

**EFEK PENEKANAN DAN PEMANASAN
PADA PROSES PEMBRIKETAN BIOMASSA
HASIL TOREFAKSI TERHADAP KUALITAS BRIKET**

(Skripsi)

Oleh :

AHMAD ALGHOZALI HASAN



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2020

ABSTRAK

EFEK PENEKANAN DAN PEMANASAN PADA PROSES PEMBRIKETAN BIOMASSA HASIL TOREFAKSI TERHADAP KUALITAS BRIKET

Oleh

AHMAD ALGHOZALI HASAN

Torefaksi adalah salah satu metode pemanfaatan limbah biomassa menjadi bahan bakar melalui proses termal yang berlangsung pada tekanan atmosfer dengan rentang temperatur 200-350 °C menjadi bahan bakar padat berkualitas setara batubara sub-bituminus. Densifikasi bertujuan untuk meningkatkan densitas massa biomassa. Kombinasi densifikasi dan torrefaksi menjadi pilihan proses yang cukup atraktif untuk mendapatkan bahan bakar briket dan pellet kualitas tinggi. Pembuatan briket dengan metode cetak panas mampu untuk meniadakan bahan perekat sehingga proses pembuatan briket lebih cepat, briket langsung dapat digunakan tanpa proses pengeringan dan mampu mempertahankan nilai kalor bahan baku. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji pengaruh penekanan dan pemanasan pada proses pembriketan biomassa hasil torefaksi terhadap kualitas briket berdasarkan sifat fisik drop test, ketahanan air, temperatur hasil pembakaran dan lama pembakaran. Didapatkan briket yang memiliki kualitas paling baik adalah briket 8 ton bertemperatur 150 °C, dimana pada pengujian *drop test* briket tidak banyak kehilangan materialnya. Pada pengujian ketahanan terhadap air, air yang terserap pada briket 8 ton bertemperatur 150 °C cukup rendah, dan saat pengujian pembakaran briket ini juga cukup baik.

Kata kunci: Torefaksi, densifikasi, briket, *drop test*, ketahanan air, pembakaran.

ABSTRACT

EFFECT OF PRESSURE AND HEATING ON THE PROCESS OF PRINTING BIOMASS TOREFACTION RESULTS OF BRICKET QUALITY

By

AHMAD ALGHOZALI HASAN

Torefaction is one method of utilizing biomass waste into fuel through a thermal process that takes place at atmospheric pressure with a temperature range of 200-350 °C to a solid quality fuel equivalent to sub-bituminous coal. Densification aims to increase biomass mass density. The combination of densification and torrefaction is an attractive process option to get high quality briquette and pellet fuel. Making briquettes with the hot printing method is able to eliminate the adhesive material so that the process of making briquettes is faster, direct briquettes can be used without a drying process and are able to maintain the calorific value of raw materials. The purpose of this study is to examine the effect of suppression and heating on the briquetting process of torefaction results on the quality of briquettes based on the physical properties of the drop test, water resistance, combustion temperature and length of combustion. The best quality briquettes found were 8 tons of briquettes with a temperature of 150 °C, where the briquette drop test did not lose much material. In water resistance testing, the water absorbed in 8 ton briquettes with temperature of 150 °C is quite low, and when testing the combustion of briquettes is also quite good.

Keywords: Torefaction, densification, briquettes, drop test, water resistant, combustion.

**EFEK PENEKANAN DAN PEMANASAN
PADA PROSES PEMBRIKETAN BIOMASSA
HASIL TOREFAKSI TERHADAP KUALITAS BRIKET**

Oleh :

AHMAD ALGHOZALI HASAN

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2020

Judul Skripsi

: **EFEK PENEKANAN DAN PEMASANAN
PADA PROSES PEMBRIKETAN
BIOMASSA HASIL TOREFAKSI
TERHADAP KUALITAS BRIKET**

Nama Mahasiswa

: **Ahmad Alghozali Hasan**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1415021004

Jurusan

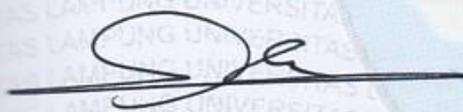
: Teknik Mesin

Fakultas

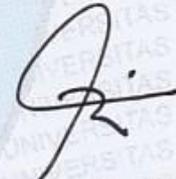
: Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

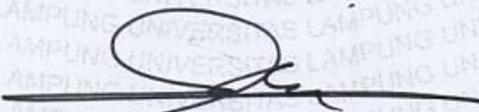

Dr. Amrul, S.T., M.T.

