

---

## PENERAPAN TEKNOLOGI PEMBUATAN BRIKET ARANG DARI CANGKANG KAKAO SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKAR

Christian Soolany, S.TP, M.Si

Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap

christiansoolany@gmail.com

### Abstrak

Potensi biomassa sebagai alternatif bahan bakar energi terbarukan lebih mendukung program energi hijau. Sumber energi alternatif dapat dijadikan energi terbarukan adalah cangkang kakao. Salah satu bentuk energy alternative dari cangkang kakao adalah arang cangkang kakao. Nilai keunggulan cangkang kakao dijadikan alternatif bahan bakar terbarukan adalah dibuat briket. Adanya bahan bakar alternatif terbarukan dari cangkang kakao dijadikan briket diharapkan dapat mengurangi biaya produksi bagi para pelaku UMKM yang ada di Kabupaten Cilacap. Hasil uji arang cangkang kakao nilai kadar air arang cangkang kakao 4,2 % - 7,1 %, kadar abu 32,8 % - 36,6 %, senyawa volatil 28 % - 31,2 %, karbon 29,2 % - 32,3 % dan nilai kalor 4969,5914 kal/g. Untuk hasil pengujian briket arang cangkang kakao nilai kadar air 6,45 %, kadar abu 1,11 %, uji tekan 10,95 kg/cm<sup>2</sup>, nilai kalor 5069.59 cal/g.

**Kata kunci:** Biomassa, cangkang kakao, arang cangkang kakao, briket arang cangkang kakao.

### 1. PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan akan sumber energi bahan bakar, yang tidak diimbangi dengan keberadaan persediaan di alam mengakibatkan persediaan sumber daya alam berkurang. Hal ini, karena penggunaan sumber daya alam dan energi bahan bakar tersebut, masih mengandalkan bahan bakar fosil. Pengalihan sumber bahan bakar fosil ke energi alternatif terbarukan adalah salah satu upaya mengatasi pemenuhan sumber energi nasional. Karena faktor persediaan dari sumber bahan bakar fosil, mulai berkurang dan perlu waktu lama untuk memulihkan kembali. Agustina & Endah (2007) menambahkan tahun 2020-2025, kebijakan energi Indonesia untuk penggunaan energi terbarukan meningkatkan menjadi 15 persen. Sehingga peluang sumber energi alternatif lebih diutamakan menjadi sumber energi nasional.

Provinsi Jawa Tengah adalah salah satu provinsi penyumbang kakao nasional. Pada tahun 2014 produksi kakao yang dihasilkannya 1.925 ton/tahun, tahun 2015 angka semetara 2.108 ton/tahun dan tahun 2016 angka estimasi 2.394 ton/tahun (DJP, 2015). DPJ (2015) menambahkan jumlah perkebunan rakyat di Kabupaten Cilacap tahun 2014 dapat memproduksi kakao dengan angka tetap 23 ton/tahun dan nilai produktivitas 504 kg/Ha. Data dari BPS Kab. Cilacap (2015) bahwa produksi kakao total dari lahan rakyat, pemerintah dan swasta di Kabupaten Cilacap tahun 2014 sebesar 60,66 ton/tahun dari total lahan 297,6 Ha dan 2015 menjadi meningkat 73,18 ton/tahun dari total lahan 303,4 Ha.

Biomassa adalah bahan organik sisa proses atau sisa bungan sampingan. Limbah buangan dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Biomassa dari tumbuhan kakao merupakan hasil fotosintesis tumbuhan beserta hasil turunannya. Pertimbangan lain penggunaan biomassa dari tanaman kakao dinilai tidak

mengganggu pencemaran lingkungan. Karena biomassa ini dapat ditanam kembali dan karbondioksida hasil pembakaran akan diserap oleh tanaman.

