadar karbon terikat adalah fraksi karbon (C) yang terikat di dalam arang selain fraksi air, *volatile matter* dan abu. Nilai karbon terikat briket hasil penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 5** dan **Gambar 7**.

**Gambar 7:** Nilai kadar karbon terikat briket bioarang ladek

### Keterangan

B1 : Massa 30 gram bioarang ladek  
B2 : Massa 40 gram bioarang ladek  
B3 : Massa 50 gram bioarang ladek

T1 : Tekanan pada bahan sebesar 61.46 kg/cm<sup>2</sup>  
T2 : Tekanan pada bahan sebesar 92.18 kg/cm<sup>2</sup>  
T3 : Tekanan pada bahan sebesar 122.91 kg/cm<sup>2</sup>  
T4 : Tekanan pada bahan sebesar 153.64 kg/cm<sup>2</sup>

**Tabel 5:** Kadar karbon terikat briket bioarang ladek

| No. | Kode Sampel | Kadar Karbon (%) |       |            |
|-----|-------------|------------------|-------|------------|
|     |             | 1                | 2     | Rata- rata |
| 1   | B1T1        | 46.49            | 45.72 | 46.10      |
| 2   | B1T2        | 35.38            | 32.99 | 34.18      |
| 3   | B1T3        | 41.65            | 39.74 | 40.69      |
| 4   | B1T4        | 40.31            | 40.49 | 40.40      |
| 5   | B2T1        | 44.14            | 43.26 | 43.70      |
| 6   | B2T2        | 36.60            | 35.84 | 36.22      |
| 7   | B2T3        | 33.82            | 34.78 | 34.30      |
| 8   | B2T4        | 29.76            | 27.81 | 28.79      |
| 9   | B3T1        | 36.57            | 35.87 | 36.22      |
| 10  | B3T2        | 38.72            | 37.78 | 38.25      |
| 11  | B3T3        | 34.12            | 32.20 | 33.16      |
| 12  | B3T4        | 32.07            | 30.58 | 31.32      |

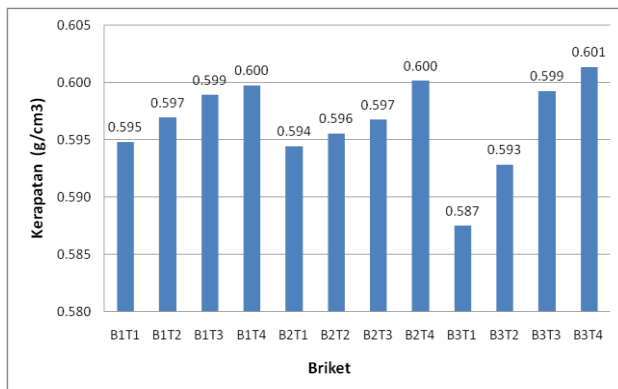
Pada **Gambar 7** terlihat bahwa kadar karbon terikat rata-rata tertinggi 46.10% pada B1T1 sedangkan kadar karbon terikat rata-rata terendah 28.79% pada B2T4 . Kadar karbon terikat yang dihasilkan berkisar antara 28.79%-46.10%.

### 3.6 Kerapatan/Berat jenis (*density*)

Kerapatan (*density*) merupakan perbandingan antara berat dan volume briket arang. Semakin halus serbuk arang semakin besar kerapatan, volume atau ruang yang diperlukan akan lebih kecil untuk berat briket yang sama. **Tabel 6** dan **Gambar 8** merupakan nilai kerapatan dari penelitian yang dilakukan.

**Tabel 6:** Kerapatan/Berat jenis (*density*)

| No. | Kode Sampel | Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> ) |       |            |
|-----|-------------|--------------------------------|-------|------------|
|     |             | 1                              | 2     | Rata- rata |
| 1   | B1T1        | 0.595                          | 0.595 | 0.595      |
| 2   | B1T2        | 0.599                          | 0.595 | 0.597      |
| 3   | B1T3        | 0.600                          | 0.597 | 0.599      |
| 4   | B1T4        | 0.593                          | 0.606 | 0.600      |
| 5   | B2T1        | 0.597                          | 0.591 | 0.594      |
| 6   | B2T2        | 0.596                          | 0.595 | 0.596      |
| 7   | B2T3        | 0.597                          | 0.597 | 0.597      |
| 8   | B2T4        | 0.598                          | 0.603 | 0.600      |
| 9   | B3T1        | 0.588                          | 0.589 | 0.587      |
| 10  | B3T2        | 0.599                          | 0.587 | 0.593      |
| 11  | B3T3        | 0.604                          | 0.594 | 0.599      |
| 12  | B3T4        | 0.600                          | 0.603 | 0.601      |

