

**PENGARUH KOMBINASI CANGKANG KEMIRI DENGAN
TEMPURUNG KELAPA TERHADAP NILAI KALOR BRIKET**

SKRIPSI

OLEH:

**VERIANTO SIHOMBING
178130012**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 10/3/23

Access From (repository.uma.ac.id)10/3/23

HALAMAN JUDUL

PENGARUH KOMBINASI CANGKANG KEMIRI DENGAN TEMPURUNG KELAPA TERHADAP NILAI KALOR BRIKET

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

OLEH:

VERIANTO SIHOMBING
178130012

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area


Document Accepted 10/3/23


Access From (repository.uma.ac.id)10/3/23

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Pengaruh Kombinasi Cangkang Kemiri Dengan
Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Kalor Briket
Nama Mahasiswa : Verianto Sihombing
NIM : 178130012
Bidang Keahlian : Konversi Energi

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


(Muhammad Idris, S.T., M.T.)
Dosen Pembimbing I


(Indra Hermawan, S.T., M.T.)
Dosen Pembimbing II


(Dr. Rahmatsyah, S. Kom, M. Kom)
Dekan


(Chairul Huda, S.T., M.T.)
Ka. Prodi

Tanggal Lulus : 20 Januari 2023

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 10/3/23

Access From (repository.uma.ac.id)10/3/23

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai sorma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, Desember 2023



Verianto Sihombing
178130012

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Verianto Sihombing

NPM : 178130012

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Nonekslitif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: Pengaruh Kombinasi Cangkang Kemiri Dengan Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Kalor Briket.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Medan
Pada tanggal: Januari 2023
Yang menyatakan



Verianto Sihombing
(178130012)

ABSTRAK

Permintaan energi di dunia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi. Biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang berasal dari makhluk hidup yang meliputi tumbuh-tumbuhan, hewan dan produk sampingnya seperti sampah kebun, hasil panen dan sebagainya. Menurut laporan dari *International Energi Agency* (IEA), biomassa dapat menyediakan 30% dari suplay energi utama di beberapa Negara berkembang dan dapat menghemat bahan bakar fosil. Secara umum teknologi konversi biomassa menjadi bahan bakar dapat dibedakan menjadi tiga yaitu pembakaran langsung, konversi termokimiawi, dan konversi biokimiawi. Selain dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar padat, biomassa juga dapat diolah menjadi berbagai jenis *biofuel*. *Biofuel* dapat di produksi dalam tiga jenis yang berbeda yaitu: padat (*biochar*), cair (*bioethanol*, biodiesel) dan gas (biohidrogen, biogas). Cangkang kemiri diperoleh dari hasil pengolahan biji kemiri. Dari setiap kilogram biji kemiri akan dihasilkan 30% inti dan 70% tempurung. Pada penelitian ini akan disintesis karbon dari kulit kemiri, dengan memperhatikan komponen kimianya seperti hemiselulosa 49,22 % dan lignin 54,46 %. Arang tempurung kemiri yang sudah dijadikan briket sudah memiliki nilai kalor sebesar 7.958,33 kal/gr. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Esmar, menyebutkan bahwa komposisi kimia tempurung kelapa terdiri dari 74,3% C (Karbon), 21.9% O (Oksigen), 0.2% Si (Silikon), 1.4% K (Potasium), 0.5% S (Sulfur), 1.7% P (Phosphor). Briket adalah bahan bakar yang dipadatkan dan dibentuk dalam cetakan. Hasil data analisis diperoleh menggunakan Minitab20 dengan optimasi produk dengan metode Taguchi. Nilai LHV optimum briket yang direkomendasikan Taguchi didapat dari briket variasi campuran level 2 yaitu 65% arang cangkang kemiri dan 25% arang tempurung kelapa dengan konsentrasi perekat 10%, didapat kalor sebesar 23884,252 kJ/kg terhadap *uncontrol factor* yaitu kecepatan angin 0,5 m/s, temperatur lingkungan 37,4 °C, dengan kelembaban udara 46% sedangkan pada pengamatan pengujian di labolatorium nilai LHV optimum berada pada briket variasi campuran level 3 dengan perolehan nilai sebesar 32054,208 kJ/kg dengan variasi campuran yaitu 45% cangkang kemiri dan 45% arang tempurung kelapa dengan konsentrasi perekat 10% tepung kanji.

Kata kunci: Biomassa, Cangkang Kemiri, Tempurung Kelapa, Nilai kalor Briket

ABSTRACT

The world's energy demand continues to increase with population growth and economic growth. Biomass is a renewable energy source obtained from living organisms including plants, animals, and by-products such as garden waste, crops. The International Energy Agency (IEA) reports that biomass provides 30% of the primary energy supply and saves fossil fuels in some developing countries. In general, technologies for converting biomass into fuels can be divided into three areas: direct combustion, thermochemical conversion, and biochemical conversion. Biomass can be used directly as a solid fuel as well as processed into various types of biofuels. Biofuels can be produced in three different ways: solid (biochar), liquid (bioethanol, biodiesel) and gaseous (biohydrogen, biogas). Candlenut shells are obtained by processing candlenut seeds. Each kilogram of candlenut seed produces 30% core and 70% husk. In this study, carbon is synthesized from hazelnut shells, considering their chemical composition as 49.22% hemicellulose and 54.46% lignin. Candles processed into briquettes The charcoal obtained from his nut shells already has a calorific value of 7,958.33 calories/gram. According to a study by Esmar, the chemical composition of coconut shell is said to be C (carbon) 74.3%, O (oxygen) 21.9%, Si (silicon) 0.2%, 1.4%. increase. K (potassium), 0.5% S (sulphur), 1.7% P (phosphorous). A briquette is a fuel that has been compacted and molded in a mold. Analytical data results were determined using Minitab20 with product optimization according to the Taguchi method. The optimal LHV value for briquettes recommended by Taguchi was obtained from briquettes with mixed variation level 2: 65% candlenut shell charcoal and 25% coconut shell charcoal, 10% adhesive concentration, 23884.252 kJ/kg calorific value. While the uncontrolled factors, i.e. wind speed of 0.5 m/s, ambient temperature of 37.4 °C and humidity of 46%, laboratory test observations show that the briquettes with level 3 mixing variation at a value of 32054.208 kJ/kg. The optimal LHV value was a mixed variation of 45% shell candlenut and 45% coconut shell char with an adhesive concentration of 10%.

Keywords: Biomass, Pecan Shell, Coconut Shell, Calorific Value Briquettes

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Verianto Sihombing dilahirkan di Desa Barangbang, Kec. Sosorgadong, Kab. Tapanuli Tengah pada tanggal 11 Oktober 1996 dari ayah Masril Sihombing dan ibu Ramsini Bondar. Penulis merupakan putra pertama dari tujuh bersaudara. Tahun 2009 penulis menyelesaikan Pendidikan Dasar di SDN 155705 Barangbang 2, tahun 2012 penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Sosorgadong, tahun 2015 penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Swasta Muhammadiyah 11 Sibulan jurusan Teknik Sepeda Motor, pada tahun 2017 penulis melanjutkan Pendidikan sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin di Universitas Medan Area. Penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di PT Industri Karet Nusantara yang beralamat di Jl. Medan-Tebing Tinggi KM 12, Amplas, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara dan tamat di Universitas Medan Area tahun 2023.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil`alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Adapun penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan studi dalam rangka memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik. Pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Dadan Ramdan, M. Eng., M. Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area yang memberikan izin dan fasilitas untuk penyusunan tugas akhir.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S. Kom., M. Kom., selaku Dekan Fakultas Teknik yang telah memberikan izin dalam penyusunan tugas akhir.
3. Bapak Muhammad Idris, S. T., M. T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area sekaligus Dosen Pembimbing satu dalam penyusunan tugas akhir.
4. Bapak Dr. Iswandi, S. T., M. T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area yang telah banyak membantu dalam pengurusan berkas dan administrasi dalam penyusunan tugas akhir.
5. Bapak Indra Hermawan, S. T., M. T., selaku Dosen Pembimbing Dua dalam penyusunan tugas akhir.
6. Segenap Bapak/Ibu Dosen dan Pegawai Birokrasi Administrasi Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.

7. Kedua orang tua, Ayahanda Masril Sihombing dan Ibunda Ramsini Bondar dan seluruh keluarga yang selalu memberi motivasi, dukungan, dan doa yang tulus.
8. Teman-teman seperjuangan sekaligus sahabat yang selalu memberikan semangat dan dorongan dalam penyusunan tugas akhir.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu penulis berharap kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca demi kebaikan dan kesempurnaan dimasa yang akan datang. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat, akhir kata penulis ucapkan terimakasih.

Medan November 2022
Penulis

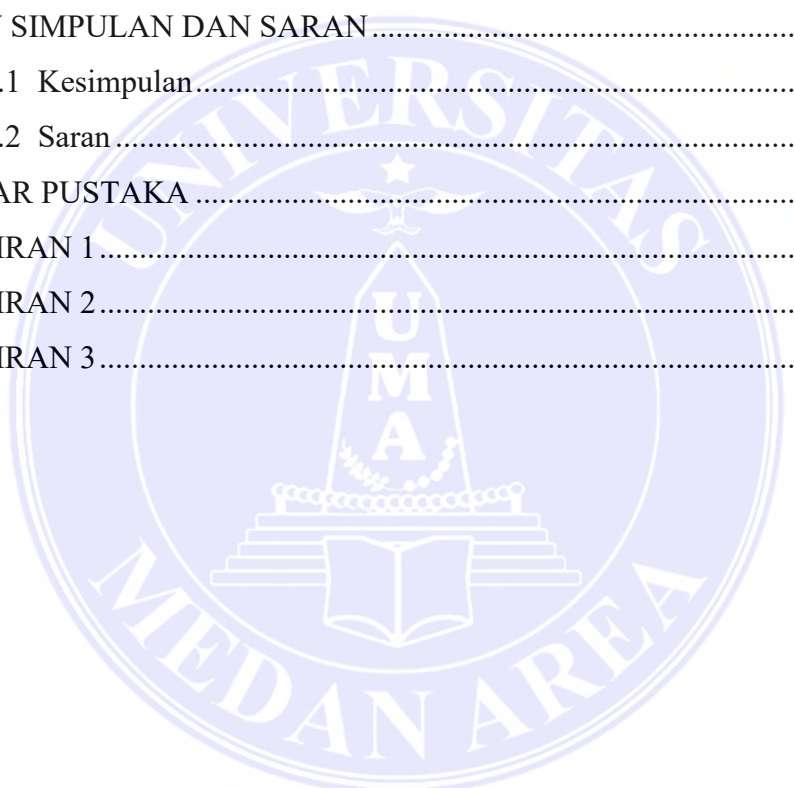


Verianto Sihombing
(178130012)