Melihat kondisi itu penting sekali dicari alternatif bahan bakar yang mudah didapat dengan persediaan cukup banyak. Solusi yang mungkin dapat digunakan adalah pembuatan cangkang kakao menjadi arang. Dimana arang adalah salah satu bahan bakar alternatif terbarukan. Sumber energi tersebut bisa dikembangkan yaitu energi biomassa yang berasal dari limbah cangkang kakao yang cukup melimpah di Indonesia. Sebagai negara agraris, Indonesia banyak menghasilkan limbah pertanian yang kurang bermanfaat. Salah satu limbah yang bisa dimanfaatkan adalah cangkang kakao. Limbah cangkang kakao tersebut dapat diolah menjadi bahan bakar alternatif bentuk arang dimana nanti juga dapat ditingkatkan menjadi briket arang.

Limbah biomassa cangkang kakao dapat langsung digunakan menjadi bahan bakar, dengan dilakukan konversi terlebih dahulu menjadi arang atau dikempa menjadi briket langsung. Tujuan dari pengempaan adalah memperoleh hasil dari pembakaran yang berkualitas baik dan lebih mudah dalam penggunaan serta penanganannya.

Kondisi saat ini, permintaan kebutuhan rumah tangga terhadap penggunaan bahan bakar gas semakin meningkat, hal ini karena pengaruh dari konversi minyak bumi ke bahan bakar gas. Konversi minyak bumi ke gas karena jumlah persediaan minyak bumi di alam sudah mulai menurun. Hal ini karena sifat alami dari minyak bumi yang sulit diperbaharui. Ditambah kondisi mengkhawatirkan, ketersediaan bahan bakar gas di alam, juga semakin berkurang. Hal terbukti dilapangan gas sebagai bahan bakar yang digunakan di rumah tangga dan beberapa industri UMKM, sudah mulai jarang serta persediaan disetiap agen sering terjadi kelangkaan. Kondisi ini jika tidak ditangani secara serius akan berdampak terhadap para pelaku usaha kecil seperti UMKM getuk, kripik dan lain-lain.

## 2. STUDI LITERATUR

Menurut Husada (2008) briket merupakan bahan bakar padat yang terbuat dari limbah organik, limbah pabrik, maupun limbah perkotaan, limbah sampah rumah tangga dan sisa samping dari biomassa. Bahan bakar padatan ini merupakan bahan bakar alternatif atau merupakan pengganti bahan bakar yang paling murah dan dimungkinkan untuk dikembangkan dalam waktu relatif singkat mengingat teknologi dan peralatan relatif sederhana.

Briket cangkang kakao adalah cangkang kakao yang diolah lebih lanjut menjadi bentuk briket yang dapat digunakan untuk keperluan energi sehari-hari. Pemanfaat cangkang kakao digunakan sebagai bahan bakar alternatif masih belum banyak dilakukan. Penelitian sebelumnya oleh Lestari et al. (2017) terhadap pengaruh tekanan dan ukuran partikel terhadap kualitas briket arang cangkang coklat, diperoleh kualitas briket pada tekanan  $103,98 \text{ kg/cm}^2$  dengan ukuran partikel 80 mesh dan suhu mencapai  $464,4 \text{ }^\circ\text{C}$ . Perbedaan ukuran partikel briket juga memberikan pengaruh nyata terhadap waktu sulut dan laju nyala. Hasil Penelitian Patabang (2007) terhadap briket cangkang kakao diperoleh nilai kalor  $4647,958-6308,27 \text{ kcal/kg}$  bahan perekat 15 persen, kandungan *volatile matter* dalam briket  $46,73-58,73$  dengan bahan perekat 15 persen, Kandungan Ash berkisar antara  $21,29-26,29$  persen, *moisture*  $4,16-4,45$  persen, kandungan *fixed carbon*  $15-25,55$  persen dan efisiensi termal pembakaran briket  $31,61-35,67$  persen.

Hermawan (2007) dalam Lestari et al. (2017) menemukan bahwa penambahan gel amilum yang terlalu banyak di dalam briket menyebabkan pori-pori tersebut

terlalu besar. Besarnya pori pada briket memudahkan air yang terkandung untuk keluar, sehingga dengan semakin besarnya komposisi gel amilum dalam briket akan menyebabkan semakin banyak air keluar melalui pori. Akan tetapi, jumlah air tertambahkan dengan yang terikat didalam struktur briket dipengaruhi pula oleh besarnya komposisi gel amilum terhadap briket. Semakin banyak komposisi gel amilum mengakibatkan semakin banyak pula air yang ikut terikat di dalam struktur briket.