**Gambar 8:** Kerapatan/berat jenis pada briquet bioarang ladek**Keterangan**

B1 : Massa 30 gram bioarang ladek

B2 : Massa 40 gram bioarang ladek

B3 : Massa 50 gram bioarang ladek

T1 : Tekanan pada bahan sebesar 61.46 kg/cm<sup>2</sup>T2 : Tekanan pada bahan sebesar 92.18 kg/cm<sup>2</sup>T3 : Tekanan pada bahan sebesar 122.91 kg/cm<sup>2</sup>T4 : Tekanan pada bahan sebesar 153.64 kg/cm<sup>2</sup>

Pada **Gambar 8** terlihat nilai kerapatan rata-rata terendah diperoleh sebesar 0.587 g/cm<sup>3</sup> pada briket jenis B3T1. Sedang rata-rata nilai kerapatan tertinggi diperoleh sebesar 0.601 g/cm<sup>3</sup> pada briket jenis B3T4. Kerapatan briket arang yang dihasilkan berkisar antara 0.587-0.601 g/cm<sup>3</sup>. Dari hasil penelitian terlihat bahwa semakin tinggi tekanan pengempaan pada bahan semakin tinggi pula kerapatan briket tersebut.

**3.7 Nilai Kalor Briket**

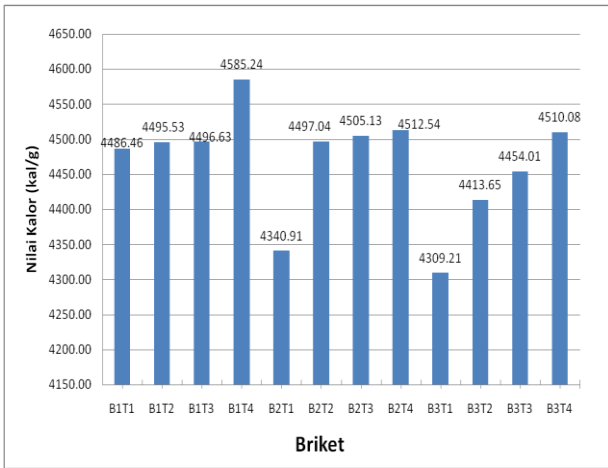
Nilai kalor atau nilai panas adalah salah satu sifat yang penting untuk menentukan kualitas arang terutama yang berhubungan dengan penggunaannya. Masyarakat selalu menempatkan nilai kalor sebagai tolak ukur dalam memilih bahan bakar yang digunakan.

Penetapan nilai kalor bertujuan untuk mengetahui sejauh mana nilai panas pembakaran yang dapat dihasilkan briket arang. Semakin tinggi nilai kalor maka semakin baik kualitas briket arang yang dihasilkan briket arang, **Tabel 7** dan **Gambar 9** merupakan hasil pengukuran nilai kalor briket dari penelitian yang dilakukan.

**Tabel 7:** Nilai kalor briket bioarang

| No. | Kode Sampel | Nilai Kalor (kal/g) |         |            |
|-----|-------------|---------------------|---------|------------|
|     |             | 1                   | 2       | Rata- rata |
| 1   | B1T1        | 4456.43             | 4516.49 | 4486.46    |
| 2   | B1T2        | 4440.50             | 4550.57 | 4495.53    |
| 3   | B1T3        | 4427.62             | 4565.65 | 4496.63    |
| 4   | B1T4        | 4506.71             | 4663.77 | 4585.24    |
| 5   | B2T1        | 4223.79             | 4458.03 | 4340.91    |
| 6   | B2T2        | 4495.39             | 4498.68 | 4497.04    |
| 7   | B2T3        | 4483.96             | 4526.31 | 4505.13    |
| 8   | B2T4        | 4405.54             | 4619.54 | 4512.54    |
| 9   | B3T1        | 4251.65             | 4366.77 | 4309.21    |
| 10  | B3T2        | 4332.15             | 4495.15 | 4413.65    |
| 11  | B3T3        | 4325.74             | 4582.27 | 4454.01    |
| 12  | B3T4        | 4400.73             | 4619.42 | 4510.08    |





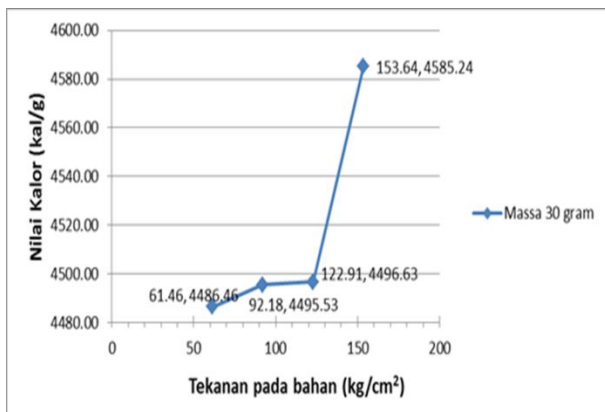
**Gambar 9:** Nilai kalor pada briket bioarang ladek

