

PEMANFAATAN BRIKET BIOARANG DARI LIMBAH SERBUK GERGAJI KAYU JATI DAN JANGGEL JAGUNG SERTA TEPUNG KANJI SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Baktiyar Mei Hermawan

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
email : baktiyar_m@yahoo.com

I Wayan Susila

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
email: wayansusila@yahoo.com

Abstrak

Energi bahan bakar sangatlah mempunyai peranan yang penting dalam kehidupan manusia saat ini. Pertumbuhan penduduk yang sangat cepat menyebabkan permintaan akan energi semakin bertambah, sedangkan cadangan minyak bumi semakin menipis karena di *explorasi* secara terus menerus. Untuk mengatasi cadangan minyak yang semakin menipis maka diperlukan energi alternatif. Energi alternatif yang bisa digunakan untuk menggantikan keberadaan minyak salah satunya adalah biomassa yang berasal dari limbah serbuk gergaji kayu jati, hal ini dikarenakan limbah serbuk gergaji kayu jati saat ini hanya menjadi limbah bagi masyarakat. Pemanfaatan limbah serbuk gergaji kayu jati menjadi biomassa lambat laun akan dapat menggantikan keberadaan minyak yang saat ini menjadi primadona di kalangan masyarakat.

Proses pembuatan briket diawali dengan melakukan pengarangan serbuk gergaji kayu jati dan janggel jagung pada suhu $\pm 250^{\circ}\text{C}$, kemudian serbuk gergaji kayu jati dan janggel jagung di buat perbandingan dengan komposisi yang telah ditentukan sebelumnya di campur dengan perekat dengan perbandingan 1:10. Sebelumnya telah di buat bubur terlebih dahulu . Setelah bahan di campur maka langkah selanjutnya adalah di lakukan proses pengepresan dengan tekanan kompaksi 2,5 ton, kemudian briket bioarang yang telah di cetak kemudian dipanaskan di oven dengan suhu 100°C . Jenis spesimen dibuat 6 macam yaitu A (100% janggel jagung), B (20% serbuk gergaji kayu jati + 80% janggel jagung), C (40% serbuk gergaji kayu jati + 60% janggel jagung), D (60% serbuk gergaji kayu jati + 40% janggel jagung), E (80% serbuk gergaji kayu jati + 20% janggel jagung) dan F (100% serbuk gergaji kayu jati). Setelah briket bioarang kering maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian karakteristik yaitu nilai kalor, kuat tekan, kadar abu, kadar air. Analisis data dilakukan dengan metode deskriptif dimana hasil pengujian karakteristik di masukkan kedalam tabel dan kemudian dideskripsikan dalam bentuk kalimat.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan jenis A adalah 15,17 kgf/cm²; jenis B= 14,21 kgf/cm²; jenis C= 11,23 kgf/cm²; jenis D= 8,35 kgf/cm²; jenis E= 6,60 kgf/cm²; jenis F= 6,84 kgf/cm², nilai kuat tekan tertinggi adalah jenis A= 15,17 kgf/cm². Nilai kalor jenis A= 5828,7 kal/g; jenis B= 6169,5 kal/g; jenis C= 6416,6 kal/g; jenis D= 6562,4 kal/g; jenis E= 6660,6 kal/g; jenis F= 6758,6 kal/g, nilai kalor tertinggi adalah jenis F = 6758,6 kal/g. Kadar air jenis A adalah 11,69%; jenis B= 10,80%; jenis C= 10,78%; jenis D= 9,93%; jenis E= 9,35%; jenis F= 8,79%, kadar air terendah adalah jenis F= 8,79%. Kadar abu jenis A adalah 12%; jenis B= 10%; jenis C= 10%; jenis D= 6%; jenis E= 6%; jenis F= 2%, kadar abu terendah adalah jenis F= 2%.

Kata Kunci : Bahan bakar alternatif, briket bioarang, serbuk gergaji kayu jati, janggel jagung.