Dalam proses pembuatan briket, bahan baku atau biomassa, dilakukan pengempaan dengan tekanan tertentu, sehingga diperoleh dengan kepadatan yang dikehendaki. Menurut Agustina & Endah (2007) umumnya yang diolah dengan proses ini adalah bahan yang memiliki ukuran partikel kecil, berbentuk serbuk atau berbentuk lain, yang mengakibatkan penanganan maupun penggunaan sebagai bahan bakar kurang disukai. Sebagai contoh adalah serbuk gergaji, sekam, rumput dan daun-daunan, bagase dan sebagainya. Hasil pengempaan biomassa disebut briket biomassa. Nilai kalor berbagai jenis briket biomassa dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan nilai kalor beberapa jenis briket biomassa dan limbah biomassa.

No	Jenis briket dan biomassa	Nilai Kalor (kJ/kg)
1	Briket bagase	17638
2	Briket ampas jarak (B2TE-BPPT)	16399
3	Briket ampas jarak (Tracon Ind)	16624
4	Briket arang ampas jarak	19724
5	Briket serbuk gergaji	18709
6	Kayu bakar (jenis akasia)	17270
7	Arang batok kelapa	18428
8	Bonggol jagung	15455
9	Briket arang bonggol jagung	20174
10	Briket limbah lumpur sawit	10896
11	Getah jarak	23668
12	Briket alang-alang	16247