NIP 19710331 199903 1 003


Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T.

NIP 19711214 200012 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

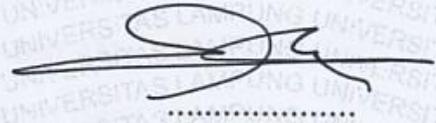

Dr. Amrul, S.T., M.T.

NIP 19710331 199903 1 003

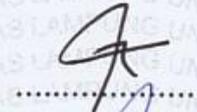
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

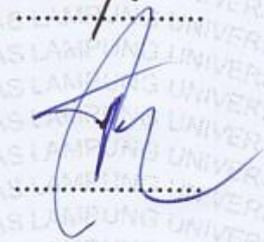
Ketua : Dr. Amrul, S.T., M.T.



Anggota Penguji : Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T.



Penguji Utama : Amrizal, S.T., M.T., Ph.D.



Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., ASEAN Eng.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 Februari 2020

PERNYATAAN PENULIS

**TUGAS AKHIR INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN
HASIL PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27
PERATURAN AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT
KEPUTUSAN REKTOR No. 3187/H26/DT/2010**

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



Ahmad Alghozali Hasan
NPM. 1415021004

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kotabumi, pada tanggal 3 Juni 1996, sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara, putra dari Bapak Hasan Basri dan Ibu Alfauziah Henny.

Penulis menempuh pendidikan kanak-kanak di TK Tunas Harapan Kotabumi tahun 2001 - 2002. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan dasar di SD Negeri 05 Kelapa Tujuh, Kotabumi, Lampung Utara tahun 2002 - 2008. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 07 Kotabumi tahun 2008 - 2011. Penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 3 Bandar Lampung tahun 2011 - 2014. Pada Tahun 2014, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik (FT) Universitas Lampung (UNILA) melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan melaksanakan kuliah di perguruan tinggi hingga meraih gelar Sarjana Teknik pada tahun 2020.

Selama menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Mesin FT UNILA, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) FT UNILA sebagai Anggota Muda Baru periode 2014 - 2015, Anggota Bidang Kerohanian Divisi Islam periode 2015 – 2016, dan Ketua Divisi Olahraga periode 2016-2017. Selain itu,

penulis juga aktif dalam organisasi tingkat Fakultas di FOSSI-FT (Forum Silaturahmi dan Studi Islam Fakultas Teknik) pada tahun 2015 sebagai anggota departemen kaderisasi dan aktif di tingkat Universitas yaitu UKM Futsal UNILA 2015-2017 dan DPM U KBM UNILA tahun 2018. Selain itu juga, penulis mengikuti program tahfiz Qur'an yang berada di Masjid Kampus Al Wasi'I Universitas Lampung, dan berhasil menyelesaikan hafalan Qur'an sampai 30 Juz selama 2 tahun 2 bulan. Pada awal tahun 2017, penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. PERTAMINA EP Jakarta Selatan dengan judul laporan “Perhitungan Masa Pakai dan Laju Korosi Pipa *Carbon Steel 14” sch 40 A53 Grade B From Suction Scrubber to Suction Compressor* di Aset 3 Area Subang (Stasiun Pengumpul Gas Pasir Jadi)”. Pada awal tahun 2018, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Tambah Luhur, Kecamatan Purbolinggo, Kabupaten Lampung Timur. Sejak bulan desember 2018 penulis mulai melakukan penelitian **“Efek Penekanan dan Pemanasan Pada Proses Pembriketan Biomassa Hasil Torefaksi Terhadap Kualitas Briket.”** dibawah bimbingan Bapak Dr. Amrul, S.T., M.T. selaku Pembimbing utama dan Bapak Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T., sebagai pembimbing pendamping.

“Jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu. Dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang-orang yang khusyu’, (45) (yaitu) orang-orang yang menyakininya, bahwa mereka akan menemui Robb-nya dan bahwa mereka akan kembali kepada-Nya (46) (QS. Al Baqarah [2]: 45 ; 46)

*Teruslah berjuang, sampai Allah memanggilmu pulang.
(FZ)*

*Lakukan semaksimal mungkin yang bisa kau lakukan,
Sisanya biar Tuhan yang selesaikan.
(Anonim)*

*Percaya pada diri sendiri adalah kunci utama, karena musuh terbesar adalah diri sendiri. Believe in yourself.
(Coach Tito)*

*Waktu yang kusesali adalah jika pagi hingga matahari terbenam, Amalku tidak bertambah sedikitpun, padahal aku tau umurku berkurang.
(Ibnu Mas’ud RA)*

*Kegagalan hanya akan terjadi apabila kita menyerah
(Ustadz Hasan Basri, Lc. MA)*

SANWACANA

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT. atas berkat rahmat, hidayah serta karunia-Nya dan tak lupa pula sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad ﷺ. sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul, **“Efek Penekanan Dan Pemanasan Pada Proses Pembriketan Biomassa Hasil Torefaksi Terhadap Kualitas Briket”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Amrul, S.T., M.T., selaku pembimbing utama atas kesediaannya membimbing dan memberi masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, serta memberikan banyak motivasi dan semangat kepada penulis.
2. Bapak Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T. selaku Pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan saran kepada penulis sebelum, saat, dan setelah penelitian hingga skripsi ini selesai disusun.
3. Bapak Dr. Amrizal, S.T., M.T., selaku pembahas atas kesediaan memberikan arahan, koreksi, saran dan kritik untuk pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Amrul, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

5. Bapak Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T., selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan nasehat selama perkuliahan.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis.
7. Seluruh karyawan dan staf Jurusan Teknik Mesin khususnya Mas Marta atas bantuan-bantuannya selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Mesin.
8. Kedua orang tua penulis, Papa dan Mama yang telah memberikan kasih sayang, selalu memberikan do'a tulus ikhlas serta dukungan moril dan materil bagi penyelesaian tugas akhir ini.
9. Kiyay dan Ajo, terima kasih atas nasehat, doa, motivasi serta sabar menunggu penulis hingga dapat menyelesaikan studi.
10. Tim torefaksi Kusuma, Ivan, Ocid, yang sudah bekerja sama dalam mengerjakan proyek Torefaksi. Dan teman-teman Padepokan "Fire Nation" Termodinamika.
11. Teman-teman seperjuangan sejak dahulu Hafiz, Herdi Cina, Amrizal, Baim, Didi & Dhafin dan juga rekan seperjuangan TA Thessa, Ocir, Ojil dll, serta penunggu kontrakan rumah bagong HAW dan Bang Chris yang telah menjadi teman berbagi dukungan, saling membantu, menemani, berbagi pengetahuan, dan semangat dalam melaksanakan penelitian.
12. Keluarga langit ku, Ustadz Hasan Basri dan teman teman Mahasiswa Penghafal Qur'an UNILA khususnya yang leluhur terdahulu, yang mengisi hari-hariku untuk selalu mengingat sang Pencipta melalui Al-Qur'an.

13. Kepada teman-teman angkatan 2014, terima kasih atas kekeluargaannya yang telah terjalin selama ini, salam SOLIDARITY M FOREVER.
14. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu secara tulus memberikan bantuan moril dan materil kepada penulis.

Semoga Allah SWT. Senantiasa membalas semua kebaikan-kebaikan yang telah kalian berikan. Akhir kata, penulis memohon maaf kepada semua pihak apabila skripsi ini masih terdapat kesalahan dan kekeliruan, semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat sebagaimana mestinya, Aamiin.