**Keterangan**

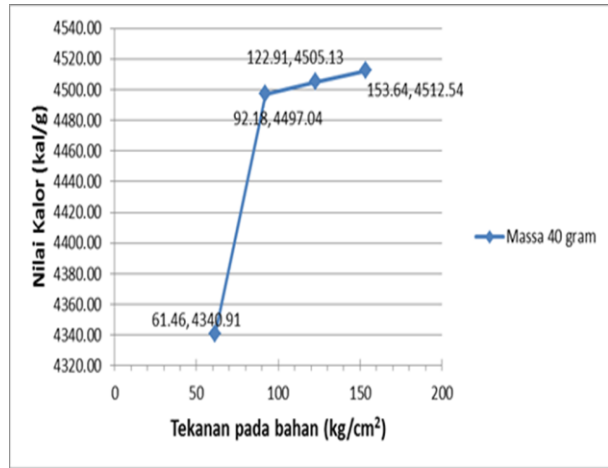
B1 : Massa 30 gram bioarang ladek  
 B2 : Massa 40 gram bioarang ladek  
 B3 : Massa 50 gram bioarang ladek

T1 : Tekanan pada bahan sebesar 61.46 kg/cm<sup>2</sup>  
 T2 : Tekanan pada bahan sebesar 92.18 kg/cm<sup>2</sup>  
 T3 : Tekanan pada bahan sebesar 122.91 kg/cm<sup>2</sup>  
 T4 : Tekanan pada bahan sebesar 153.64 kg/cm<sup>2</sup>

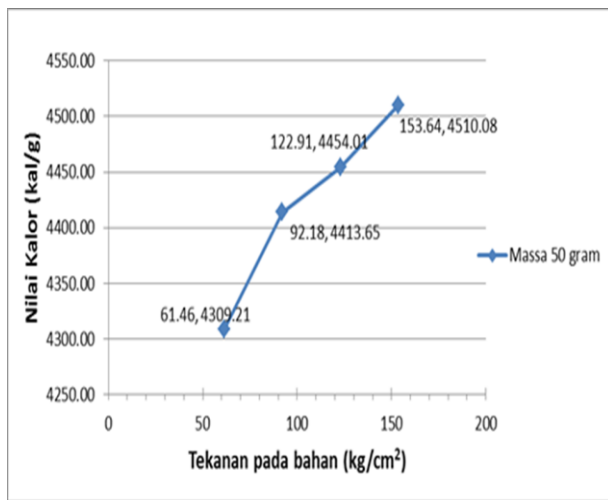
Pada **Gambar 9** terlihat nilai kalor rata-rata terendah diperoleh sebesar 4309.21 kal/g pada B3T1 . Sedang rata-rata nilai kalor tertinggi diperoleh sebesar 4585.242 kal/g pada B1T4. Nilai kalor briket pada variasi tekanan dapat dilihat pada **Tabel 7** dan **Gambar 9**. Pada **Tabel 7** terlihat bahwa nilai kalor yang dihasilkan berkisar antara 4309.208-4585.242 kal/g. Dalam penelitian briket bioarang ladek ini bahwa semakin besar tekanan pengempaan pada briket semakin besar pula nilai kalornya. Dapat terlihat pada **Gambar 10, 11, 12**. Perlu dicatat bahwa nilai kalor tinggi identik dengan kualitas bahan bakar.



**Gambar 10:** Hubungan antara tekanan pengempaan dengan nilai kalor pada massa 30 gram bioarang ladek



**Gambar 11:** Hubungan antara tekanan pengempaan dengan nilai kalor pada massa 40 gram bioarang ladek.

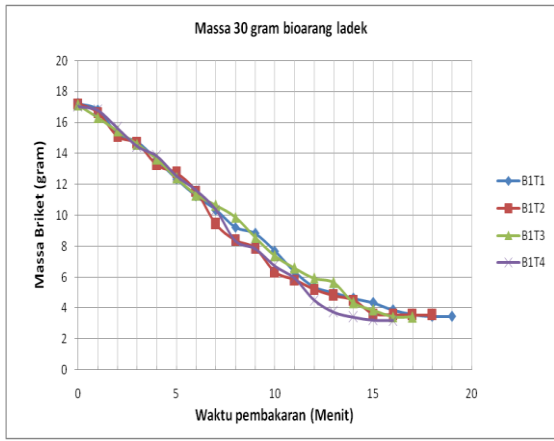


**Gambar 12:** Hubungan antara tekanan pengempaan dengan nilai kalor pada massa 50 gram bioarang ladek.

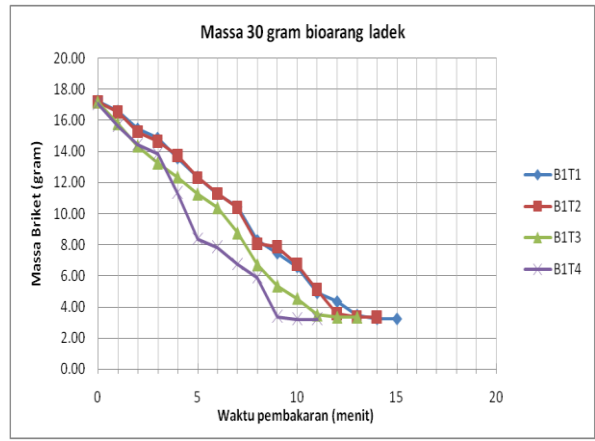
**3.8 Pengaruh Kecepatan Aliran Udara Terhadap Laju Pembakaran**

Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap laju pembakaran dilakukan pada semua sampel briket bioarang ladek. Bahan/sampel uji dialiri udara dengan kecepatan 0.3 m/detik dan 0.5 m/detik pada temperatur lingkungan rata-rata 30°C dan suhu dinding tungku rata-rata 500°C. Gambar pengaruh penurunan massa terhadap waktu karena pengaruh kecepatan aliran udara dapat dilihat pada **Gambar 13-18**.

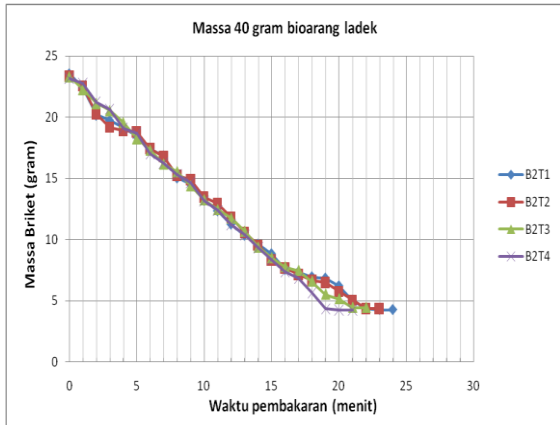
Pada **Gambar 13-18** terjadi penurunan massa briket. Dengan kecepatan aliran udara dari 0.3 m/detik dan 0.5 m/detik dapat mempercepat pengurangan massa dari briket. Ini disebabkan kecepatan aliran udara yang lebih tinggi menaikkan laju perpindahan massa oleh oksigen ke permukaan partikel. Lebih cepat aliran udara yang mengenai proses pembakaran briket akan semakin cepat pengurangan massanya.



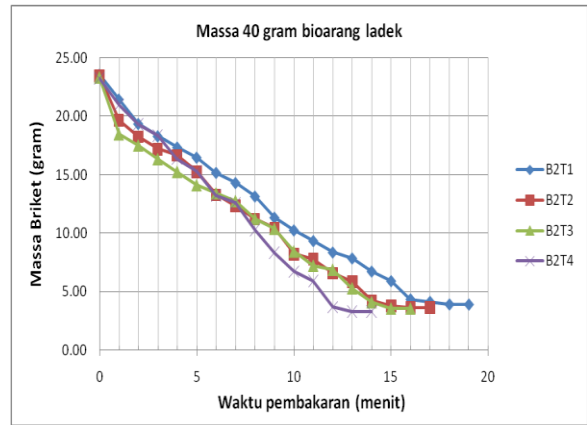
**Gambar 13:** Pengurangan massa briket terhadap waktu pembakaran karena pengaruh kecepatan aliran udara 0.3 m/detik pada massa 30 gram bioarang ladek.



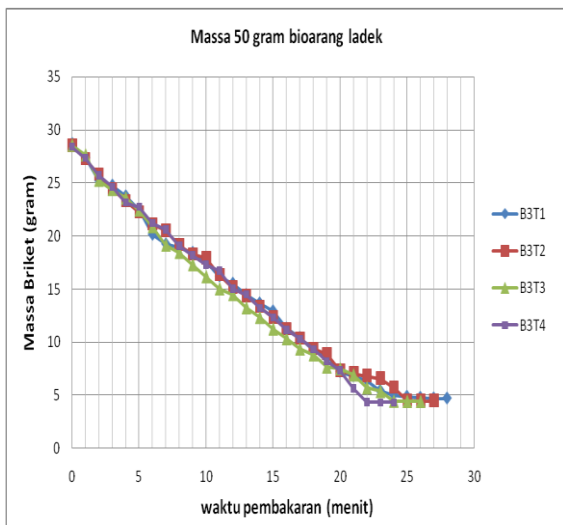
**Gambar 16:** Pengurangan massa briket terhadap waktu pembakaran karena pengaruh kecepatan aliran udara 0.5 m/detik pada massa 30 gram bioarang ladek.