Abstract

Fuel energy is very important for humans life. Inhabitant increase quickly causes so much request for energy though petroleum is more less because of humans exploration. That's why we need energy alternative to solve that problem. There are so many Energy alternative which can using to substitute oil such as biomassa from waste pollen teak, it can substitute oil because waste pollen teak just be wasted things for people. Utilization of waste pollen teak to be biomassa can be substitute the oil.

The process to make briket is doing a making charcoal waste pollen teak and corncob in the $\pm 250^{\circ}\text{C}$ temperature then, waste pollen teak and corncob in the definite composition and mix it with adhesive in the ratio 1:10 which already make gruel. After that do pressing process with pressure 2,5 ton, then briket bioarang which already mold and heat it in the oven in 100°C temperature. Spesimen made one of 6 kind A (100% janggel jagung), B (20% serbuk gergaji kayu jati + 80% janggel jagung), C (40% serbuk gergaji kayu jati + 60% janggel jagung), D (60% serbuk gergaji kayu jati + 40% janggel jagung), E (80% serbuk

gergaji kayu jati + 20% janggal jagung) dan F (100% serbuk gergaji kayu jati).. After briket bioarang dry the next step is do the characteristic trial is like, heat value, compressive strength, ash content, moisture content. Data analysis is doing by statistic descriptive method.

Result of the research is value of the compressive strength A= 15.17 kgf/cm²; B= 14,21 kgf/cm²; C= 11,23 kgf/cm²; D= 8,35 kgf/cm²; E= 6,60 kgf/cm²; F= 6,84 kgf/cm², the highest compressive strength is A= 15.17 kgf/cm². Heating value A= 5828.7 kal/g; B= 6169.5 kal/g; C= 6416.6 kal/g; D= 6562.4 kal/g; E= 6660.6 kal/g; F= 6758.6 kal/g, the highest heating value is F= 6758.6 kal/g. Misture content A= 11.69%; B= 10.80%; C= 10.78%; D= 9.93%; E= 9.35%; F= 8.79%, the littest moisture content is F= 8.79%. Ash content A= 12%; B= 10%; C= 10%; D= 6%; E= 6%; F= 2%, the littest ash content is F= 2%.

Keywords: Fuel energy alternative, briket bioarang, wate pollen teak, corncob.

PENDAHULUAN

Energi bahan bakar sangatlah mempunyai peranan yang penting dalam kehidupan manusia saat ini. Pertumbuhan penduduk yang sangat cepat menyebabkan permintaan akan energi semakin bertambah. Penggunaan energi sebagian besar pada sektor rumah tangga, sektor transportasi, dan juga sektor industri. Jumlah cadangan minyak bumi semakin lama keberadannya terus berkurang. Apabila terus dikonsumsi tanpa ditemukannya cadangan minyak baru, diperkirakan cadangan minyak yang dimiliki oleh Indonesia akan habis dalam dua dekade mendatang. (1)

Indonesia memiliki beragam sumber daya alam yang tinggi yang dapat menghasilkan biomassa dalam jumlah yang sangat besar. Energi biomassa dapat menjadi alternatif solusi untuk mengatasi kelangkaan sumber energi bahan bakar minyak dan gas bumi. Limbah serbuk gergaji kayu jati dan janggal jagung dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar alternatif, karena pada limbah organik tersebut terdapat biomassa yang mempunyai kandungan karbon. Kandungan karbon yang terdapat pada serbuk gergaji kayu jati inilah yang dapat membantu dalam proses pembakaran.

Kawasan industri meubel di Sukorejo Kabupaten Bojonegoro adalah salah satu desa dengan penghasil meubel terbesar di daerah Bojonegoro. Menurut UPT Penggergajian Kayu di daerah Sukorejo Kabupaten Bojonegoro di tempat tersebut limbah serbuk gergaji kayu jati setiap harinya bisa mencapai 3,5 kg karena jumlahnya yang sangat banyak, hal ini akan menyebabkan pemandangan yang kurang baik.