DAFTAR ISI

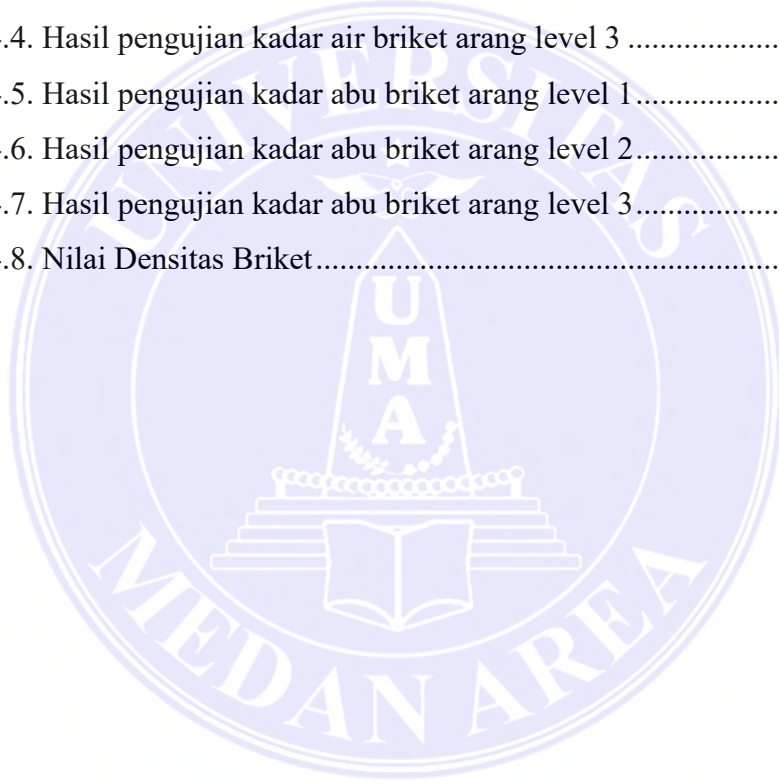
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
ABSTRAK.....	vi
RIWAYAT HIDUP.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Dan Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Energi Biomassa.....	6
2.2 Briket.....	8
2.3 Cangkang kemiri.....	12
2.4 Tempurung kelapa.....	14
2.5 Faktor-faktor yang menentukan kualitas briket.....	16
2.6. Parameter Efisiensi Energi.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Tempat dan Waktu.....	25
3.2 Alat dan Bahan.....	26
3.3 Prosedur Penelitian.....	33
3.4 Diagram Alir.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1 Hasil.....	39

4.1.1 Pengujian nilai kalor briket	39
4.1.2 Pengujian kadar air briket	40
4.1.3 Pengujian kadar abu briket.....	41
4.1.4 Densitas Briket	43
4.2 Pembahasan	44
4.2.1 Nilai kalor briket arang	44
4.2.2 Pengujian kadar air briket	45
4.2.3 Pengujian kadar abu briket.....	46
4.2.4 Densitas Briket	46
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN 1	52
LAMPIRAN 2	54
LAMPIRAN 3	55



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Hasil pengujian briket tempurung kelapa.....	15
Tabel 2.2. Standar kualitas briket arang kayu (SNI 1 -6235-2000).....	24
Tabel 2.3. Standar arang komersial di Negara Jepang, Inggris, dan United of State Amerika (USA).....	24
Tabel 4.1. Hasil pengujian nilai LHV briket terhadap Uncontrol factor.....	39
Tabel 4.2. Hasil pengujian kadar air briket arang level 1	40
Tabel 4.3. Hasil pengujian kadar air briket arang level 2	41
Tabel 4.4. Hasil pengujian kadar air briket arang level 3	41
Tabel 4.5. Hasil pengujian kadar abu briket arang level 1	42
Tabel 4.6. Hasil pengujian kadar abu briket arang level 2.....	42
Tabel 4.7. Hasil pengujian kadar abu briket arang level 3.....	42
Tabel 4.8. Nilai Densitas Briket.....	43



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Macam-macam biomassa.....	8
Gambar 2.2. Bentuk briket.....	11
Gambar 2.3. Cangkang Kemiri.....	14
Gambar 2.4. Tempurung Kelapa.....	15
Gambar 3.1. Digital Anemometer.....	26
Gambar 3.2. Furnace.....	27
Gambar 3.3. Bom Kalorimeter.....	28
Gambar 3.4. Ayakan.....	28
Gambar 3.5. Timbangan Digital.....	29
Gambar 3.6. Lesung Kayu.....	29
Gambar 3.7. Cetakan Briket.....	30
Gambar 3.8. Tungku Briket.....	30
Gambar 3.9. Stopwatch.....	31
Gambar 3.10. Arang Cangkang Kemiri.....	31
Gambar 3.11. Arang Tempurung Kelapa.....	32
Gambar 3.12. Tepung Kanji.....	32
Gambar 3.13. Briket Arang.....	33
Gambar 3.14. Proses Pembuatan Briket.....	36
Gambar 4.1. Nilai kalor briket.....	44
Gambar 4.2. Persentase kadar air briket arang.....	45
Gambar 4.3. Persentase kadar abu briket.....	46
Gambar 4.4. Densitas briket.....	47

DAFTAR NOTASI



HHV	=	<i>High Heating Value</i> (kJ/kg)
LHV	=	<i>Low Heating Value</i> (kJ/kg)
C _v	=	Kalor Jenis Bom Kalorimeter (kJ/kg°C)
T _{kp}	=	Kenaikan Temperatur Kawat Penyala (°C)
T ₁	=	Suhu Awal (°C)
T ₂	=	Suhu Akhir (°C)
β	=	Massa Jenis (kg/m ³)
M	=	Massa (kg)
V	=	Volume (m ³)
M ₁	=	Massa Awal (kg)
M ₂	=	Massa Akhir (kg)
a	=	Kadar air (%)
b	=	Zat menguap (%)
c	=	Kadar abu (%)
MB ₁	=	Massa briket sebelum pembakaran (kg)
MB ₂	=	Massa abu briket sesudah pembakaran (kg)
WBT	=	<i>Water Boiling Test</i> (s)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan energi di dunia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi. Untuk menghasilkan energi yang diperlukan dan untuk memasok permintaan energi yang semakin meningkat dan juga untuk mematuhi peraturan yang terkait dengan lingkungan polusi, penggunaan biomassa sebagai sumber energi terbarukan menjadi lebih banyak dan lebih penting [1]. Kayu bakar merupakan sumber energi terpenting di sebagian besar Negara Sub-Sahara, terutama kayu bakar yang memenuhi sebagian besar kebutuhan energi memasak.

Togo merupakan salah satu Negara berkembang yang mengolah biomassa mentah menjadi arang di daerah perkotaan maupun pedesaan. Penggunaan kayu bakar yang berlebihan di daerah ini telah menyebabkan penggundulan hutan yang berperan dalam perubahan iklim. Untuk mengurangi penggundulan hutan, digunakan bahan bakar fosil secara besar-besaran seperti minyak bumi dan gas, tetapi produksi dan penggunaan bahan bakar fosil menyebabkan pencemaran lingkungan. Kegiatan utama sebagian besar penduduk Afrika Barat adalah bertani. Banyak residu dan limbah pertanian dihasilkan, namun tidak dimanfaatkan dengan baik dan dikelola dengan buruk karena sebagian besar limbah ini dibiarkan begitu saja atau dibakar di lapangan yang mengakibatkan pencemaran dan degradasi lingkungan.

Salah satu cara penting untuk membatasi deforestasi dan melindungi lingkungan adalah dengan membuat briket limbah pertanian dan biomassa lainnya [2]. Biomassa saat ini dianggap sebagai sumber utama energi terbarukan dan paling tersebar di seluruh dunia. Dekomposisi termokimia biomassa dapat dilakukan dalam beberapa cara seperti pirolisis, gasifikasi dan pembakaran. Mengingat penipisan sumber daya fosil yang dapat di prediksi dan masalah lingkungan yang di timbulkan oleh konsumsinya.

Penggunaan sumber energi alternatif sangat penting untuk terus memenuhi kebutuhan energi global sambil melestarikan lingkungan [3]. Isu global krisis energi dan perubahan iklim memaksa untuk mengembangkan teknologi energi terbarukan dalam kerangka global. Dalam situasi seperti itu, pirolisis biomassa telah menerima perhatian besar dan penelitian tentang pirolisis semakin banyak di lakukan akhir-akhir ini. Amerika Serikat dan Negara-negara Eropa telah membentuk kelompok tugas pengembangan teknologi pirolisis sebagai tugas 34 Bioenergi, Badan Energi Internasional (IEA) sejak tahun 1995 dan tugas tersebut masih berlanjut hingga sekarang [9].

Tempurung kemiri sebenarnya mempunyai prospek yang bagus untuk di jadikan sebagai bahan bakar alternatif karena arang tempurung kemiri yang sudah di jadikan briket sudah memiliki nilai kalor sebesar 7.958,33 kal/gr. Kemiri mempunyai 2 lapis kulit yaitu kulit buah dan tempurung, dari setiap kilogram biji kemiri akan dihasilkan 30% inti dan 70% tempurung. Tempurung kemiri yang selama ini banyak di jadikan limbah, sebenarnya mempunyai kegunaan yang cukup bermanfaat. Pemanfaatannya selama ini hanya di jadikan sebagai bahan bakar untuk memasak biji kemiri, pengeringan kemiri isi dengan sistem

pengasapan, di buang dan sebagian di jual. Unsur utama dari biomassa adalah bermacam-macam zat kimia (molekul) yang sebagian besar mengandung atom karbon (C). Biomassa secara garis besar tersusun dari selulosa dan lignin (sering disebut lignin selulosa). Komposisi elementer biomassa kira-kira 53% karbon, 6% hidrogen, dan 42% oksigen, serta sedikit nitrogen, fosfor dan belerang (biasanya masing-masing kurang dari 1%). Biomassa tersebut dapat diolah menjadi bioarang, yang merupakan bahan bakar dengan tingkat nilai kalor yang cukup tinggi dan dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari [4].

Selain itu, keberadaan tempurung kelapa yang melimpah baik yang berasal dari limbah pertanian maupun yang berasal dari limbah rumah tangga dan industri yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Komposisi kimia tempurung kelapa adalah selulosa 26,60%, pentosan 27,70% dan lignin 29,40%. Arang batok kelapa adalah batok kelapa yang dibakar tidak sempurna. Pembakaran tempurung kelapa yang tidak sempurna tidak mengoksidasi senyawa karbon kompleks menjadi karbon dioksida. Ini dikenal sebagai pirolisis. Semakin rendah kadar abu, kadar air dan zat terbang, semakin tinggi kandungan karbon tetap dan semakin tinggi kualitas arang [5].

Berdasarkan uraian diatas maka penulis tertarik dan berupaya untuk mencoba mengkombinasikan biomassa cangkang kemiri dengan tempurung kelapa menjadi bahan bakar alternatif dalam bentuk briket sebagai pengganti bahan bakar fosil. Penulis berasumsi bahwa penelitian ini, menghasilkan nilai kalor briket yang tinggi dibandingkan dengan penelitian briket sebelumnya guna memenuhi kebutuhan energi.