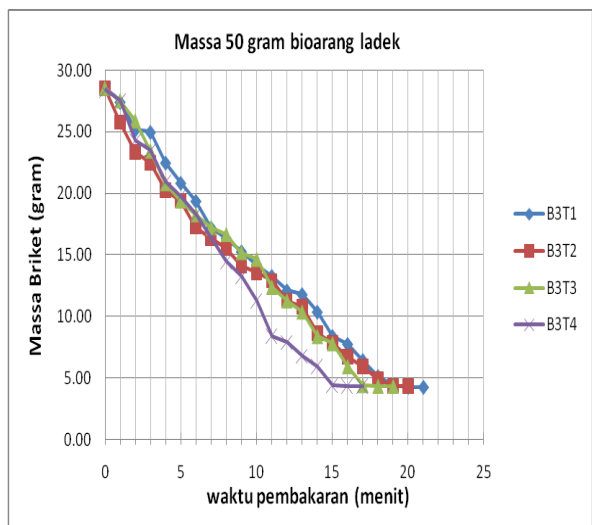
**Gambar 14:** Pengurangan massa briket terhadap waktu pembakaran karena pengaruh kecepatan aliran udara 0.3 m/detik pada massa 40 gram bioarang ladek.



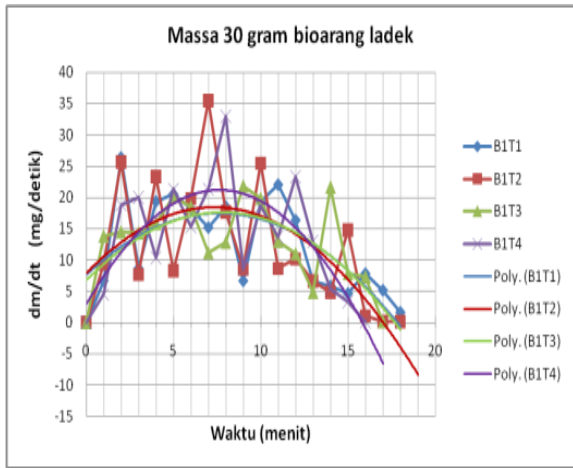
**Gambar 17:** Pengurangan massa briket terhadap waktu pembakaran karena pengaruh kecepatan aliran udara 0.3 m/detik pada massa 40 gram bioarang ladek.



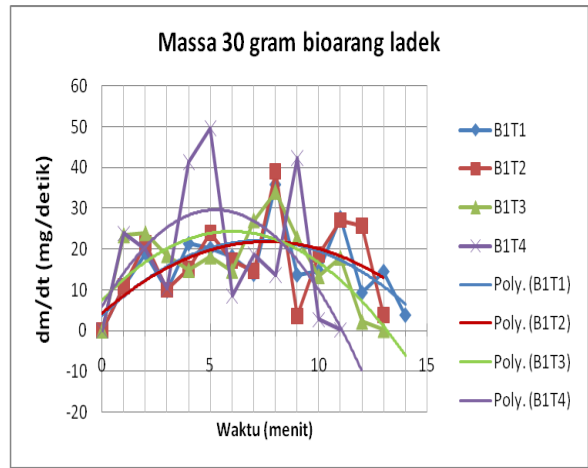
**Gambar 15:** Pengurangan massa briket terhadap waktu pembakaran karena pengaruh kecepatan aliran udara 0.3 m/detik pada massa 50 gram bioarang ladek.



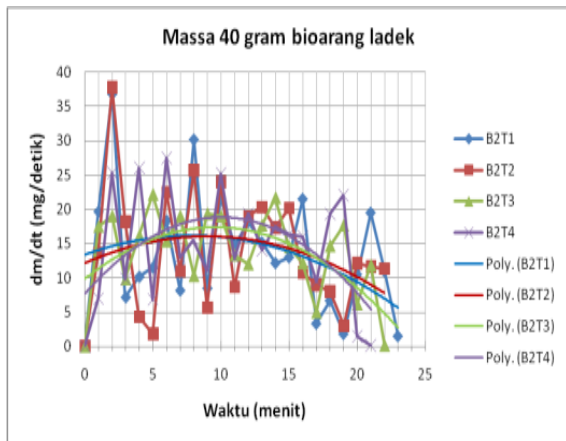
**Gambar 18:** Pengurangan massa briket terhadap waktu pembakaran karena pengaruh kecepatan aliran udara 0.3 m/detik pada massa 50 gram bioarang ladek.



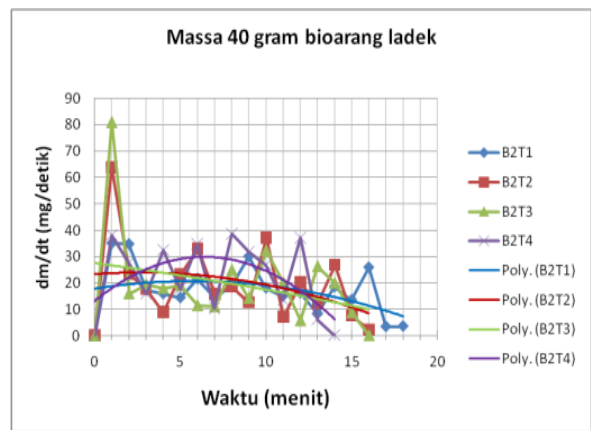
**Gambar 19:** Kurva pengurangan massa/waktu terhadap waktu karena pengaruh kecepatan aliran udara 0.3 m/detik pada massa 30 gram bioarang ladek.