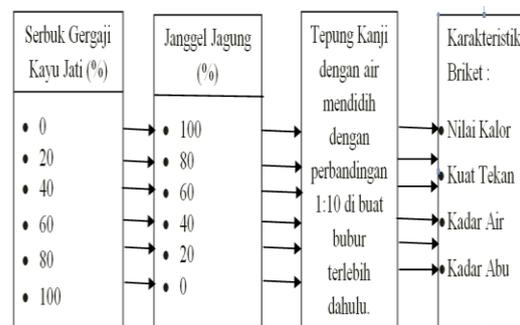
Kawasan pasar hewan di Ngrowo Kabupaten Bojonegoro adalah salah satu tempat yang cukup banyak menghasilkan limbah janggal jagung. Limbah janggal jagung ini jarang sekali dimanfaatkan, masyarakat biasanya hanya membuang dan tanpa dimanfaatkan. Di pasar hewan tersebut limbah janggal jagung pada setiap minggunya bisa mencapai 15 kg.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui proses pembuatan briket bioarang dari limbah serbuk gergaji kayu jati dan janggal jagung dengan perekat tepung kanji sebagai bahan bakar alternatif, mengetahui perbandingan ideal antara serbuk gergaji kayu jati dan janggal jagung, mengetahui karakteristik briket bioarang dari limbah serbuk gergaji kayu jati dan janggal jagung dengan perekat tepung kanji sebagai bahan bakar alternatif tersebut.

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat mempelajari tentang ujicoba pembuatan briket bioarang dari limbah serbuk gergaji kayu jati dan janggal jagung serta tepug kanji sebagai bahan pengikat, menambah pengetahuan akan pemanfaatan limbah serbuk gergaji kayu jati dan janggal jagung dalam rangka untuk memenuhi kebutuhan manusia akan energi alternatif, memberikan alternatif baru untuk mengatasi krisis energi.

Metode Penelitian

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah prosentase janggal jagung, prosentase serbuk gergaji kayu jati.

- Variabel Terikat
Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi. Dalam penelitian ini variabel terikatnya yaitu nilai kalor (*heating value*), kadar air (*water contain*), dan juga kadar abu (*ash contain*), kuat tekan.
- Variabel Kontrol
Variabel kontrol adalah variabel yang digunakan untuk mengendalikan variabel yang lain. Yang termasuk variabel kontrol adalah:
 - Bahan dasar pembuatan briket bioarang adalah serbuk gergaji kayu jati dan janggel jagung.
 - Suhu pengarangan $\pm 250^{\circ}\text{C}$
 - Tekanan kompaksi sebelum di cetak 2,5 ton.
 - Suhu pemanasan setelah di cetak adalah 100°C .

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Timbangan digital untuk mengukur berat serbuk gergaji kayu jati, berat janggel jagung, berat abu dan mengukur berat tepung kanji
- Gelas ukur untuk mengukur volume air.
- Mesin press untuk mengukur tekanan kompaksi pada saat pengepresan briket dan untuk mengukur kuat tekan briket setelah di cetak.
- *Thermocontrol* dan *thermocouple* untuk mengukur suhu pengarangan.
- Bomb kalorimeter tipe PAAR 1241 EF untuk mengukur nilai kalor.
- *Moisture balance* untuk mengukur kadar air.

Prosedur Penelitian

- Tahap Persiapan
 - Proses berawal dari pembelian bahan baku limbah serbuk gergaji kayu jati di UPT Penggergajian Kayu Jati Bojonegoro dan pembelian janggel jagung di pasar hewan Bojonegoro.
- Tahap Pengarangan
 - Bahan baku limbah serbuk gergaji kayu jati dan janggel jagung dilakukan proses pengarangan di dalam sebuah drum bekas yang di bawahnya di letakkan sebuah kompor LPG yang telah dihubungkan *thermocontrol* dalam menghubungkannya menggunakan alat *selenoid gas* yang suhu pengarangannya diatur pada suhu 250°C .