Bandar Lampung, Februari 2020
Penulis,

Ahmad Alghozali Hasan

DAFTAR ISI

Halaman

| | |
|--|-------------|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | ii |
| HALAMAN JUDUL | iii |
| LEMBAR PERSETUJUAN | iv |
| LEMBAR PENGESAHAN | v |
| LEMBAR PERNYATAAN | vi |
| RIWAYAT HIDUP | vii |
| MOTTO | ix |
| SANWACANA | x |
| DAFTAR ISI..... | xiii |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR GAMBAR..... | xvi |
| | |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Tujuan..... | 4 |
| 1.3. Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.4. Sistematika Penulisan..... | 5 |
| | |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1. Biomassa | 7 |
| 2.2. Torefaksi..... | 10 |
| 2.3. Briket | 14 |
| 2.4. Elemen Pemanas | 23 |
| 2.5 <i>Thermostat</i> | 24 |

| | |
|--|-----------|
| III. METODOLOGI PENELITIAN | 26 |
| 3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan | 26 |
| 3.1.1. Tempat Penelitian | 26 |
| 3.1.2. Waktu Penelitian | 26 |
| 3.2. Alat dan Bahan | 28 |
| 3.2.1. Alat..... | 28 |
| 3.2.2. Bahan | 31 |
| 3.3. Tahapan Penelitian..... | 32 |
| 3.4. Alur Tahapan Penelitian..... | 35 |
| | |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 37 |
| 4.1. Data Kadar Air | 37 |
| 4.2. Hasil Pembuatan Briket..... | 37 |
| 4.3. Hasil Pengujian | 39 |
| 4.3.1. <i>Drop Test</i> | 39 |
| 4.3.2. Ketahanan terhadap air | 42 |
| 4.3.3. Lama Pembakaran..... | 47 |
| 4.3.4. Temperatur Pembakaran..... | 51 |
| 4.4. Pembahasan | 53 |
| | |
| IV. SIMPULAN DAN SARAN..... | 58 |
| 5.1. Simpulan | 58 |
| 5.2. Saran..... | 59 |
| | |
| DAFTAR PUSTAKA | 60 |
| | |
| LAMPIRAN..... | 63 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 3.1 Jadwal kegiatan penelitian | 26 |
| Tabel 3.2 Spesifikasi alat <i>press</i> hidrolik. | 29 |
| Tabel 3.3 Spesifikasi <i>thermostat temperature controller</i> | 31 |
| Tabel 3.2 Komposisi sampel biomassa campuran. | 32 |
| Tabel 4.1 Hasil pengujian <i>drop test</i> bahan baku hasil torefaksi | 39 |
| Tabel 4.2 Hasil pengujian <i>drop test</i> bahan baku non torefaksi. | 41 |
| Tabel 4.3 Pengujian ketahanan terhadap air. | 42 |
| Tabel 4.4 Hasil uji ketahanan terhadap air bahan baku non torefaksi. | 45 |
| Tabel 4.5 Pengujian lama pembakaran | 47 |
| Tabel 4.6 Hasil uji lama pembakaran bahan baku non torefaksi. | 49 |
| Tabel 4.7 Pengujian temperatur pembakaran..... | 51 |
| Tabel 4.8 Hasil uji temperatur pembakaran bahan baku non torefaksi..... | 52 |
| Tabel 4.9 Hasil seluruh pengujian briket | 52 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Struktur molekul dari biomassa | 8 |
| Gambar 2.2 Struktur molekul hemiselulosa khas, xilan. | 9 |
| Gambar 2.3 Beberapa unit struktur dari lignin | 10 |
| Gambar 2.4 Elemen Pemanas (<i>Band Heater</i>). | 24 |
| Gambar 2.5 <i>Thermostat</i> | 25 |
| Gambar 3.1 Alat <i>press</i> hidrolik tekan kapasitas 8 ton. | 28 |
| Gambar 3.2 Ayakan 100 <i>mesh</i> | 29 |
| Gambar 3.3 Timbangan digital | 30 |
| Gambar 3.4 Elemen Pemanas (<i>Band Heater</i>)..... | 30 |
| Gambar 3.5 <i>Thermostat temperature controller</i> | 31 |
| Gambar 3.6 Biomassa hasil torefaksi | 32 |
| Gambar 3.7. Alur pengambilan data | 35 |
| Gambar 4.1 Hasil pembuatan briket menggunakan mesin hidrolik | 38 |
| Gambar 4.2 Grafik <i>drop test</i> bahan baku hasil torefaksi | 39 |
| Gambar 4.3 Hasil <i>drop test</i> briket 8 ton 150 °C | 40 |
| Gambar 4.4 Hasil <i>drop test</i> briket 2 B | 40 |
| Gambar 4.5 Grafik <i>drop test</i> bahan baku non torefaksi | 41 |
| Gambar 4.6 Grafik pengujian ketahanan terhadap air | 43 |
| Gambar 4.7 Hasil <i>water resistant test</i> briket 2 ton 100 °C..... | 44 |
| Gambar 4.8 Hasil <i>water resistant test</i> briket 8 ton 150 °C | 44 |
| Gambar 4.9 Grafik pengujian ketahanan terhadap air non torefaksi | 45 |
| Gambar 4.10 Hasil uji ketahanan air briket bahan non torefaksi | 46 |
| Gambar 4.11 Grafik pengujian lama pembakaran | 48 |
| Gambar 4.12 Pengujian lama pembakaran | 48 |
| Gambar 4.13 Grafik uji lama pembakaran bahan non torefaksi | 50 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.14 Grafik pengujian temperatur | 51 |
| Gambar 4.15 Grafik uji temperatur pembakaran bahan non torefaksi..... | 53 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan kebutuhan energi yang tinggi terutama energi yang berasal dari bahan bakar fosil, salah satunya batu bara. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), pemanfaatan batu bara domestik tahun 2018 sebesar 115 juta ton, padahal di tahun 2017 hanya 97 juta ton. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan energi di Indonesia setiap tahun mengalami peningkatan. Disisi lain, cadangan bahan bakar fosil yang tersedia di alam semakin berkurang. Usaha untuk mengantisipasi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil adalah dengan memanfaatkan limbah biomassa menjadi bahan bakar salah satunya melalui proses torefaksi.