1.2 Identifikasi Dan Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa nilai kalor optimum briket yang diperoleh dari persentase campuran, temperatur lingkungan, kecepatan angin, dan kelembaban udara?
2. Berapa nilai kadar air, kadar abu dan densitas briket dari kombinasi biomassa tersebut?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan menjadi acuan terhadap penulisan tugas akhir ini yaitu:

1. Pembahasan hanya sebatas nilai kalor optimum briket dari persentase campuran, temperatur lingkungan, kecepatan angin dan kelembaban udara.
2. Pembahasan mengenai kadar air, kadar abu dan densitas briket pada kombinasi biomassa cangkang kemiri dan tempurung kelapa.

1.4 Tujuan Penelitian

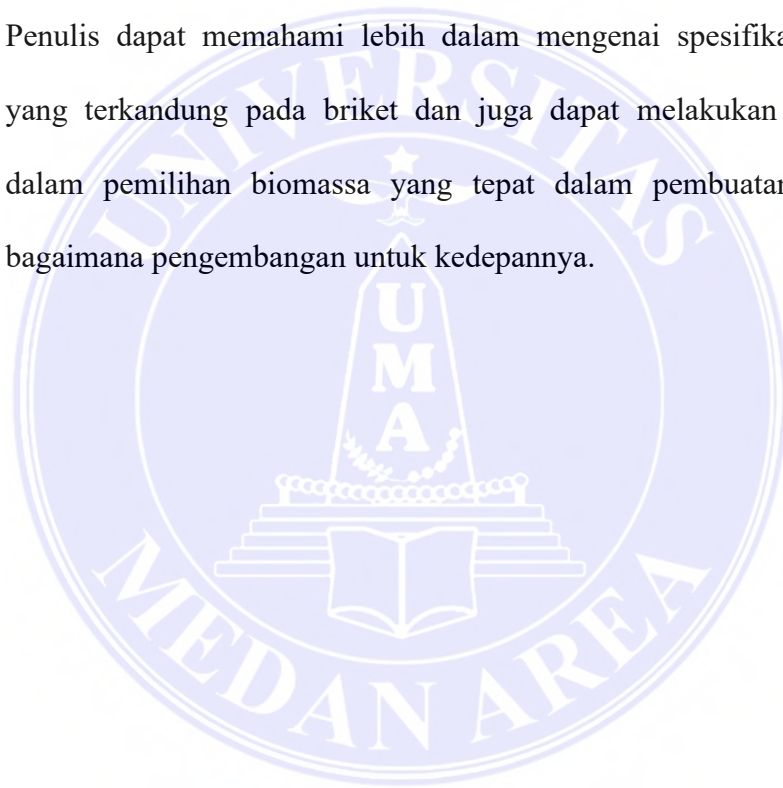
Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian dan penulisan tugas akhir yaitu:

1. Menganalisis nilai kalor optimum briket terhadap persentase campuran, temperatur lingkungan, kecepatan angin dan kelembaban udara dari kombinasi biomassa cangkang kemiri dan tempurung kelapa.
2. Menganalisis nilai kadar air, kadar abu dan densitas briket dari kombinasi biomassa tersebut.

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu:

1. Meningkatkan pendapatan masyarakat melalui usaha briket yang berkualitas.
2. Menyediakan sumber energi alternatif untuk industri dan rumah tangga.
3. Dapat mengurangi pencemaran lingkungan supaya tercipta lingkungan yang bersih dengan cara memanfaatkan limbah.
4. Penulis dapat memahami lebih dalam mengenai spesifikasi nilai kalor yang terkandung pada briket dan juga dapat melakukan perbandingan dalam pemilihan biomassa yang tepat dalam pembuatan briket serta bagaimana pengembangan untuk kedepannya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Biomassa

Biomassa merupakan bahan biologis yang berasal dari organisme hidup (tumbuhan dan hewan), yang secara sederhana disebut biomassa lignoselulosa. Beberapa tahun terakhir, di beberapa negara maju, minat penggunaan bahan bakar biomassa untuk keperluan pemanasan semakin meningkat. Bahan bakar biomassa padat memiliki keunggulan dibandingkan bahan bakar fosil karena aspek lingkungan. Selain itu, produksi biomassa menciptakan lapangan kerja baru dan meningkatkan ketahanan energi dengan ketergantungan pada impor. Kerugian penggunaan residu pertanian adalah pemasokan biomassa yang tidak stabil dan tidak dapat diandalkan. Biomassa dapat diubah menjadi energi (panas atau listrik) atau pembawa energi (arang, minyak, dan gas) dengan menggunakan teknologi termokimia dan biokimia [6].

Biomassa adalah sumber energi terbarukan yang berasal dari organisme hidup termasuk tanaman, hewan, dan produk sampingan seperti limbah kebun, dan lain-lain. Organisme hidup atau bahan biologis berasal dari organisme hidup yang tersusun atas campuran kimiawi bahan organik yang mengandung karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen, dan elemen serta atom lainnya. Target pencarian sumber energi dari biomassa adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan sumber energi yang tidak ada habisnya.
2. Mendapatkan sumber energi yang lebih ramah lingkungan.
3. Peningkatan ketahanan sumber energi mandiri terbarukan.

4. Peningkatan pemanfaatan lahan dan sumber energi baru.

Dalam penggunaannya, biomassa dapat digunakan secara langsung maupun tidak langsung sebagai bahan bakar. Menurut laporan dari *International Energi Agency* (IEA), biomassa dapat menyediakan 30% dari suplay energi utama di beberapa Negara berkembang dan dapat menghemat bahan bakar fosil. Selain dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar padat, biomassa juga dapat diolah menjadi berbagai jenis *biofuel*. *Biofuel* dapat di produksi dalam tiga jenis yang berbeda yaitu: padat (*biochar*), cair (*bioethanol*, biodiesel) dan gas (biohidrogen, biogas). Pada zaman sekarang ini *biofuel* merupakan bahan bakar alternatif yang mempunyai peranan penting karena dapat mengurangi emisi gas dan meningkatkan ketahanan energi [7].

Secara umum, teknologi konversi biomassa menjadi bahan bakar dapat dibagi menjadi tiga bidang: pembakaran langsung, konversi termokimia dan konversi biokimia. Peningkatan konsumsi energi tidak cukup sesuai dengan efisiensi konsumsi energi, sehingga penerapan penghematan energi dianggap sangat penting. Kebutuhan energi di Indonesia biasanya diperoleh dari hasil tambang yang sumber dayanya menipis dari waktu ke waktu hingga suatu saat habis.

Briket adalah arang yang dibentuk dalam cetakan yang digunakan sebagai bahan bakar untuk menyalakan dan mempertahankan nyala api. Briket yang paling umum digunakan adalah briket batubara, briket arang, briket gambut dan briket biomassa. Briket tempurung kelapa terkandung dalam biomassa. Energi biomassa merupakan sumber energi yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diregenerasi untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif [8].

Komponen penyusun biomassa itu sendiri terutama terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Perbandingan ketiga unsur tersebut adalah selulosa 40-45% (untuk tanaman kasar dan halus), lignin 25-35% (untuk tanaman halus) dan 17-25% (untuk tanaman kasar), hemiselulosa 20% (untuk tanaman halus) dan 17 - 25% (tanaman kasar) [9].



Gambar 2.1. Macam-macam biomassa

2.2 Briket

Briket adalah bahan bakar yang telah dipadatkan dan dicetak dalam suatu cetakan. Briket dapat berbentuk kubus atau silinder dengan berbagai ukuran. Briket biasanya dibuat dari limbah atau *bio-waste* dari limbah pertanian yang sudah tidak terpakai lagi [10]. Briket arang dibuat dengan cara mencampurkan bahan-bahan yang berkadar karbon tinggi dan mencetaknya pada tekanan tertentu kemudian dikeringkan pada suhu tertentu supaya kadar airnya serendah mungkin serta memiliki densitas dan nilai kalor yang tinggi dengan emisi gas buang yang minimal [11]. Biobriket berkualitas tinggi memiliki karakteristik seperti tekstur halus, tidak mudah terurai, keras, aman bagi manusia dan lingkungan, serta sifat penyalaan yang baik.

Mekanisme pembuatan briket secara umum terdiri dari 4 tahap yaitu:

2.2.1 Pengurangan Kadar Air

Pengeringan dapat dilakukan dengan menjemur di bawah sinar matahari atau menggunakan alat pengering khusus. Setelah proses pengeringan, kadar air ditentukan sesuai dengan metode SNI No. 06-3730-1995. Semakin rendah kadar airnya, semakin tinggi nilai kalorinya.

2.2.2 Pembakaran/Pirolisis

Pembakaran langsung biomassa dapat menyebabkan masalah pernapasan karena adanya karbon monoksida, sulfur dioksida, dan partikel. Oleh karena itu, salah satu teknik yang digunakan untuk mendapatkan karbon adalah pirolisis (suatu proses di mana suatu zat dipanaskan sedemikian rupa sehingga komponen kimianya terurai tanpa adanya oksigen). Disini proses pirolisis berlangsung pada suhu 200°C sampai 500°C. Pada tahap suhu rendah (0°C s/d 200°C), reaksi pada bagian ini merupakan reaksi endoterm yaitu reaksi yang menyerap kalor artinya kalor yang dihasilkan reaksi lebih kecil dari kalor terserap.

Proses pirolisis berjalan pelan namun kayu tidak sampai terbakar. Selanjutnya tahap temperatur tinggi (di atas 200°C), tahap ini merupakan reaksi eksotermik yaitu reaksi yang menghasilkan panas artinya panas yang di hasilkan dari reaksi ini lebih besar dari yang diterima. Ditahap ini proses dekomposisi meningkat pesat, dimulai dari terjadinya proses dekomposisi komponen kayu misalkan hemiselulosa, selulosa dan lignin (hemiselulosa terdekomposisi pada temperatur 200°C - 250°C, selulosa mulai 280°C dan berakhir pada 300°C - 350°C, sementara lignin mulai terdekomposisi pada temperatur 300°C - 350°C dan berakhir pada temperatur 400°C - 450°C). semua hasil dekomposisi menguap bersamaan dengan meningkatnya temperatur pirolisis dan residu yang tertinggal adalah arang.

2.2.3 Perekatan

Bahan baku yang telah menjadi arang, kemudian dibuat serbuk yaitu digiling dengan mesin penggiling dan ditumbuk. Serbuk yang telah diperoleh disaring dengan saringan sehingga mempunyai besaran serbuk yang seragam. Serbuk arang yang sudah disaring tersebut kemudian dicampur dengan bahan perekat [7]. Berdasarkan fungsi dari perekat dan kualitas perekat itu sendiri, pemilihan bahan perekat dapat dibagi sebagai berikut:

2.2.3.1 Berdasarkan sifat atau bahan baku perekatan briket

Adapun karakteristik bahan baku perekatan untuk pembuatan briket adalah sebagai berikut:

1. Memiliki gaya kohesi yang baik bila dicampur dengan semikokas atau batubara.
2. Mudah terbakar dan tidak berasap.
3. Mudah didapat dalam jumlah banyak dan murah harganya.
4. Tidak mengeluarkan bau, tidak beracun dan tidak berbahaya.

2.2.3.2 Berdasarkan Jenis

Jenis bahan baku yang umum dipakai sebagai pengikat yang umum dipakai sebagai pengikat untuk pembuatan briket yaitu:

1. Pengikat Anorganik

Pengikat anorganik dapat menjaga keawetan briket selama proses pembakaran, sehingga permeabilitas dasar bahan bakar tidak terganggu.