- Selanjutnya bahan baku diatur dan dimampatkan hingga memenuhi drum bekas.
- Proses pengarangan berlangsung selama 1 jam.
- Setelah menjadi arang limbah serbuk gergaji kayu jati dan janggel jagung di keluarkan dari drum bekas.
- Pembuatan perekat
 - Bahan baku perekat yang digunakan adalah tepung kanji. Kombinasi perekat yang digunakan adalah tepung kanji 10% dan air mendidih 100%.
- Pengepresan
 - Adonan yang telah dibuat dimasukkan ke dalam cetakan briket selanjutnya di tempa dengan tekanan 2,5 ton.
 - Briket yang dihasilkan 6 buah, selanjutnya dilakukan pemanasan pada oven dengan suhu 100°C .

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode *deskriptif*, dengan mengumpulkan informasi atau data dari setiap hasil perubahan yang terjadi melalui eksperimen secara langsung.

Hasil dan Pembahasan

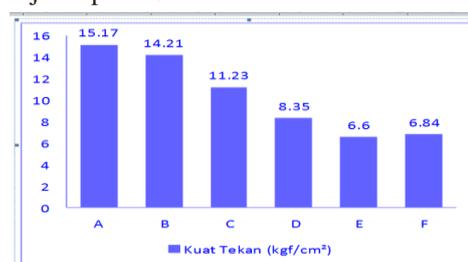
Data hasil penelitian ini yang disajikan adalah meliputi kuat tekan, nilai kalor, kadar air, kadar abu.

Kuat Tekan

Tabel 1. Nilai Kuat Tekan

| Jenis | Serbuk Gergaji Kayu Jati (%) | Janggel Jagung (%) | Nilai Kuat Tekan (kgf/cm^2) |
|-------|------------------------------|--------------------|--|
| A | 0 | 100 | 15,17 |
| B | 20 | 80 | 14,21 |
| C | 40 | 60 | 11,23 |
| D | 60 | 40 | 8,35 |
| E | 80 | 20 | 6,60 |
| F | 100 | 0 | 6,84 |

Secara grafis, untuk mengetahui nilai kuat tekan dari setiap masing- masing jenis disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Nilai Kuat Tekan

Berdasarkan Gambar 2 diatas menunjukkan bahwa semakin bertambahnya arang janggal jagung akan dapat mempengaruhi kualitas briket bioarang. Dengan semakin besarnya pori- pori janggal jagung maka akan semakin mudah bersatu dengan perekat, sehingga jenis A memiliki nilai kuat tekan yang tinggi. Hal tersebut sangatlah berbanding terbalik dengan jenis F yang berasal dari 100% serbuk gergaji kayu jati yang memiliki pori- pori lebih kecil, sehingga mengakibatkan serbuk gergaji kayu jati sulit bersatu dengan perekat dan hal tersebut mengakibatkan nilai kuat tekan pada jenis F tersebut lebih rendah daripada pada jenis yang lain. Berdasarkan nilai kuat tekan pada tabel.1 dapat disimpulkan bahwa perbandingan ideal antara serbuk gergaji kayu jati dan janggal jagung adalah terdapat pada jenis C dengan komposisi 40% serbuk gergaji kayu jati dan 60% janggal jagung.