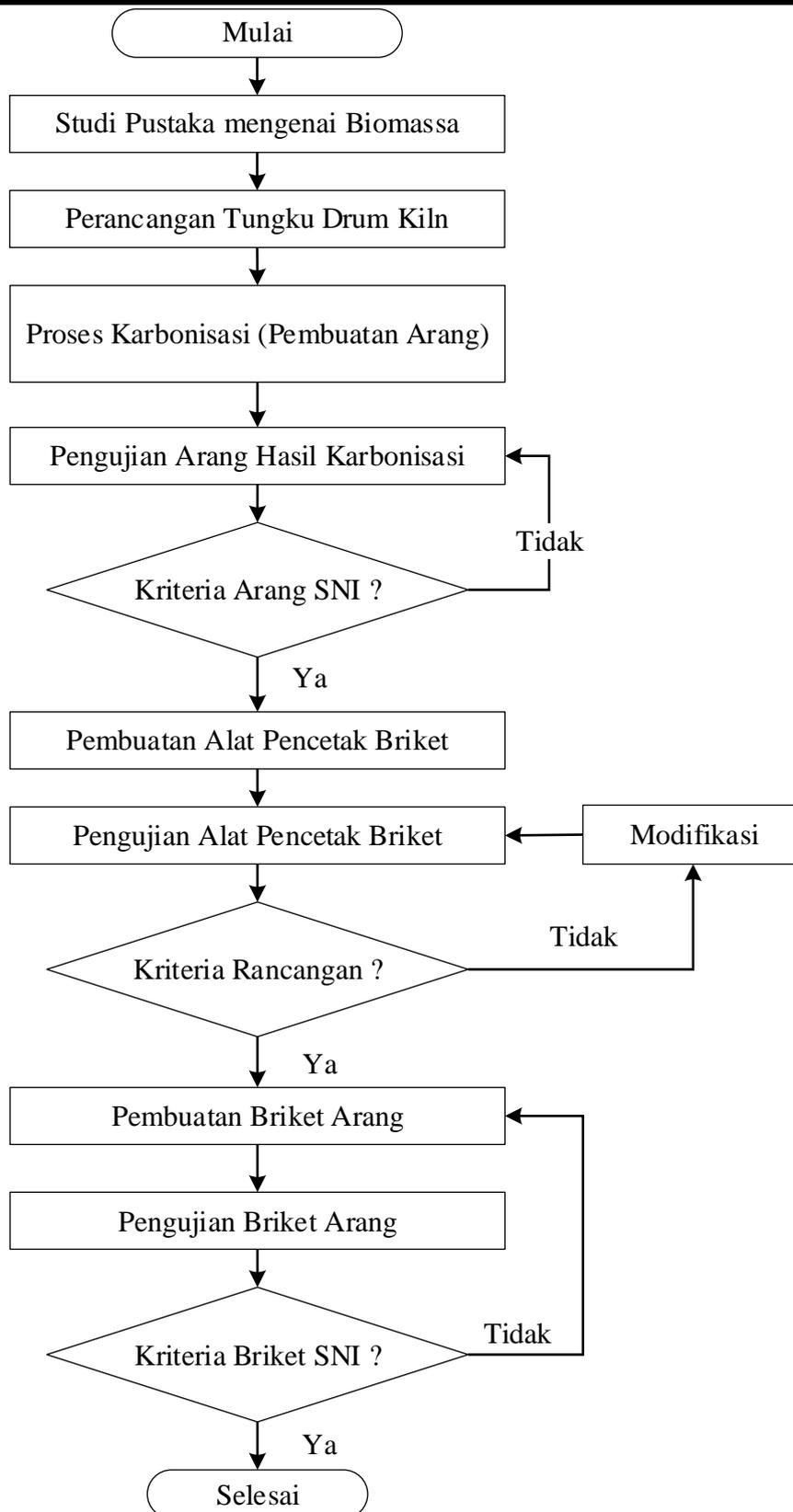
Sumber: Agustina & Endah, 2007

Bahan baku utama briket cangkang kakao adalah limbah cangkang kakao yang sumbernya berlimpah di Indonesia. Cangkang kakao diolah menjadi bentuk briket agar arang cangkang coklat menjadi lebih kompak dan mudah penanganannya. Di samping itu, penggunaannya sebagai bahan bakar akan lebih mudah dan tidak menimbulkan asap jika dipakai memasak. Menurut Mujiono (2009) bahwa syarat-syarat briket yang baik yaitu : Mudah dinyalakan dan tidak mengeluarkan asap yang berlebih, Gas hasil pembakaran tidak mengandung gas beracun yang berlebihan, Secara fisik briket harus kuat atau tidak mudah pecah jika di transportasikan, Kedap air tidak berjamur atau degradasi jika disimpan dalam waktu yang relatif cukup lama, Memiliki kandungan abu yang rendah, Menunjukkan unjuk kerja pembakaran yang baik dalam tungku pembakaran khusus dan Harga briket dapat bersaing dengan bahan bakar yang lainnya.

Bara yang terbentuk akan lebih tahan lama dengan suhu pembakaran yang lebih tinggi. Melalui penelitian-penelitian sebelumnya, Risna (2016) menjelaskan pembuatan briket arang cangkang kakao yaitu pengarangan (karbonasi), pembuatan serbuk, penyaringan, pencampuran perekat, pencetakan, pengempaan dan pengeringan.

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan proses karbonisasi (pembuatan arang) dari cangkang kakao menggunakan tungku *drum kiln*. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Perwira (2010) dengan melakukan perancangan tungku *drum kiln*, dengan efisiensi pembakaran sebesar 87,11 % . Hal ini diperkuat juga oleh Soolany (2010), dengan melakukan uji performansi tungku drum kiln diperoleh arang dengan nilai kalor sebesar 8561, 2 kal/g. Setelah proses pembuatan arang selanjutnya dilakukan pembriketan. Untuk diagram alir tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alirpenelitian

## 1.1. Variabel dan Pengukuran

Variabel yang diamati dan diukur dalam penelitian ini adalah :

### 1. Kadar air

Arang yang dihasilkan pertama kali dari proses karbonisasi memiliki kadar air yang rendah, tetapi setelah melalui proses penyimpanan dan terkena udara sekitar yang lembab maka kadar air dalam arang akan meningkat. Kadar air ini dapat menurunkan kandungan panas per kg arang.