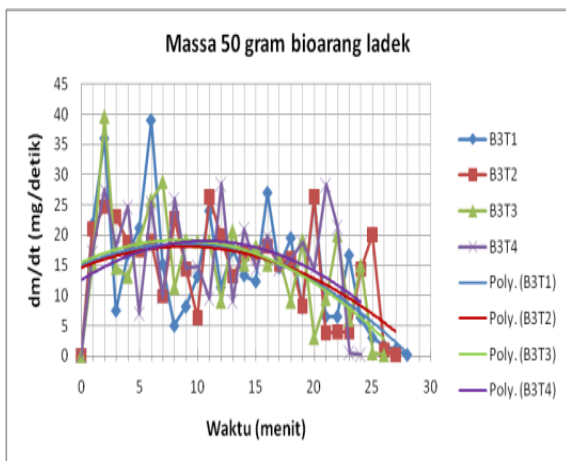
**Gambar 22:** Kurva pengurangan massa/waktu terhadap waktu karena pengaruh kecepatan aliran udara 0.5 m/detik pada massa 30 gram bioarang ladek.



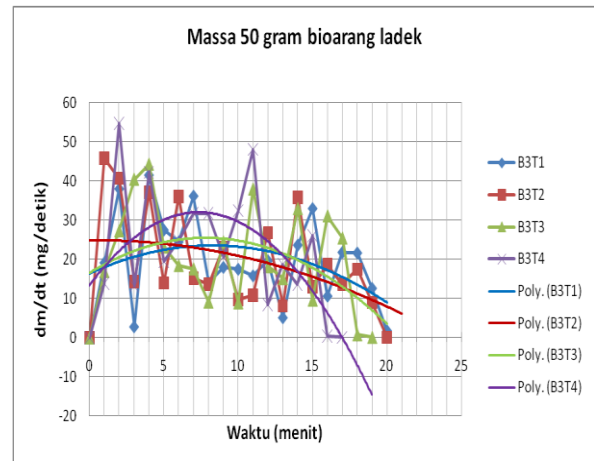
**Gambar 20:** Kurva pengurangan massa/waktu terhadap waktu karena pengaruh kecepatan aliran udara 0.3 m/detik pada massa 40 gram bioarang ladek.



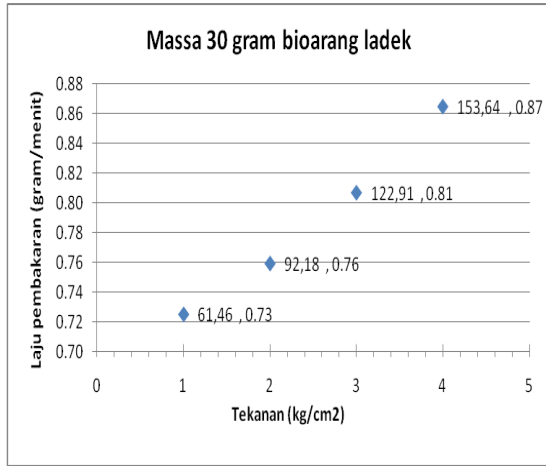
**Gambar 23:** Kurva laju pembakaran terhadap waktu karena pengaruh kecepatan aliran udara 0.5 m/detik pada massa 40 gram bioarang ladek.



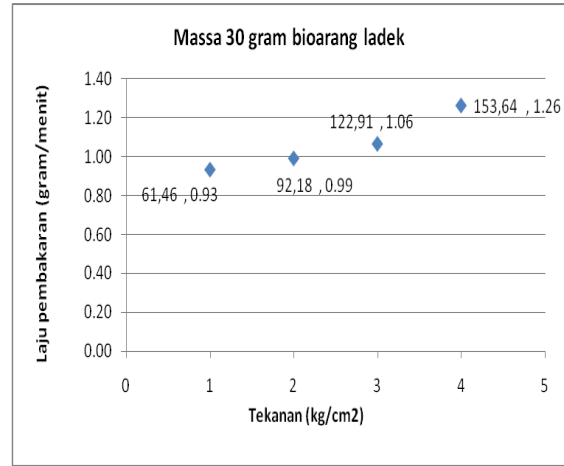
**Gambar 21:** Kurva pengurangan massa/waktu terhadap waktu karena pengaruh kecepatan aliran udara 0.3 m/detik pada massa 50 gram bioarang ladek.



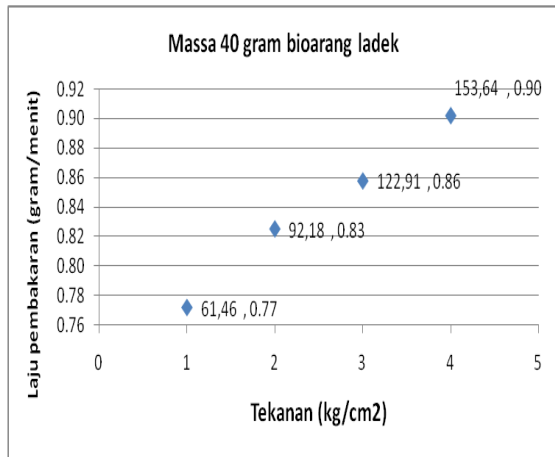
**Gambar 24:** Kurva laju pembakaran terhadap waktu karena pengaruh kecepatan aliran udara 0.5 m/detik pada massa 50 gram bioarang ladek.