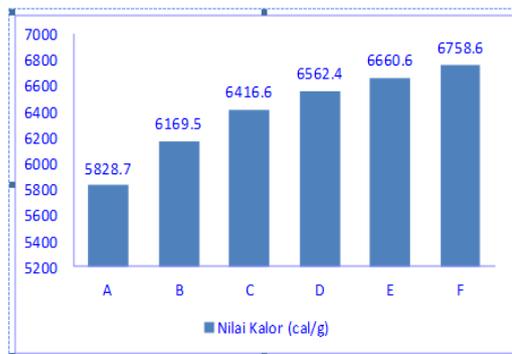
Penelitian ini untuk jenis A, B, C, D, E dan F lebih tinggi nilai kuat tekannya dibandingkan penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh Wijayanti, Diah Sundari (3) dengan nilai kuat tekan 1,157- 3,683 kgf/cm²

Nilai Kalor

Tabel 2. Nilai Kalor

| Jenis | Serbuk Gergaji Kayu Jati (%) | Janggal Jagung (%) | Nilai Kalor (kal/g) |
|-------|------------------------------|--------------------|---------------------|
| A | 0 | 100 | 5828,7 |
| B | 20 | 80 | 6169,5 |
| C | 40 | 60 | 6416,6 |
| D | 60 | 40 | 6562,4 |
| E | 80 | 20 | 6660,6 |
| F | 100 | 0 | 6758,6 |

Secara grafis, untuk mengetahui nilai kuat tekan dari setiap masing- masing jenis disajikan pada Gambar 3



Gambar 3. Nilai Kalor

Berdasarkan Gambar 3 di atas bahwa nilai kalor tertinggi terletak pada jenis F yaitu 6758,6 kal/gr. Sedangkan nilai kalor

terendah terdapat pada jenis A yaitu 5828,7 kal/g. Faktor yang memiliki pengaruh besar terhadap tinggi rendahnya nilai kalor adalah kandungan *carbon*, *oxygen* dan *ash*. Semakin tinggi kandungan *carbon* dan *oxygen* maka semakin tinggi nilai kalor, sedangkan apabila semakin rendah kandungan *ash* maka nilai kalornya semakin tinggi. Untuk kandungan *ash* yang dimiliki oleh serbuk gergaji kayu jati lebih rendah bila dibandingkan dengan kandungan *ash* pada janggal jagung . Sehingga hal tersebut mempengaruhi nilai kalor. Untuk kandungan *carbon* dan *oxygen* yang dimiliki oleh serbuk gergaji kayu jati juga lebih tinggi bila dibandingkan dengan janggal jagung.

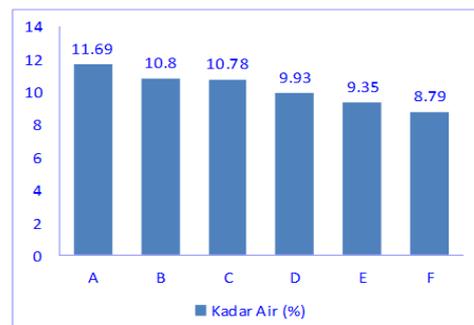
Penelitian ini untuk jenis B, C, D, E dan F lebih tinggi nilai kalornya dibandingkan penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh Triono, Agus (2) dengan nilai kalor 4371-6011 kal/g, penelitian yang dilakukan oleh Wijayanti, Diah Sundari (3) dengan nilai kalor 3647,0638- 61117,6627 kal/g, dan Yudanto, Angga dan Kartika Kusumaningrum (4) dengan nilai kalor 5786,37 kal/g.

Kadar Air

Tabel 3. Kadar Air

| Jenis | Serbuk Gergaji Kayu Jati (%) | Janggal Jagung (%) | Kadar Air (%) |
|-------|------------------------------|--------------------|---------------|
| A | 0 | 100 | 11,69 |
| B | 20 | 80 | 10,80 |
| C | 40 | 60 | 10,78 |
| D | 60 | 40 | 9,93 |
| E | 80 | 20 | 9,35 |
| F | 100 | 0 | 8,79 |

Secara grafis untuk mengetahui kadar air dari masing- masing jenis disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kadar Air

Berdasarkan Gambar 4 di atas kadar air tertinggi terletak pada jenis A dengan komposisi 100% janggel jagung yaitu 11,69%, sedangkan kadar air terendah pada jenis F dengan komposisi 100% serbuk gergaji kayu jati. Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa semakin bertambahnya komposisi janggel jagung maka dapat mengakibatkan semakin tingginya kadar air.