Pengikat anorganik ini memiliki kelemahan yaitu adanya kelebihan abu dari pengikat untuk mencegah pembakaran dan menurunkan nilai kalor.

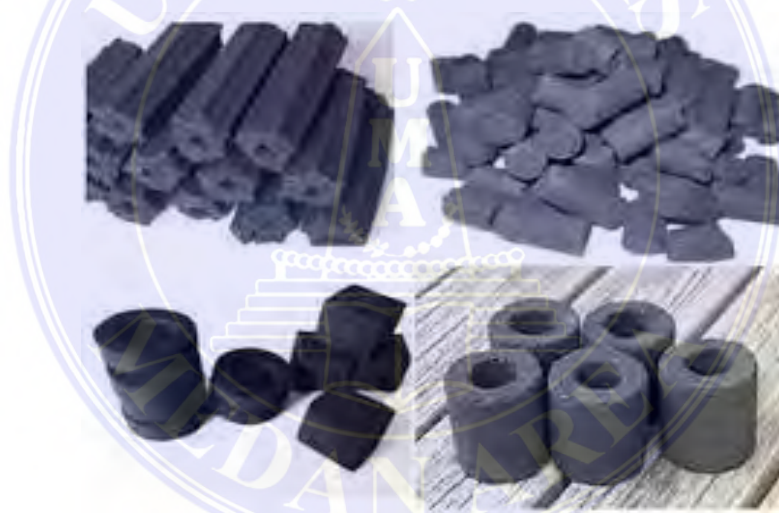
Contoh pengikat anorganik adalah semen, tanah liat, natrium silikat.

2. Pengikat Organik

Pengikat organik menghasilkan abu yang relatif sedikit setelah membakar briket dan umumnya merupakan perekat yang efektif. Contoh pengikat organik adalah kanji, tar, aspal, tetes tebu dan parafin. Perekat yang biasa digunakan dalam pembuatan briket adalah tepung tapioka dan sagu [12].

2.2.4 Pencetakan Briket

Setelah adonan briket jadi, kemudian adonan dimasukkan ke dalam alat cetak briket. Briket arang yang telah dicetak kemudian dikeringkan. Proses pengeringan bisa dilakukan secara manual dibawah terik matahari atau dengan menggunakan oven. Berikut ini contoh bentuk-bentuk briket.



Gambar 2.2. Bentuk briket

Dengan memperhatikan hal diatas, briket hanya sesuai untuk keperluan industri kecil dan rumah tangga. Nilai kalor briket sangat beragam sesuai dengan bahan bakunya. Briket memiliki beberapa keunggulan dibandingkan bahan bakar padat lainnya. Artinya lebih efisien dan ekonomis, panas lebih tinggi, batu bara terbakar cukup lama dan tidak menghasilkan jelaga, sehingga peralatan masak Anda tetap bersih dan aman (tidak beracun dan tidak mudah meledak) abu briket

dapat digunakan sebagai pupuk. Proses pemadatan terjadi apabila suatu benda dipanaskan sampai titik apinya sehingga membara dan aliran oksigen dihentikan/dibatasi dengan menutup beberapa lubang untuk mencegah benda tersebut terbakar menjadi abu. Proses solidifikasi dapat meningkatkan nilai kalor dan kandungan karbon tetap serta menurunkan kadar air, abu dan volatil.

Nilai kalor bahan bakar adalah jumlah maksimum energi termal yang dilepaskan bahan bakar dalam reaksi pembakaran sempurna per satuan massa atau volume bahan bakar. Tujuan dari analisis nilai kalor bahan bakar adalah untuk mendapatkan informasi tentang energi panas yang dapat dikeluarkan dari bahan bakar selama proses reaksi atau pembakaran. Alat yang digunakan untuk mengukur nilai kalor disebut kalorimeter bom. Kalorimeter bom bekerja berdasarkan prinsip adiabatik, yang berarti tidak ada panas yang masuk atau keluar dari sistem, yaitu. kondisi ideal berlaku. Dengan asumsi kalorimeter bom diisolasi sempurna dari lingkungan, hukum kekekalan energi dalam sistem adalah bahwa energi yang dilepaskan dalam proses pembakaran sama dengan energi yang diserap oleh air dan perangkat kalorimeter [4].

2.3 Cangkang kemiri

Kemiri (*Aleurites moluccana* L) merupakan tumbuhan yang bijinya dimanfaatkan sebagai sumber minyak dan rempah-rempah. Tumbuhan ini masih berkerabat dengan singkong dan termasuk dalam famili Euphorbiaceae (*Euphorbiaceae*). Asal pastinya tidak diketahui, tanaman ini didistribusikan dari India dan Cina melalui Asia Tenggara dan Nusantara ke Polinesia dan Selandia Baru. Tanaman ini merupakan tanaman resmi negara bagian Hawaii. Di Indonesia, kemiri dikenal dengan banyak nama. Diantaranya, kembiri, gambiri,

hambiri (Batak), kemili (Gayo), kemiling (Lampung), buah kare (Minangkabau, Nias), keminting (Dayak), muncang (Sunda), miri (Jawa). Pohonnya disebut sebagai *varnish tree* atau *cucunut tree* [13].

Cangkang kemiri diperoleh dari hasil pengolahan biji kemiri. Dari setiap kilogram biji kemiri akan dihasilkan 30% inti dan 70% tempurung. Sedangkan persentase masa buah kemiri menjadi tempurungnya sebesar 64,57% dan tergolong sangat tinggi bila dibandingkan dengan tempurung kelapa dan tempurung kelapa sawit yang tidak lebih dari 30%. Jumlah tempurung kemiri yang dihasilkan dari tiap pengolahan biji kemiri sangat banyak tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Untuk itu diperlukan suatu usaha pemanfaatan tempurung agar tidak menjadi limbah [14].

Kulit kemiri merupakan salah satu bahan biomassa yang dapat digunakan untuk pembuatan karbon. Bahan baku yang dapat digunakan untuk pengolahan karbon, persyaratannya adalah mengandung unsur karbon tinggi, baik organik maupun anorganik dan memiliki banyak pori-pori. Pada penelitian ini akan disintesis karbon dari kulit kemiri, dengan memperhatikan komponen kimianya seperti hemiselulosa 49,22 % dan lignin 54,46 %. Lignin merupakan senyawa dengan kandungan karbon tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan karbon yang menghasilkan kadar karbon terikat yang tinggi. Karbon dapat didefinisikan sebagai amorf yang memiliki porositas dan luas permukaan yang tinggi, karena struktur berpori ini, karbon aktif banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti adsorben zat warna, adsorben logam berat dan gas, katalis, elektroda (baterai dan superkapasitor). Karbon dapat disintesis dari biomassa yang tersusun dari lignoselulose. Karbon dari bahan biomassa seperti tempurung kelapa, sekam

padi, tongkol jagung, eceng gondok, cangkang kemiri dan bambu menjadi salah satu bahan baku yang banyak diteliti akhir-akhir ini. Beberapa laporan yang dipublikasikan menunjukkan bahwa semua bahan biomassa memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan sebagai sumber karbon yang dapat digunakan pada berbagai aplikasi [15].



Gambar 2.3. Cangkang Kemiri

2.4 Tempurung kelapa

Tempurung kelapa merupakan salah satu biomassa yang melimpah di Indonesia, khususnya di daerah Bantan kabupaten Benkalis. Biasanya masyarakat mengkonsumsi kelapa untuk diambil santannya dan digunakan sebagai bahan masakan. Namun, limbah tempurung kelapa menumpuk karena batok kelapa biasanya dibuang begitu saja tanpa dimanfaatkan. Beberapa keluarga di desa tersebut sudah mulai membuat arang tempurung kelapa dan asap cair menggunakan tempurung kelapa limbah yang dibakar secara pirolisis.

Mengingat kebutuhan akan BBM yang terus meningkat setiap tahunnya dan keterpurukan ketersediaan sumber energi dengan kenaikan harga BBM harus diantisipasi. Kerugian penggunaan bahan bakar fosil ini selain merusak

lingkungan, juga tidak terbarukan (*nonrenewable*) dan tidak berkelanjutan (*unsustainable*) [12].



Gambar 2.4. Tempurung Kelapa

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, menyebutkan bahwa komposisi kimia tempurung kelapa terdiri dari 74,3% C (Karbon), 21,9% O (Oksigen), 0,2% Si (Silikon), 1,4% K (Potasium), 0,5% S (Sulfur), 1,7% P (Phosphor). Berdasarkan kandungan kimia tersebut, tempurung kelapa berpotensi sebagai bahan bakar dan sumber karbon aktif [8].

Tabel 2.1. Hasil pengujian briket tempurung kelapa

No	Kadar air (%)	Kadar abu (%)	Kadar zat meng uap (%)	Kadar karbo n (%)	Kera patan (kg/m ³)	Massa jenis (kg/m ² .s ²)	Laju pempa karan (kg/detik)	Kuat tekan baha n (N/m ²)
1	4,76	3,63	4,54	91,83	1,07	1,05×10 ⁻⁶	0,2	525
2	3,57	3,44	3,45	93,11	1,43	1,40×10 ⁻⁶	0,32	700
3	3,08	3,59	2,99	93,42	1,65	1,62×10 ⁻⁶	0,37	810
4	4	3,2	3,85	92,95	1,53	1,50×10 ⁻⁶	0,34	750
5	3,16	3,06	3,06	93,88	1,61	1,58×10 ⁻⁶	0,36	790
6	2,8	3,31	2,76	93,93	1,79	1,76×10 ⁻⁶	0,4	880
7	2,6	3,09	2,57	94,34	1,92	1,89×10 ⁻⁶	0,43	945
8	3,42	3,31	3,31	93,38	1,48	1,46×10 ⁻⁶	0,33	730
9	3,13	3,03	3,03	93,94	1,63	1,60×10 ⁻⁶	0,36	800
10	3,64	3,52	3,52	92,96	1,39	1,37×10 ⁻⁶	0,31	685
Rata-rata	3,416	3,318	3,308	93,37	1,55	1,52×10 ⁻⁶	0,342	761,5

[12].

2.5 Faktor-faktor yang menentukan kualitas briket

Pengujian kualitas briket arang tempurung kelapa mengacu kepada standart SNI No.1/6235/2000 yang meliputi uji kadar air, densitas, kadar abu, kadar karbon, nilai kalor, kadar zat terbang. Adapun faktor-faktornya sebagai berikut:

2.5.1 Rendemen

Rendemen merupakan berat arang yang dihasilkan dibagi berat bahan baku yang dihitung dalam persen dengan cara arang yang dihasilkan dibagi dengan berat bahan baku mentah. Besarnya rendemen arang dari jenis-jenis kayu di Indonesia bervariasi cukup besar yaitu antara 21,1% - 40,8%. Rendemen arang yang di hasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

1. Pemanasan dan tekanan dalam tanur
2. Umur bahan baku briket
3. Massa jenis bahan baku briket
4. Komposisi kimia bahan baku briket

Oleh karena itu, rendemen arang yang dihasilkan akan bervariasi persentasenya pada persamaan berikut:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{massa arang yang dihasilkan}}{\text{massa bahan baku mentah}} \times 100\% \dots\dots(2.1.)$$

2.5.2 Nilai Kalor

Kalor atau panas adalah salah satu bentuk energi. Suatu benda dapat melepaskan kalor ke benda lain, dan kalor yang diterima benda lain sama dengan kalor yang dilepaskan benda tersebut. Dalam hal ini prinsip Asas Black berlaku, yaitu kalor yang dilepaskan = kalor yang diserap. Panas juga mengacu pada energi yang berpindah dari satu tempat ke tempat lain karena perbedaan suhu. Panas

secara alami mengalir dari benda bersuhu lebih tinggi ke benda bersuhu lebih rendah.