Penentuan kadar air menurut Borman dan Ragland (1988) dalam Wijaya (2007) dilakukan dengan memanaskan sampel arang sekitar 2-3 g ke dalam ruangan tertutup dengan temperatur 105-110°C selama 3 jam. Massa sampel yang telah dipanaskan tersebut kemudian ditimbang dan digunakan untuk mengurangi massa sampel mula-mula. Perhitungannya kadar air dihitung dengan rumus:

$$KA_{(bb)} = \left\{ \frac{ma - mb}{ma} \right\} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

dengan:

- KA<sub>(bb)</sub> : Kadar air basis basah (%)
- ma : Massa bahan sebelum dikeringkan dalam oven (g)
- mb : Massa bahan setelah dikeringkan dalam oven (g)

### 2. Nilai kalor

Nilai kalor bahan bakar adalah jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh suatu gram bahan bakar tersebut dengan meningkatkan temperatur 1 g air sebesar 1°C dengan satuan kalori, dengan kata lain nilai kalor adalah besarnya panas yang diperoleh dari pembakaran suatu jumlah tertentu bahan bakar didalam zat asam.

Menurut Prawirohatmojo (1976) dalam Kardiato (2009) nilai kalor suatu bahan ditentukan oleh berat jenis bahan dan kadar air dari bahan itu sendiri. Nilai kalor didapatkan dengan pengujian menggunakan alat *Bomb calorimeter*.

Petunjuk pemakaian *bomb calorimeter* (PARR 1563).

- 1) Hidupkan refrigerator dan system sirkulasi air dengan cara menghubungkan kabel power ke sumber listrik dan menggeser saklar *on* pada alat.
- 2) Biarkan refrigerator dan system sirkulasi air bekerja hingga tercapai suhu konstan (kira-kira 30 menit).
- 3) Hubungkan kabel power pada alat *bomb* dengan sumber listrik.
- 4) Tekan saklar pada bagian belakang alat *bomb* pada posisi *on* dapat ditunggu beberapa saat hingga muncul petunjuk operasional pada monitor.
- 5) Hidupkan hiter dan pompa pada *bomb* dengan cara mengubah tanda "off" ke "on".
- 6) Tunggu beberapa saat hingga temperatur jacket mencapai 35 °C.
- 7) Buka kran tabung oksigen.
- 8) Lakukan preparasi sampel dan sampel telah siap dimasukan ke tabung *bomb*.
- 9) Isi tabung *bomb* dengan cara oksigen dengan cara menghubungkan slang oksigen dengan tabung *bomb* dan tekan tanda *O<sub>2</sub> fill* pada monitor, biarkan hingga ada tanda *O<sub>2</sub> fill completed*.
- 10) Isi ember *bomb* dengan akuades dan masukan tabung *bomb* pada ember dan tabung terendam air.
- 11) Masukan ember dan tabung *bomb* pada alat *bomb*.
- 12) Hubungkan elektroda pembakar pada *bomb* dengan tabung *bomb*.
- 13) Tekan tombol start, isi massa sampel dan tekan enter.

- 14) Biarkan proses berjalan hingga terdengar tanda bunyi yang menunjukkan sampel telah terbakar.
- 15) Bila proses telah selesai keluarkan ember dan tabung *bomb* dari alat. Matikan alat bila telah selesai menggunakan, dengan cara mengubah tanda *on* ke *off* pada monitor, mencabut kabel power dan menutup kran tabung oksigen.