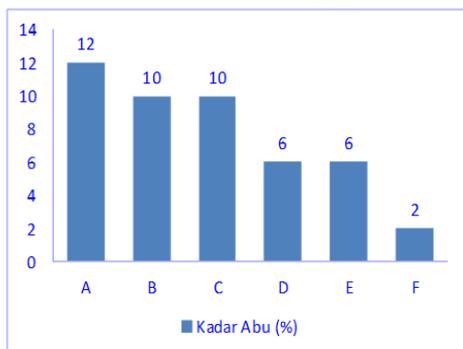
Tingginya kadar air pada janggel jagung disebabkan karena pada janggel jagung memiliki ukuran partikel yang lebih besar dan jumlah pori-pori yang lebih besar. Semakin besarnya pori-pori janggel jagung maka semakin banyak menyerap air, sehingga dengan begitu kadar air pada janggel jagung semakin besar. Hal ini sangatlah berbanding terbalik dengan pori-pori yang terdapat pada serbuk gergaji kayu jati yang semakin kecil, sehingga mengakibatkan kadar airnya lebih rendah.

Kadar Abu

Tabel 4. Kadar Abu

| Jenis | Serbuk Gergaji Kayu Jati (%) | Janggel Jagung (%) | Kadar Abu (%) |
|-------|------------------------------|--------------------|---------------|
| A | 0 | 100 | 12 |
| B | 20 | 80 | 10 |
| C | 40 | 60 | 10 |
| D | 60 | 40 | 6 |
| E | 80 | 20 | 6 |
| F | 100 | 0 | 2 |

Secara grafis untuk mengetahui kadar air dari masing-masing jenis disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kadar Abu

Berdasarkan Gambar 5 di atas kadar abu tertinggi adalah pada jenis A dengan

komposisi 100% janggel jagung yaitu kadar abu 12%, sedangkan untuk kadar abu yang terendah adalah pada jenis F dengan komposisi 100% serbuk gergaji kayu jati dengan kadar abu sebesar 2%. Berdasarkan grafik tersebut dapat kita lihat bahwa kadar abu yang berasal dari komposisi 100% janggel jagung lebih besar bila dibandingkan dengan 100% serbuk gergaji kayu jati, hal tersebut disebabkan kadungan ash (kadar abu) pada janggel jagung lebih besar bila dibandingkan dengan 100% serbuk gergaji kayu jati.

Rekap Karakteristik

Tabel 5. Rekap Karakteristik Berbagai Campuran Briket Serbuk Gergaji Kayu Jati dan Janggel Jagung

| Jenis Campuran | Komposisi campuran (%) | Kuat Tekan (kgf/cm ²) | Nilai Kalor (kal/g) | Kadar Air (%) | Kadar Abu (%) |
|----------------|------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------|---------------|
| A | Serbuk gergaji kayu jati 0 | 15,1 | 5828,7 | 11,69 | 12 |
| | Janggel jagung 100 | | | | |
| B | Serbuk gergaji kayu jati 20 | 14,21 | 6169,5 | 10,80 | 10 |
| | Janggel jagung 80 | | | | |
| C | Serbuk gergaji kayu jati 40 | 11,23 | 6416,6 | 10,78 | 10 |
| | Janggel jagung 60 | | | | |
| D | Serbuk gergaji kayu jati 60 | 8,35 | 6562,4 | 9,93 | 6 |
| | Janggel jagung 40 | | | | |
| E | Serbuk gergaji kayu jati 80 | 6,60 | 6660,6 | 9,35 | 6 |
| | Janggel jagung 20 | | | | |
| F | Serbuk gergaji kayu jati 100 | 6,84 | 6758,6 | 8,79 | 2 |
| | Janggel jagung 0 | | | | |