Dalam satuan SI, kalor dinyatakan dalam joule. Joule adalah orang yang menunjukkan melalui percobaan bahwa ketika energi mekanik dengan kualitas tertentu diubah menjadi panas, jumlah panas yang sama selalu dikembangkan (dihasilkan). Ini dengan jelas menunjukkan kesetaraan panas dan kerja mekanis sebagai dua bentuk energi [16]. Nilai kalor merupakan jumlah satuan panas yang dihasilkan persatuan bobot dari proses pembakaran dengan oksigen dari suatu bahan yang mudah terbakar. Semakin tinggi nilai kalor semakin bagus kualitas briket. Nilai kalor ditentukan oleh kandungan kadar karbon didalam briket.

Pengujian nilai kalor dilakukan dengan menggunakan alat *Bomb calorimeter* dengan prosedur ASTM D2015. Dalam analisa nilai kalor dengan *oxygen automatic bomb calorimeter* untuk briket bioarang yang masih mengandung air yaitu *Gross Energy (GE)* atau nilai kalor bruto menggunakan persamaan:

$$HHV = (T_2 - T_1 - T_{kp}) \times C_v \text{ (kJ/kg)} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

$T_{kp} = 0,05$ (°C) kenaikan temperatur akibat kawat penyala

$C_v = 73259,6$ (kJ/kg/°C) kalor jenis bom kalorimeter.

T_1 = suhu awal selama pengujian (°C)

T_2 = suhu akhir selama pengujian (°C)

Sedangkan nilai kalor bawah dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$LHV = HHV - 3240 \dots \dots \dots (2.3)$$

2.5.3 Densitas

Massa jenis berhubungan dengan kerapatan, semakin tinggi nilai kerapatan semakin bagus kualitas briket dan juga akan semakin tinggi nilai kalor yang terdapat didalamnya. Massa jenis dihitung dengan cara membagi massa dan volume. Massa jenis juga berpengaruh terhadap tempat penyimpanan dan distribusi briket. Semakin tinggi massa jenis briket semakin kecil volume ruang yang dibutuhkan pengujian massa jenis dilakukan dengan standar ASAE S269.2 DEC 96 dengan menggunakan metode pengukuran langsung. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Spesimen diukur diameter dan panjangnya dengan jangka sorong untuk menghitung volumenya, kemudian ditimbang dan dihitung massa jenis awal setelah keluar dari cetakan.
2. Spesimen disimpan dalam waktu 1 minggu, setelah penyimpanan selama 1 minggu dihitung lagi massa jenisnya dengan cara seperti langkah pertama.
3. Kemudian dihitung sebagai perbandingan antara nilai awal (langkah pertama) dengan nilai setelah disimpan (langkah kedua).
4. Prosedur perhitungan dilakukan dengan minimal tiga spesimen, kemudian dihitung rata-rata perhitungan dari tiga spesimen tersebut dengan persamaan:

$$\text{Massa jenis } (\beta) = \frac{m}{v} \dots\dots\dots(2.4.)$$

Dimana:

$$\beta = \text{Massa jenis (kg/m}^3\text{)}$$

$$m = \text{massa briket (kg)}$$

$$v = \text{volume (m}^3\text{)}$$

2.5.4 Kadar Air

Kadar air dalam briket adalah perbandingan massa air yang terkandung dalam briket dengan berat briket kering. Semakin rendah kadar air maka semakin tinggi nilai kalor dan daya pembakarannya. Dan sebaliknya semakin tinggi kadar air maka semakin besar energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air. Sampel dihancurkan kemudian ditimbang, masukkan kedalam oven dengan temperatur (102-105⁰ C) selama 2 jam atau massa konstan. Timbang hasil setelah dimasukkan kedalam oven. Perhitungan kadar air adalah dengan standar ASTM D 1762-84 dengan persamaan:

$$\text{Kadar air (\%)} = \left(\frac{m_1 \text{ (kg)} - m_2 \text{ (kg)}}{m_1 \text{ (kg)}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(2.5.)$$

Dimana:

M₁ = Massa awal briket (kg)

M₂ = Massa akhir setelah dikeringkan (kg)

2.5.5 Kadar Abu

Abu adalah sisa pembakaran dari arang, abu merupakan mineral seperti lempung, silika, kalsium serta magnesium oksida. Semakin besar kadar abu dalam briket berarti kualitasnya semakin tidak bagus dan juga kadar abu dapat menurunkan nilai kalor daripada briket. Prosedur perhitungan kadar abu adalah ASTM D 1762-84. Sampel dihancurkan kemudian ditimbang, masukkan kedalam oven dengan temperature (720-750⁰) selama 2 – 2,5 jam. Timbang hasil setelah dimasukkan kedalam oven kemudian dihitung dengan persamaan:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \left(\frac{m_1 \text{ (kg)}}{m_2 \text{ (kg)}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(2.6.)$$

Dimana:

M₁ = Massa briket awal (kg)

M_2 = Massa abu total (kg)

2.5.6 Kadar Zat Mudah Menguap (*Volatile Matter*)

Zat mudah menguap dalam briket arang adalah hasil dekomposisi zat-zat penyusun arang akibat proses pemanasan. Analisis kadar zat mudah menguap bertujuan untuk mengetahui jumlah zat atau senyawa yang belum menguap yang terdapat pada proses karbonisasi dan aktivasi. Kadar zat mudah menguap yang tinggi akan mengurangi daya serap briket tersebut. Semakin tinggi nilai zat mudah menguap atau sering juga disebut dengan zat terbang maka akan semakin mudah briket untuk terbakar. Perhitungan nilai zat mudah menguap dengan prosedur ASTM D 1762-8. Pada persamaan berikut:

$$\text{Kadar zat menguap (\%)} = \left(\frac{m_1 \text{ (kg)} - m_2 \text{ (kg)}}{m_1 \text{ (kg)}} \right) \times 100\% \dots (2.7.)$$

Dimana:

M_1 = Massa sampel sebelum pemanasan (kg)

M_2 = Massa sampel setelah pemanasan (kg)

2.5.7 Kadar Karbon

Kadar karbon dipengaruhi oleh kandungan selulosa didalam bahan baku briket, ini dikarenakan komponen penyusun selulosa adalah karbon. Semakin tinggi kadar karbon dalam briket maka nilai kalor akan semakin tinggi dan kualitas briket akan semakin bagus. Prinsip penetapan kadar karbon, adalah dengan menghitung fraksi karbon dengan standar ASTM D 3172-89 dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar karbon (\%)} = 100 - (a \text{ (\%)} + b \text{ (\%)} + c \text{ (\%)})) \dots \dots (2.8.)$$

Dimana:

a = Kadar air (%)

b = Zat menguap (%)

c = Kadar abu (%)

2.5.8 Drop Test

Drop test dilakukan untuk menguji ketahanan briket ketika dijatuhkan pada ketinggian 1,8 meter pada permukaan keras. Kualitas briket akan disebut bagus apabila partikel yang hilang dalam pengujian *drop test* tidak lebih dari 4%. Dalam perhitungannya briket ditimbang kemudian dijatuhkan dengan ketinggian 1,8 meter dengan landasan permukaan harus benar-benar rata dan halus. Setelah dijatuhkan kemudian ditimbang kembali, kemudian dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Drop test} = \left(\frac{m_1 \text{ (kg)} - m_2 \text{ (kg)}}{m_1 \text{ (kg)}} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (2.9.)$$

Dimana:

M₁ = Massa sebelum dijatuhkan (kg)

M₂ = Massa setelah dijatuhkan (kg)

2.5.9 Stabilitas

Pengujian stabilitas digunakan untuk melihat perubahan bentuk dan ukuran briket dalam kurun waktu tertentu. Tingkat kestabilan briket diukur untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh briket mengalami perubahan baik dalam bentuk apapun ataupun ukuran. Perhitungan stabilitas dihitung dengan prosedur sebagai berikut:

1. Pada awal briket dari cetakan, hitung dimensinya. Pengukuran dihitung setiap jam pada 24 jam awal pertama.
2. Pada 24 jam kedua, dimensi briket dihitung setiap 24 jam sekali sampai dengan hari ke 10 (24x10).

Hasil pengukuran dihitung dengan persamaan:

$$\text{Stabilitas penambahan tinggi (\%)} = \left(\frac{X_2 - X_1}{X_1} \right) \times 100\% \text{ (2.10.)}$$

Dimana:

X_1 = tinggi briket setelah keluar dari cetakan

X_2 = tinggi briket dalam kurun waktu tertentu

$$\text{Stabilitas penambahan diameter (\%)} = \left(\frac{D_2 - D_1}{D_1} \right) \times 100\% \text{ (2.11.)}$$

Dimana:

D_1 = diameter briket setelah keluar dari cetakan

D_2 = diameter briket dalam kurun waktu tertentu.

Apabila dari hasil tersebut didapatkan bahwa terjadi perubahan bentuk secara terus menerus maka briket tersebut mempunyai kualitas yang tidak bagus (gagal) [7].

2.5.10 Laju pembakaran

Pengujian laju pembakaran adalah proses pengujian dengan cara membakar briket untuk mengetahui lama menyala suatu bahan bakar, kemudian menimbang massa briket yang terbakar. Lamanya waktu pembakaran dihitung menggunakan *stopwatch* dan massa briket ditimbang dengan timbangan digital.

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju pembakaran bahan bakar padat yaitu:

1. Ukuran partikel

Partikel yang lebih kecil ukurannya akan cepat terbakar.

2. Kecepatan aliran udara

Laju pembakaran briket akan naik dengan adanya kenaikan kecepatan aliran udara dan kenaikan temperatur.

3. Jenis bahan bakar

Jenis bahan bakar akan menentukan karakteristik bahan bakar. Karakteristik tersebut antara lain kandungan *volatile matter* dan kandungan *moisture*.

4. Temperatur udara pembakaran

Kenaikan temperatur pembakaran menyebabkan semakin pendeknya waktu pembakaran. Sehingga menyebabkan laju pembakaran meningkat [10].