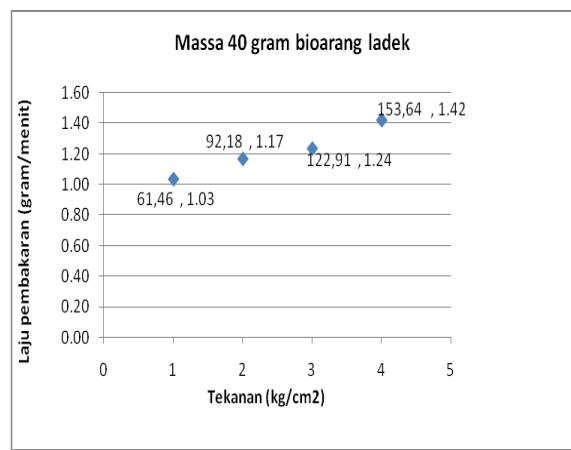
**Gambar 25:** Hubungan antara tekanan pengempaan terhadap laju pembakaran dengan kecepatan aliran udara 0.3 m/detik pada massa 30 gram bioarang ladek.



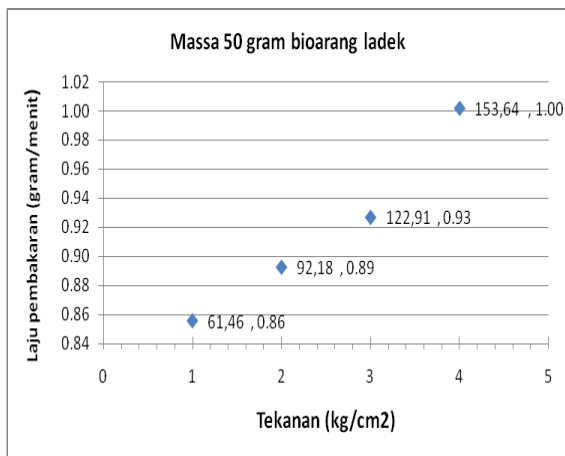
**Gambar 28:** Hubungan antara tekanan pengempaan terhadap laju pembakaran dengan kecepatan aliran udara 0.5 m/detik pada massa 30 gram bioarang ladek.



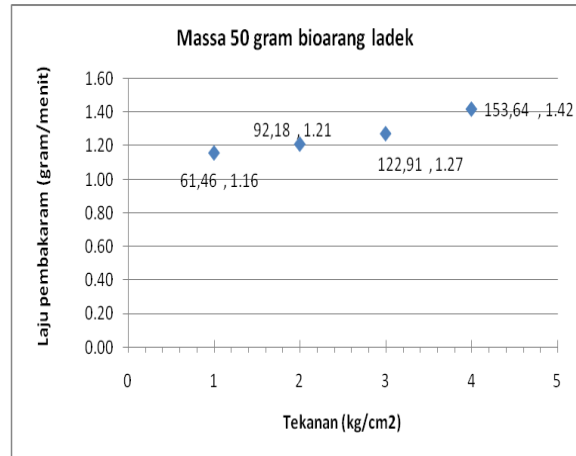
**Gambar 26:** Hubungan antara tekanan pengempaan terhadap laju pembakaran dengan kecepatan aliran udara 0.3 m/detik pada massa 40 gram bioarang ladek.



**Gambar 29:** Hubungan antara tekanan pengempaan terhadap laju pembakaran dengan kecepatan aliran udara 0.5 m/detik pada massa 40 gram bioarang ladek.



**Gambar 27:** Hubungan antara tekanan pengempaan terhadap laju pembakaran dengan kecepatan aliran udara 0.3 m/detik pada massa 50 gram bioarang ladek.



**Gambar 30:** Hubungan antara tekanan pengempaan terhadap laju pembakaran dengan kecepatan aliran udara 0.5 m/detik pada massa 50 gram bioarang ladek.

Sisa pada pembakaran briket ini adalah kandungan abu yang tidak dapat terbakar. Semakin tinggi kandungan abu semakin sulit terbakar dan tertinggal setelah proses pembakaran. Gambar laju pembakaran terhadap waktu karena pengaruh kecepatan aliran udara 0.3 m/detik dan 0.5 m/detik dapat terlihat pada **Gambar 19-24**.