### 3. Efisiensi kalor arang tempurung kelapa

Efisiensi kalor arang tempurung kelapa diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\eta = \left\{ \frac{mc \times Qc}{mt \times Qt} \right\} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

dengan:

- $\eta$  : Efisiensi (%)  
 $mc$  : Massa arang (g)  
 $mt$  : Massa tempurungkelapa (g)  
 $Qc$  : Nilai kalorarang (kal/g)  
 $Qt$  : Nilai kalortempurungkelapa (kal/g)

### 4. Jumlah tempurung kelapa yang terbakar pada saat proses karbonisasi

Mengetahui jumlah tempurung kelapa yang terbakar pada saat proses karbonisasi, yang meliputi matang seluruhnya (tempurung kelapa terbakar seluruhnya, arang bewarna hitam), sedang (warna tidak hitam seluruhnya, masih terlihat bentuk atau warna tempurung kelapa) dan tidak matang (masih berbentuk tempurung kelapa). Perhitungan jumlah tempurung kelapa yang terbakar saat proses karbonisasi dapat dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ kematangan} = \frac{\Sigma \text{arang yang jadi} - \Sigma \text{arang yang tidak jadi}}{\Sigma \text{arang yang jadi}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

### 5. Kadar abu (*ash content*)

Abu yang terdapat dalam arang merupakan kotoran yang tidak dapat terbakar. Abu ini dapat berupa tanah atau bahan mineral seperti silika. Analisa kadar abu menurut Culp (1991) dalam Wijaya (2007) dilakukan dengan mengambil sampel arang yang telah ditimbang dahulu sehingga didapat massa konstan sekitar 1 g kemudian sampel dipanaskan selama 3 jam pada temperatur 650°C. Setelah selesai sampel kemudian didinginkan dan ditimbang lagi. Perhitungan nilai kadar abu dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{m_1}{m_2} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

dengan:

- $m_1$  : Massa abu (g)  
 $m_2$  : Massa sampel yang dikeringkan (g)

### 6. *Volatile Matter*

*Volatile matter* merupakan material yang mudah menguap dalam arang yang biasanya terdiri dari metana, senyawa hidrokarbon, hidrogen, dan gas yang tidak mudah terbakar seperti karbondioksida dan nitrogen. *Volatile matter* ini dapat membantu memudahkan penyalaan arang.

Analisa kadar *volatile matter* menurut Borman dan Ragland (1998) dalam Wijaya (2007) dilakukan dengan menimbang terlebih dahulu sampel arang sehingga didapatkan massa konstan sekitar 1 g, ditempatkan pada cawan tertutup kemudian dipanaskan selama 7 menit dengan temperatur yang di atur padasuhu 950°C. Setelah selesai sampel ini kemudian ditimbang lagi, massa yang hilang dari pemanasan inilah

yang dikatakan *volatile matter*. Perhitungan nilai *volatile matter* dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Susut massa (\%)} = \frac{a-d}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{Kadar zat mudah menguap (\%)} = \text{susut massa} - \text{kadar air} \dots\dots\dots(6)$$

dengan:

a = Massa awal (g)

d = Massa sampel setelah pemanasan (g)

#### 7. Fixed Carbon

*Fixed carbon* merupakan bahan bakar padat yang tertinggal dalam tungku setelah bahan yang mudah menguap didistilasi. Kandungan utamanya adalah karbon tetapi juga mengandung hidrogen, oksigen, sulfur, dan nitrogen yang tidak terbawa gas. Nilai *fixed carbon* diperoleh melalui pengurangan angka 100 dengan jumlah kadar air, kadar abu, dan *volatile matter*. *Fixed carbon* dan *volatile matter* digunakan sebagai perhitungan untuk menilai kualitas bahan bakar, yaitu berupa nilai rasio bahan bakar.

*Fixed carbon* bertindak sebagai pembangkit utama panas selama pembakaran. Kandungan bahan yang mudah menguap yang tinggi menunjukkan mudahnya penyalaan bahan bakar (Kardianto, 2009). Persamaan untuk mencari *fixed carbon* adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ Fixed carbon} = 100 \% - (\% \text{ air} + \% \text{ abu} + \% \text{ volatile matter}) \dots\dots\dots(7)$$

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan alat pencetak briket dan arang briket dari cangkang kakao. Gambar alat pencetak briket disajikan pada Gambar 2 dengan dimensi sebagaiberikut :

- Tinggi : 45 cm
- Lebar : 40 cm
- Diameter tabung : 9 cm
- Tinggi tabung : 40 cm
- Tinggi drat : 56 cm