Dari Tabel 5 di atas tampak bahwa briket bioarang yang sangat baik untuk digunakan masyarakat adalah pada jenis F dengan komposisi 100% serbuk gergaji kayu jati. Pada jenis F tersebut tampak terlihat bahwa nilai kalor, kadar air dan kadar abu pada jenis tersebut sangat tinggi, bila dibandingkan dengan jenis yang lain. Meskipun pada jenis F tersebut nilai kuat tekannya lebih rendah daripada jenis A, B, C dan D namun pada jenis F tersebut apabila dilakukan pengangkutan cukup kuat dan tidak mudah pecah. Pada jenis F tersebut sangat cocok sekali untuk digunakan di kalangan masyarakat dikarenakan nilai kalornya tinggi, kadar air dan kadar abunya rendah yang merupakan unsur utama .

Penutup

Simpulan

Berdasarkan data penelitian di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- Karakteristik briket bioarang dari limbah serbuk gergaji kayu jati dan janggal jagung dengan perekat tepung kanji, nilai kuat tekan jenis A adalah 15,17 kgf/cm²; jenis B= 14,21 kgf/cm²; jenis C= 11,23 kgf/cm²; jenis D= 8,35 kgf/cm²; jenis E= 6,60 kgf/cm²; jenis F= 6,84 kgf/cm², nilai kuat tekan tertinggi adalah jenis A= 15,17 kgf/cm². Nilai kalor jenis A= 5828,7 kal/g; jenis B= 6169,5 kal/g; jenis C= 6416,6 kal/g; jenis D= 6562,4 kal/g; jenis E= 6660,6 kal/g; jenis F= 6758,6 kal/g, nilai kalor tertinggi adalah jenis F= 6758,6 kal/g. Kadar air jenis A adalah 11,69%; jenis B= 10,80%; jenis C= 10,78%; jenis D= 9,93%; jenis E= 9,35%; jenis F= 8,79%, kadar air terendah adalah jenis F= 8,79%. Kadar abu jenis A adalah 12%; jenis B= 10%; jenis C= 10%; jenis D= 6%; jenis E= 6%; jenis F= 2%, kadar abu terendah adalah jenis F= 2%.

Saran

- Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya pejal yang digunakan untuk melakukan penekanan briket bioarang terbuat dari besi pejal dan jangan menggunakan bahan yang terbuat dari kayu, hal ini dikarenakan untuk menghasilkan briket bioarang yang lebih optimal.
- Untuk mendapatkan kualitas briket bioarang yang lebih baik maka perlu dilakukan suatu penelitian lebih lanjut

mengenai komposisi campuran briket dengan menggunakan bahan yang berbeda

- Untuk dapat menghasilkan briket bioarang yang lebih baik maka suhu pengarangan menggunakan suhu di atas 250°C.

Daftar Pustaka

- Sutjahjo, Dwi Heru. 2008. *Teknik Pembakaran dan Bahan Bakar*. Surabaya : S1. Pendidikan Teknik Mesin.
- Triono, Agus. 2006. *Karakteristik Briket Arang Dari Campuran Serbuk Gergajian Kayu Afrika (Maesopis eminii Engl) dan Sengon (Paraserianthes falcataria L. Nielsen) Dengan Penambahan Tempurung Kelapa (Cocos Nucifera L)*. Skripsi S1 Program Hasil Hutan Institut Pertanian Bogor.
- Wijayanti, Diah Sundari. 2009. *Karakteristik Briket Arang Dari Serbuk Gergaji Dengan Penambahan Arang Cangkang Kelapa Sawit*. Skripsi Program S1 Teknologi Hasil Hutan Universitas Sumatera Utara.
- Yudanto, Angga dan Kartika Kusumaningrum. Tanpa Tahun. *Pembuatan Briket Bioarang Dari Serbuk Gergaji Kayu Jati*. Semarang. Diponegoro University