Pada **Gambar 19-24** terlihat pengaruh kecepatan aliran udara terhadap laju pembakaran, dimana laju pembakaran pada kecepatan aliran udara 0.3 m/detik lebih lambat daripada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik. Pada kecepatan aliran udara 0.5 m/detik laju pembakaran di awal pembakaran terlihat naik dengan cepat dibandingkan dengan kecepatan aliran udara 0.3 m/detik, hal ini menyebabkan percepatan proses pembakaran.

Pada **Gambar 22-24** terlihat bahwa laju pembakaran maksimum semakin tinggi, hal ini disebabkan karena meningkatnya kecepatan aliran udara dan berakibat meningkatkan perpindahan massa oksigen ke permukaan, sehingga meningkatkan laju pembakaran. Sedangkan tabel pengurangan massa briket ladek terhadap waktu pembakaran karena pengaruh kecepatan aliran udara 0.3 m/detik dan 0.5 m/detik.

Hubungan antara tekanan pengempaan terhadap laju pembakaran dengan kecepatan aliran udara 0.3 m/detik dapat terlihat pada **Gambar 25-27** dan kecepatan aliran udara 0.5 m/detik dapat terlihat pada **Gambar 28-30**.

Dari penelitian ini dapat terlihat bahwa semakin besar tekanan pengempaan berpengaruh terhadap laju pembakaran. Semakin besar tekanan pengempaan semakin cepat pula pengurangan massanya. Perlu

diingat bahwa dengan kecepatan aliran udara yang tinggi belum tentu mengurangi massa briket dengan cepat pula, bisa juga memadamkan nyala bakar dari briket tersebut.

#### 4. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa rendemen arang hasil karbonisasi diperoleh sebesar 70%. Briket dari arang ladek B1T4 (massa 30 gram bioarang ladek, tekanan pada bahan sebesar 153.64 kg/cm<sup>2</sup>), lebih baik dari jenis briket lainnya. Briket tersebut memiliki sifat kadar air sebesar 4.14%, kadar abu 22.68%, kadar karbon terikat 40.40%, *volatile matter* 32.78%, kerapatan 0.600 g/cm<sup>3</sup> dan nilai kalor 4585.24 kal/g.

Semakin besar tekanan pengempaan pada bahan, berpengaruh terhadap nilai kalor briket. Perubahan kecepatan aliran dari 0.3 m/detik menjadi 0.5 m/detik, menyebabkan percepatan proses pembakaran, hal ini disebabkan karena meningkatnya kecepatan aliran udara dan berakibat meningkatkan perpindahan massa oksigen ke permukaan, sehingga meningkatkan laju pembakaran. Selain itu, semakin besar tekanan pengempaan semakin cepat laju pembakarannya.

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh penulis memberikan usulan untuk penelitian selanjutnya. Pertama, perlu kajian lanjut tentang kelayakan finansial pemakaian briket ladek ini. Kedua, kondisi optimal briket untuk konsumsi lain, seperti pemakain pada rumah tangga. Terakhir, desain alat *retort* perlu di modifikasi untuk proses karbonisasi yang lebih sempurna karena bahan baku ladek sangat padat sehingga panas pada *retort* harus merata.

#### Daftar Pustaka

1. D. S. Priyarsono, M. Tambunan, M dan M. Firdaus., Perkembangan konsumsi dan penyediaan energi dalam perekonomian Indonesia. *IJAE (Jurnal Ilmu Ekonomi Pertanian Indonesia)*, 2(1), 97-119, 2012.
2. A. S. Hidayat., Konsumsi BBM dan peluang pengembangan energi alternatif. *Jurnal Inovasi*, 5(17), 11-17, 2005.
3. A. Lubis., Energi terbarukan dalam pembangunan berkelanjutan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 8(2), 155-162, 2011.
4. G. T. Kong, *Peran biomassa bagi energi terbarukan*. Jakarta: Elex Media Komputindo (2010).
5. A. P. Tampubolon, Kajian kebijakan energi biomassa kayu bakar. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 5(1), 29-37, 2008.
6. O. Arlitasari, P. Pujayanto dan R. Budiharti, Pengembangan Bahan Ajar Ipa Terpadu Bebas Salingtemas dengan Tema Biomassa Sumber Energi Alternatif Terbarukan. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 1(1), 81-89, 2013.
7. A. Sulistyanto, Karakteristik pembakaran biobriket campuran batubara dan sabut kelapa. *Media Mesin*, 7(2), 77-84, 2006.
8. R. Hendroko, *Teknologi energi biomassa. Teaching materials of postgraduate renewable energy*. Jakarta: Darma Persada University (2013).
9. Widarto dan Suryanta. Membuat bioarang dari kotoran lembu. Yogyakarta: Penebar Swadaya (1995).
10. L. C. Wiranata, F. Hamzah dan F. Restuhadi, Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit dalam Pembuatan Briket dengan Penambahan Pelepah Kelapa Sawit. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Pertanian*, 4(1), 1-8, 2017.
11. F. Karaosmanoglu, Vegetable oil fuels: a review, *Energy sources*, 21(3), 221-231, 1999.