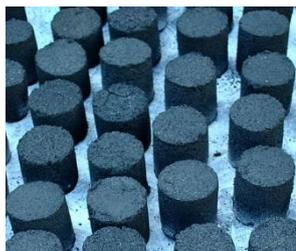


Gambar 2. Alat pencetak briket

Adapun hasil pengujian dari arang briket cangkang kakao disajikan pada Tabel 3. Untuk gambar hasil arang briket ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel3. Hasil Uji Briket Arang Cangkang Kakao

No.	Nama Uji	Hasil Uji
1.	Kadar Air	6,45 %
2.	Kadar Abu	1,11 %
3.	Uji Tekan	10,95 kg/cm <sup>2</sup>
4.	Nilai Kalor	5069,59 cal/g



Gambar 3. Gambar Briket Arang Cangkang Kakao

## 5. SIMPULANDAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan:

1. Limbah cangkang kakao dapat diolah sebagai alternative bahan bakar berdasarkan hasil analisis proksimat terhadap limbah cangkang kakao yaitu kadar air 15,6 %, kadar abu 15,5 %, senyawa volatile 48,5 %, kadar karbon 20,4 %, dan nilai kalor 4045,524 kal/g.
2. Rancang bangun drum kiln telah dilakukan hingga uji kinerja dengan tiga kali pengulangan, arang yang dihasilkan memiliki kadar air 4,2% - 7,1%, kadar abu 32,8% - 36,6%, senyawa volatile 28,0% - 31,2%, dan kadar karbon 29,2% - 32,3%, dan nilai kalor 4969.591 kal/g.
3. Untuk hasil pengujian briket arang cangkang kakao nilai kadar air 6,45 %, kadar abu 1,11 %, uji tekan 10,95 kg/cm<sup>2</sup>, nilai kalor 5069,59 cal/g

### Saran

Briket Arang cangkang kakao yang dihasilkan perlu diimplentasikan pada kompor biomassa untuk mengetahui performansi briket arang cangkang kakao untuk lebih maksimal.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S. Endah. (2007). Potensi Limbah Produksi Bio-Fuel Sebagai bahan bakar Alternatif. *Paper* pada Konferensi Nasional Pemanfaatan Hasil Samping Industri Bio-Fuel Serta Peluang Pengembangan Industri *Integratednya*. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Kab. Cilacap. (2015). Luas dan Produksi Tanaman Kakao Menurut Kecamatan di Kabupaten Cilacap tahun 2014 2015. <https://cilacapkab.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/41>. Diakses 10 Juni 2017.

- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2015). Statistik Perkebunan Indonesia, Tree Crop Estate Statistics of Indonesia 2014-2016 Kakao atau Cocoa. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Husada, T. I. (2008). Arang Briket Tongkol Jagung sebagai Energi Alternatif, Laporan Penelitian Program Penelitian inovasi Mahasiswa Provinsi Jawa Tengah, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Lestari, L., E.S. Hasan, Risna. (2017). Pengaruh Tekanan dan Ukuran Partikel terhadap Kualitas Briket Arang Cangkang Coklat. *Jurnal Aplikasi Fisika Volume : 13 (2)*.
- Mujiono. (2009). Analisis Pemanfaatan Biobriket Arang Serbuk Gergaji dan Sekam Padi Dilihat dari Aspek Teknis dan Ekonomis : Skripsi, Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- Patabang, D. (2011). Studi Karakteristik Termal Briket Arang Kulit Buah Kakao. *Jurnal Mekanikal Volume : 2 (1)*.
- Perwira, F.S. 2010. Rancang Bangun Drum Kiln Menggunakan Isolator Untuk Pembuatan Arang Tempurung Kelapa. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman.
- Risna. (2016). Pengaruh Tekanan dan Ukuran Partikel Terhadap Kualitas Briket Arang Cangkang Coklat : Skripsi , Jurusan Fisika. Universitas Halu Oleo, Kendari.
- Soolany, C. 2010. Uji Performansi *Drum Kiln* Untuk Pembuatan Arang Dari Tempurung Kelapa. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Jenderal Soedirman.