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung laju pembakaran adalah sebagai berikut:

$$\text{Massa briket terbakar} = \text{massa briket awal (kg)} - \text{massa briket sisa (kg)} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$\text{Laju pembakaran} = \frac{MB_1 \text{ (kg)} - MB_2 \text{ (kg)}}{WBT \text{ (s)}} \text{ (kg/s)} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana:

MB_1 = Massa briket sebelum pembakaran (kg)

MB_2 = Massa abu briket sesudah pembakaran (kg)

WBT = Waktu yang di perlukan untuk merebus air sampai mendidih (s)

2.6. Parameter Efisiensi Energi

Efisiensi berarti melakukan pekerjaan tanpa membuang bahan bakar dan waktu. Semakin rendah waktu yang dibutuhkan, semakin efisien bahan bakarnya [17]. Perhitungan efisiensi energi meliputi:

a. Waktu perebusan air / *Water Boiling Test* (WBT)

Waktu yang diperlukan untuk merebus air hingga mendidih dengan menggunakan briket yang berbeda variasi campuran.

b. Massa biomassa yang digunakan / *Mass of Biomass* (MB)

Massa briket yang digunakan pada saat sebelum penyalaan dalam mendidihkan air dan setelah menjadi abu.

c. Waktu pembakaran / *Burning Time* (BT)

Total waktu yang dibutuhkan untuk membakar bahan bakar briket habis terbakar hingga menjadi abu.

d. Laju pembakaran / *Burning Rate* (BR)

Lama nyala api dari tiap campuran briket dinilai mana yang lebih tahan lama untuk menyala, menggunakan persamaan 2.13.

e. *Water Evaporating Time* (WET)

Waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan air.

Standar kualitas briket arang kayu menurut SNI dan Negara lainnya terdapat pada tabel berikut:

Tabel 2.2. Standar kualitas briket arang kayu (SNI 1 -6235-2000)

Sifat	Unit	Nilai
Kadar air	(%)	Maks 8
Kadar zat terbang	(%)	15
Nilai kalor	(kkal/kg)	Min 500
Kadar abu	(%)	Maks 8

Tabel 2.3. Standar arang komersial di Negara Jepang, Inggris, dan United of State Amerika (USA)

Sifat	Unit	Standar		
		Jepang	Inggris	USA
Kadar air	(%)	6-8	3-4	6
Kadar zat terbang	(%)	15-20	16	19
Kadar abu	(%)	3-6	8-10	18
Kadar karbon terikat	(%)	-	75	58
Nilai kalor	(kkal/kg)	6000-7000	7300	6200
Kerapatan	(kg/m ³)	1-2	0,84	1
Kekuatan tekanan	(kg/m ³)	60	12,7	62

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Eksperimen pembuatan briket diproduksi di rumah pribadi yang beralamat di jalan Veteran pasar 5 Helvetia, kecamatan Sunggal, kota Medan, Sumatera Utara. Selanjutnya Pengujian eksperimen dilaksanakan di Labolatorium Teknik Mesin Universitas Sumatra Utara yang beralamat di jalan Almamater, kampus USU, Kelurahan Padang Bulan, kecamatan Medan Baru, Kota Medan, Provinsi Sumatra Utara, 20155, Fax/Telp 0618212050/0618212050.

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulan tugas akhir oleh pengelola program studi sampai dinyatakan selesai yang direncanakan berlangsung selama waktu yang akan ditentukan.

Tabel 3.1. Waktu kegiatan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)									
		Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Dec	Jan		
1	Studi Literatur										
2	Penyusunan Proposal										
3	Seminar Proposal										
5	Pengujian Nilai Kalor										
6	Pengumpulan Data										
7	Analisa Data										
8	Laporan Penulisan										
9	Seminar Hasil										
10	Perbaikan										
11	Ujian Sidang										

3.2 Alat dan Bahan

Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan pada saat proses penelitian:

3.2.1 Alat Penelitian

3.2.1.1 Digital Anemometer

Digital Anemometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin, kelembaban udara, dan suhu pada proses pengeringan briket.

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1 dan spesifikasinya berikut ini.



Gambar 3.1. Digital Anemometer

Spesifikasi:

1. Rentang pengukuran kecepatan udara 0,3 hingga 30 m/detik (+5%)
2. Rentang pengukuran suhu -10 hingga 50 °C (+1°C)
3. Rentang pengukuran kelembaban 0% - 99% ($\pm 5\%$ pada 20% - 90%)
4. Pemilihan unit kecepatan udara m/s, ft/mnt, knot, km/jam, mph

5. Skala Beaufort
6. Pilihan °C/°F
7. Pilihan membaca maks/min/rata-rata
8. Tahan fungsi
9. Indikasi angin dingin
10. Peringatan baterai rendah
11. Auto power off (dengan fungsi override)
12. Fungsi kalibrasi
13. Resolusi 0,1 m/s, 1%, 1°C
14. CE certified & RoHS Compliant

3.2.1.2 Furnace

Furnace adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk pemanasan. Alat ini di pakai untuk untuk membakar briket pada saat pengujian kadar air dan kadar abu briket. Seperti yang di tunjukkan pada gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2. Furnace

3.2.1.3 Bomb Calorimeter

Bomb calorimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor (nilai kalor) yang dibebaskan pada pembakaran sempurna suatu senyawa, bahan makanan, dan bahan bakar pada penelitian ini. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3. Bom Kalorimeter

3.2.1.4 Ayakan

Ayakan adalah alat penyaring arang, dengan ukuran yang digunakan yaitu 70 mesh. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4. Ayakan

3.2.1.5 Timbangan Digital

Timbangan digital adalah alat yang digunakan untuk mengukur massa tepung arang, tepung kanji, air dan massa briket setelah dicetak pada saat penelitian.

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3.5. Timbangan Digital

3.2.1.6 Lesung kayu

Lesung kayu adalah peralatan penghalus arang yang digunakan untuk menghaluskan arang menjadi tepung arang. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.6. Lesung Kayu

3.2.1.7 Cetakan briket

Cetakan briket adalah alat yang akan membentuk briket sesuai dengan bentuk yang sudah ditentukan yaitu berbentuk kubus dengan ukuran sisinya 40 mm. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.7 berikut ini.



Gambar 3.7. Cetakan Briket

3.2.1.8 Tungku Briket

Tungku briket adalah alat yang digunakan untuk membakar briket yang sudah dicetak dan dikeringkan dengan tujuan untuk menentukan efisiensi briket. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.8 berikut ini.



Gambar 3.8. Tungku Briket

3.2.1.9 Stopwatch

Stopwatch adalah alat yang digunakan untuk mengukur lamanya waktu menyalanya briket dalam pengukuran efisiensi pembakaran briket pada tungku.

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.9 berikut ini.



Gambar 3.9. Stopwatch

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.2.1 Arang Cangkang Kemiri

Tempurung kemiri sebenarnya mempunyai prospek yang bagus untuk di jadikan sebagai bahan bakar alternatif karena arang tempurung kemiri yang sudah dijadikan briket sudah memiliki nilai kalor sebesar 7.958,33 kal/gr. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.10 berikut ini.



Gambar 3.10. Arang Cangkang Kemiri

3.2.2.2 Arang Tempurung Kelapa

Komposisi kimia tempurung kelapa terdiri atas, selulosa 26,60%, pentosan 27,70%, lignin 29,40%. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.11 berikut ini.



Gambar 3.11. Arang Tempurung Kelapa

3.2.2.3 Tepung Kanji

Tepung kanji adalah tepung dari singkong. Tepung kanji memiliki sifat yang mirip dengan tepung sagu, keduanya mampu merekatkan bahan-bahan sehingga banyak digunakan sebagai perekat dan dijadikan lem. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.12 berikut ini.



Gambar 3.12. Tepung Kanji

3.2.2.4 briket yang telah dicetak

Pada briket terdapat tiga variasi campuran yang berbeda kemudian ke tiga variasi campuran tersebut dicetak berbentuk kubus dengan ukuran sisinya 40 mm. dapat dilihat pada gambar 3.13 berikut ini.



Gambar 3.13. Briket Arang

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian adalah langkah-langkah yang diambil oleh peneliti untuk mengumpulkan data atau informasi untuk diolah dan dianalisis secara ilmiah. Adapun prosedurnya yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Proses pengarangan:

Cangkang kemiri dan tempurung kelapa dibuat menjadi arang dengan cara pengarangan manual yaitu menggunakan tong kemudian dibakar serta ditutup sampai hanya ada sedikit ventilasi pada tong arang dan proses ini disebut pirolisis. Proses pirolisis yaitu dimana cangkang kemiri dan tempurung kelapa dimasukkan dalam tangki pirolisis dalam keadaan tertutup selanjutnya asap dikondensasikan sampai mendapatkan asap cair.

3.3.2 Proses penepungan:

Arang yang telah dihasilkan melalui pembakaran menggunakan proses pirolisis kemudian ditumbuk menggunakan lesung kayu sampai halus dan berbentuk seperti tepung. Disarankan untuk proses produksi agar lebih cepat sebaiknya menggunakan mesin diskmill ataupun dengan mesin penggiling lainnya.

3.3.3 Proses pengayakan:

Apabila sudah melalui proses penghancuran arang maka dilakukan pengayakan supaya bisa menghasilkan tepung arang tempurung kelapa dengan ukuran yang lebih lembut dan halus. Tepung arang tempurung kelapa ini diayak dengan menggunakan saringan ukuran kelolosan 70 mesh.

3.3.4 Proses pencampuran bahan:

Tepung arang cangkang kemiri dan tepung arang tempurung kelapa ini lalu dicampur dengan menggunakan air dan tepung kanji. Dimana total massa tepung arang cangkang kemiri, tepung arang kelapa dan tepung kanji sebesar 0,8 kg dalam satu variasi campuran (level) dan untuk massa air di luar dari pada massa total campuran, dimana massa air pada setiap level yaitu sebanyak 0,15 kg. Dalam eksperimen ini ada 3 variasi atau 3 level campuran yang akan diproduksi, Adapun persentase masing-masing campuran dari 0,8 kg untuk level 1 yaitu 25% (0,2 kg) tepung arang cangkang kemiri, 65% (0,52) tepung arang tempurung kelapa dan tepung kanji 10% (0,08 kg). Level 2 yaitu 65% (0,52 kg) tepung arang cangkang kemiri, 25% (0,2 kg) tepung arang tempurung kelapa dan 10% (0,08 kg) tepung kanji. Level 3 yaitu 45% (0,36 kg) tepung arang cangkang kemiri, 45% (0,36 kg) tepung arang tempurung kelapa dan 10% (0,08 kg) tepung kanji.

3.3.5 Proses mencetak briket arang cangkang kemiri dan tempurung kelapa:

Apabila semua bahan tadi telah disajikan, kemudian tahap pertama yaitu campurlah tepung arang cangkang kemiri dengan tepung arang tempurung kelapa hingga merata selanjutnya tepung kanji campur dan aduk dengan air lalu panaskan campuran air dan tepung kanji hingga mengental berbentuk lendir atau lem. tahap selanjutnya campuran kedua tepung arang di aduk bersamaan dengan cairan lem dari campuran tepung kanji dan air. Lakukan pengadukan semua campuran selama 20 menit hingga tercampur dengan merata dan berbentuk seperti adonan. Kemudian adonan tersebut dicetak pada cetakan briket dengan bentuk cetakan yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran tiap-tiap sisi kubus cetakan yaitu 40 mm.

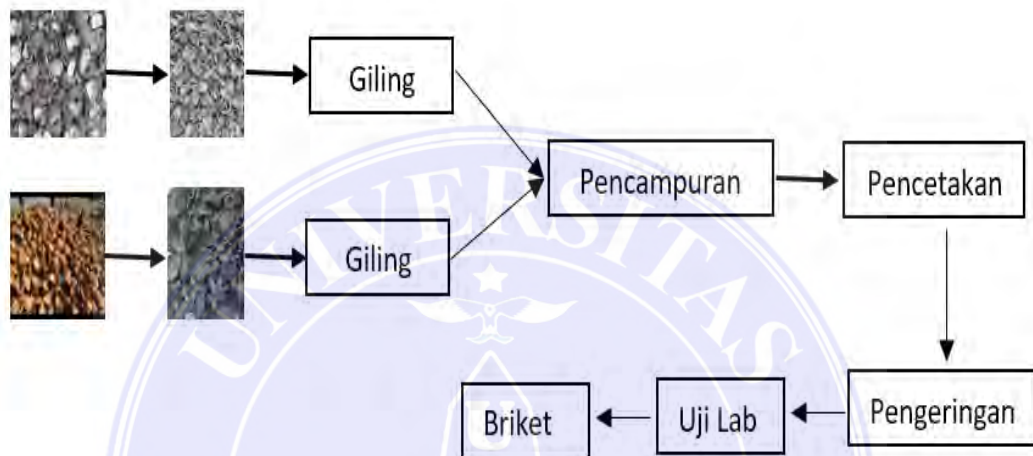
3.3.6 Proses pengeringan:

Briket yang sudah dicetak dikeringkan dialam terbuka dengan mengukur temperatur, kecepatan angin, kelembapan udara, ketiga parameter tersebut di catat pada saat pengeringan di alam terbuka pada masing-masing variasi campuran (level).

3.3.7 Uji labolatorium

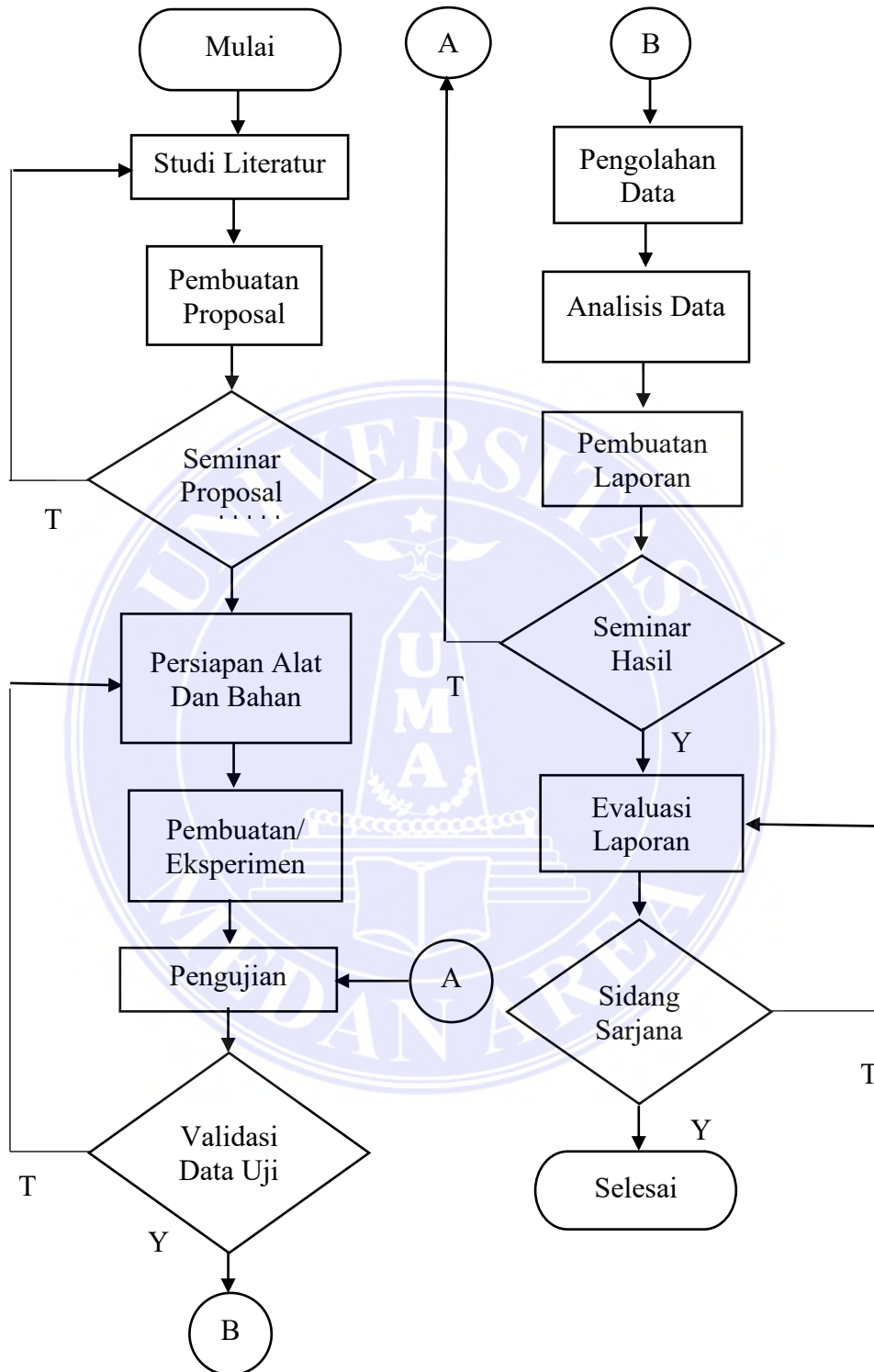
Briket yang telah dikeringkan diuji dilabolatorium Universitas Sumatera Utara dengan menggunakan alat Bom Kalorimeter dengan parameter uji nilai kalor. Pada bom kalorimeter massa briket yang di perbolehkan pada saat pengujian yaitu sebesar 0,0002 kg pada masing-masing variasi campuran (level), suhu awal dan suhu akhir dicatat untuk setiap percobaan pada bom kalorimeter dimana percobaan yang dilakuan pada saat pengujian sebanyak Sembilan kali percobaan pada masing-masing variasi campuran (level). Sedangkan untuk pengujian kadar air dan kadar abu di uji menggunakan alat Furnace, untuk kadar

air temperatur yang digunakan pada furnace yaitu 105 °C selama 2 jam, Temperatur 750 °C digunakan untuk uji kadar abu selama 2 jam, masing-masing dilakukan Sembilan kali percobaan dan massa awal sebelum di masukkan ke furnace dan massa akhir setelah dikeluarkan dari furnace dicatat untuk perolehan data. Untuk ringkasan proses dapat dilihat pada gambar 3.14 berikut ini.



Gambar 3.14. Proses Pembuatan Briket

3.4 Diagram Alir



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen dan hasil pengujian penelitian mengenai pengaruh kombinasi cangkang kemiri dengan tempurung kelapa terhadap nilai kalor briket yang di uji mengacu kepada Standar kualitas briket arang kayu (SNI 1-6235-2000) untuk parameter kadar air, kadar abu dan nilai kalor. dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai LHV optimum briket yang direkomendasikan Taguchi terdapat pada briket variasi campuran level 2 dengan perolehan nilai sebesar 23884,252 kJ/kg terhadap *uncontrol factor* yaitu kecepatan angin 0,5 m/s, temperatur lingkungan 37,4 °C, dengan kelembaban udara 46%. Sedangkan pada pengamatan pengujian di labolatorium nilai LHV optimum berada pada briket variasi campuran level 3 dengan perolehan nilai sebesar 32054,208 kJ/kg.
2. Persentase kadar air terendah didapat pada variasi campuran level 2 dan level 3 dengan perolehan nilai kadar air sebesar 0,85% dan kadar air tertinggi berada di level 1 dengan nilai kadar air sebesar 0,87%. Kadar abu terendah sebesar 4,6% terdapat pada variasi campuran level 1 dan Kadar abu tertinggi sebesar 7,1% berada pada variasi campuran level 2. Sedangkan untuk densitas briket tertinggi yaitu berada pada briket variasi campuran level 2 dengan nilai sebesar 1130,21 kg/m³ dan terendah berada pada briket variasi campuran level 3 dengan nilai sebesar 916,64 kg/m³.

5.2 Saran

Berikut adalah beberapa saran untuk melanjutkan penelitian:

1. Dalam penelitian ini perlu dilakukan pengujian kandungan lem dan pemilihan jenis lem agar diperoleh briket dengan kualitas yang lebih baik.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pembuatan open pengeringan briket arang.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. F. B. Hani and M. M. Hailat, "Production of Bio-Oil from Pyrolysis of Olive Biomass with/without Catalyst," *Adv. Chem. Eng. Sci.*, vol. 06, no. 04, pp. 488–499, 2016, doi: 10.4236/aces.2016.64043.
- [2] P. Kpelou, D. M. Kongnine, S. Kombate, E. Mouzou, and K. Napo, "Energy Efficiency of Briquettes Derived from Three Agricultural Waste's Charcoal Using Two Organic Binders," *J. Sustain. Bioenergy Syst.*, vol. 09, no. 02, pp. 79–89, 2019, doi: 10.4236/jsbs.2019.92006.
- [3] M. S. Ba, L. G. Ndiaye, and I. Youm, "Thermochemical Characterization of Casamance Biomass Residues for Production of Combustibles Briquettes," *Open J. Phys. Chem.*, vol. 09, no. 03, pp. 170–181, 2019, doi: 10.4236/ojpc.2019.93009.
- [4] I. B. Gde Gianyar, N. Nurchayati, and Y. A. Padang, "Pengaruh Persentase Arang Tempurung Kemiri Terhadap Nilai Kalor Briket Campuran Biomassa Ampas Kelapa - Arang Tempurung Kemiri," *Din. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 67–74, 2012, doi: 10.29303/d.v2i2.96.
- [5] N. Tumbel, A. K. Makalalag, and S. Manurung, "Proses Pengolahan Arang Tempurung Kelapa Menggunakan Tungku Pembakaran Termodifikasi," *J. Penelit. Teknol. Ind.*, vol. 11, no. 2, pp. 83–92, 2019.
- [6] I. Gravalos, P. Xyradakis, D. Kateris, T. Gialamas, D. Bartzialis, and K. Giannoulis, "An Experimental Determination of Gross Calorific Value of Different Agroforestry Species and Bio-Based Industry Residues," *Nat. Resour.*, vol. 07, no. 01, pp. 57–68, 2016, doi: 10.4236/nr.2016.71006.
- [7] Susan Silitonga, and Husin Ibrahim, "Energi Baru Dan Terbarukan", 1st ed. yogyakarta: Cv. Budi Utama, 2020.
- [8] Sudirman, Hadi Santoso "Pengujian kuat tekan briket biomassa berbahan dasar arang dari tempurung kelapa sebagai bahan bakar alternatif," vol. 8, no. November, 2021.
- [9] K. Ridhuan, D. Irawan, Y. Zanaria, and F. Firmansyah, "Pengaruh Jenis Biomassa Pada Pembakaran Pirolisis Terhadap Karakteristik Dan Efisiensi bioarang - Asap Cair Yang Dihasilkan," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 20, no. 1, pp. 18–27, 2019, doi: 10.23917/mesin.v20i1.7976.
- [10] M. A. Almu, Y. A. Padang, "Analisa Nilai Kalor Dan Laju Pembakaran Pada Briket Campuran Biji Nyamplung (Calophyllum Inophyllum) Dan Abu," vol. 4, no. 2, pp. 117–122, 2014.
- [11] I. Qistina, D. Sukandar, and T. Trilaksono, "Kajian Kualitas Briket

- Biomassa dari Sekam Padi dan Tempurung Kelapa,” *J. Kim. Val.*, vol. 2, no. 2, pp. 136–142, 2016, doi: 10.15408/jkv.v2i2.4054.
- [12] J. Kurniati, Rezki, Anal. Kualitas Briket Arang Tempurung Kelapa Dengan Bahan Perekat Tepung Kanji Dan Tepung Sagu Sebagai Bahan Bakar Altern"., pp. 270–276, 2016.
- [13] A. Barus, R, A, “Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kemiri (*Aleurites mollucana* L) dengan Proses Pengaktifan Kimia H₃PO₄ Menggunakan Microwave,” 2017.
- [14] Samsul Samrin, Karakteristik Briket Arang Cangkang Kemiri (*Aleurites Moluccana*) Dengan Menggunakan Perekat Tapioka Dari Ekstraksi Ampas Ubi Kayu Dan Penambahan Getah Pinus, no. April. 2019.
- [15] J. Barat, “Analisis Proksimat Karbon Kulit Kemiri (*Aleurites Moluccana*) Dengan Variasi Suhu Karbonisasi,” vol. 05, no. 02, pp. 157–163, 2021.
- [16] J. P. R. M. B. Barrios, ” *Diseño Un Model. Control Interno En La Empres. Prestadora Serv. Hotel. Eco Tur. Nativ. Act. Eco Hotel La Cocotera, Que Permitira El Mejor. La Inf. Financ.*, p. 97, 2014.
- [17] G. R. Ana and V. T. Fabunmi, “*Energy efficiency evaluation from the combustion of selected briquettes-derived agro-waste with paper and starch binders,*” ... *J. Sustain. Green Energy*, vol. 5, no. 4, pp. 71–79, 2016, doi: 10.11648/j.ijrse.20160504.13.
- [18] Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D, 23rd ed. Bandung: ALFABETA, cv, 2016.
- [19] Suhartoyo, Srihanto, "Efektifitas Briket Biomassa" 2017

LAMPIRAN 1

1.1 Data Pengujian Labolatorium Nilai Kalor Briket

T_1 ialah temperatur awal sebelum dilakukan pengujian pada bom kalorimeter, T_2 ialah temperatur akhir setelah pengujian atau temperatur pada saat diledakkannya sampel briket pada bom kalorimeter, T_{kp} ialah kenaikan temperatur akibat kawat penyalat, C_v ialah kalor jenis bom kalorimeter, HHV (high heat value) ialah nilai panas tertinggi, LHV (low heat value) ialah nilai panas terendah, perolehan datanya dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel. Nilai kalor briket level 1

No	Massa (kg)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_{kp} (°C)	C_v (kJ/kg°C)	HHV (kJ/kg)	LHV (kJ/kg)
1	$0,2 \times 10^{-3}$	27,00	27,50	0,05	73529,6	33088,32	29848,32
2	$0,2 \times 10^{-3}$	26,16	26,67	0,05	73529,6	33823,616	30583,616
3	$0,2 \times 10^{-3}$	26,74	27,25	0,05	73529,6	33823,616	30583,616
4	$0,2 \times 10^{-3}$	27,28	27,78	0,05	73529,6	33088,32	29848,32
5	$0,2 \times 10^{-3}$	27,83	28,32	0,05	73529,6	32353,024	29113,024
6	$0,2 \times 10^{-3}$	28,37	28,88	0,05	73529,6	33823,616	30583,616
7	$0,2 \times 10^{-3}$	25,93	26,44	0,05	73529,6	33823,616	30583,616
8	$0,2 \times 10^{-3}$	26,51	27,01	0,05	73529,6	33088,32	29848,32
9	$0,2 \times 10^{-3}$	27,04	27,53	0,05	73529,6	32353,024	29113,024
Rata-rata						33251,719	30011,719

Tabel. Nilai kalor briket level 2

No	Massa (kg)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_{kp} (°C)	C_v (kJ/kg°C)	HHV (kJ/kg)	LHV (kJ/kg)
1	$0,2 \times 10^{-3}$	25,94	26,35	0,05	73529,6	26470,656	23230,656
2	$0,2 \times 10^{-3}$	26,47	26,90	0,05	73529,6	27941,248	24701,248
3	$0,2 \times 10^{-3}$	26,82	27,23	0,05	73529,6	26470,656	23230,656
4	$0,2 \times 10^{-3}$	27,25	27,67	0,05	73529,6	27205,952	23965,952
5	$0,2 \times 10^{-3}$	27,72	28,15	0,05	73529,6	27941,248	24701,248
6	$0,2 \times 10^{-3}$	28,21	28,64	0,05	73529,6	27941,248	24701,248
7	$0,2 \times 10^{-3}$	26,02	26,43	0,05	73529,6	26470,656	23230,656
8	$0,2 \times 10^{-3}$	26,46	26,87	0,05	73529,6	26470,656	23230,656
9	$0,2 \times 10^{-3}$	27,04	27,46	0,05	73529,6	27205,952	23965,952
Rata-rata						27114,040	23884,252

Tabel. Nilai kalor briket level 3

No	Massa (kg)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T _{kp} (°C)	C _v (kJ/kg°C)	HHV (kJ/kg)	LHV (kJ/kg)
1	0,2x10 ⁻³	26,14	26,66	0,05	73529,6	34558,912	31318,912
2	0,2x10 ⁻³	26,69	27,21	0,05	73529,6	34558,912	31318,912
3	0,2x10 ⁻³	27,38	27,92	0,05	73529,6	36029,504	32789,504
4	0,2x10 ⁻³	27,96	28,48	0,05	73529,6	34558,912	31318,912
5	0,2x10 ⁻³	28,62	29,16	0,05	73529,6	36029,504	32789,504
6	0,2x10 ⁻³	25,21	25,75	0,05	73529,6	36029,504	32789,504
7	0,2x10 ⁻³	25,77	26,30	0,05	73529,6	35294,208	32054,208
8	0,2x10 ⁻³	26,32	26,86	0,05	73529,6	36029,504	32789,504
9	0,2x10 ⁻³	26,91	27,43	0,05	73529,6	34558,912	31318,912
Rata-rata						35294,208	32054,208

Pada tabel diatas nilai kalor atas (HHV) di peroleh dari persamaan 2.2 yaitu sebagai berikut:

$$HHV = (T_2 - T_1 - T_{kp}) \times C_v \text{ (kJ/kg)}$$

Sedangkan untuk nilai kalor bawah (LHV) diperoleh dari persamaan 2.3 yaitu sebagai berikut:

$$LHV = HHV - 3240$$

Tabel. Variasi briket tempurung kelapa dan gergajian kayu berdasarkan Penelitian oleh Suhartoyo, Sriyanto (2017) [19].

Persentase Gergajian Kayu (%)	Persentase Tempurung Kelapa (%)	Persentase Tepung Kanji (%)	Nilai Kalor (kJ/kg)
90	0	10	26072,474
75	15	10	23920,643
60	30	10	29489,087
45	45	10	29521,053
60	30	10	28442,878
75	15	10	28517,479
0	90	10	28320,203

LAMPIRAN 2

2.2 Pengeringan Briket

Tabel. Pengeringan briket di alam terbuka

No	Massa Awal (kg)			Kecepatan Angin (m/s)			Temperatur (°C)			Kelembaban Udara (%)			Massa Akhir (kg)		
	Lv 1	Lv 2	Lv 3	Lv 1	Lv 2	Lv 3	Lv 1	Lv 2	Lv 3	Lv 1	Lv 2	Lv 3	Lv 1	Lv 2	Lv 3
1	0,073	0,079	0,062	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	0,068	0,072	0,057
2	0,073	0,081	0,061	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	0,068	0,075	0,059
3	0,073	0,077	0,062	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	0,069	0,071	0,059
4	0,071	0,078	0,06	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	0,067	0,072	0,056
5	0,074	0,08	0,062	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	0,069	0,073	0,057
6	0,075	0,074	0,064	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	0,07	0,068	0,062
7	0,074	0,079	0,064	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	0,069	0,072	0,062
8	0,073	0,08	0,062	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	0,068	0,073	0,057
9	0,075	0,081	0,061	0,6	0,5	2,2	34,3	37,4	37,8	56	46	44	0,07	0,075	0,059
	0,073	0,079	0,062				Rata-rata						0,069	0,072	0,059

LAMPIRAN 3

3.1 Data Perbandingan Nilai Kalor SNI Dengan Hasil Pengujian

Tabel. Perbandingan nilai kalor

Sifat	Unit	Nilai	Hasil Pengujian
Kadar air	(%)	Maks 8	0,87
Kadar zat terbang	(%)	15	-
Nilai kalor	(kkal/kg)	Min 500	7661,14
Kadar abu	(%)	Maks 8	7,1

3.2 Data Efisiensi Briket

Efisiensi briket di uji pada tungku anglo, massa briket (MB_1) 0,175 kg untuk variasi campuran level 1 digunakan untuk memasak air sebanyak 0,3 kg. Air menguap (WET) pada waktu 2700 s, air mendidih (WBT) pada waktu 4932 s, total waktu briket habis terbakar menjadi abu (BT) selama 16212 s, dan massa abu briket (MB_2) sebanyak 0,019 kg, untuk variasi campuran level 2 dan variasi campuran level 3 cara kerjanya sama seperti variasi campuran level 1, dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel. Hasil pengujian efisiensi briket

Parameter	Variasi Campuran		
	Level 1	Level 2	Level 3
WBT(s)	4932	6000	3000
WET (s)	2700	3300	2280
MB_1 (kg)	0,175	0,17	0,172
BR (kg/s)	0,175	0,170	0,172
BT (s)	16212	14657	16940
MB_2 (kg)	0,019	0,033	0,018

Pada tabel diatas laju pembakaran (BR) di dapat dari persamaan 2.13 berikut:

$$\text{Laju pembakaran} = \frac{MB_1 \text{ (kg)} - MB_2 \text{ (kg)}}{WBT \text{ (s)}} \text{ (kg/s)}$$

Tabel. Perbandingan nilai kalor briket

Jenis Biomassa	Nilai Kalor (kJ/kg)
C. Kemiri & T. Kelapa (level 1)	30011,719
C. Kemiri & T. Kelapa (level 2)	23884,252
C. Kemiri & T. Kelapa (level 3)	32054,208
Cangkang Kemiri	33297,658
Tempurung Kelapa	28320,203