Torefaksi berlangsung pada tekanan atmosfer dengan rentang temperatur 200-350 °C (Bergman, 2005). Studi mengenai torefaksi telah banyak dilakukan, salah satunya adalah Amrul (2014) dengan menggunakan sistem reaktor *batch* dan menghasilkan bahan bakar padat dengan kualitas setara batu bara Sub-bituminous B yang memiliki nilai kalor (*Higher Heating Value*) 5300-5800 kcal/kg dengan temperatur pengujian 285 °C. Reaktor *batch* yang digunakan

untuk pengujian memiliki kapasitas yaitu 600 g/bed dan prosesnya tidak kontinu. Sementara penelitian lain tentang torefaksi sampah biomassa campuran yang dilakukan oleh Faris (2017) adalah perancangan dan pembuatan alat torefaksi *reactor* kontinu tipe tubular dengan kapasitas 5 kg/jam dengan waktu tinggal 30 menit. Pada penelitian ini, produk padatan yang dihasilkan dari proses torefaksi menggunakan sistem reaktor kontinu tipe tubular ini belum diketahui kuantitas dan kualitasnya dan belum ada informasi yang tersedia terkait kuantitas dan kualitas dari produk padatan hasil torefaksi sampah biomassa campuran menggunakan sistem reaktor kontinu tipe tubular.

Pada penelitian lanjutan yang dilakukan oleh Sanjaya (2018) dengan memvariasikan temperatur 225 °C, 250 °C, 275 °C, 300 °C dan 325 °C dan dilakukan dengan massa umpan biomassa 1 kg dengan waktu tinggal 30 menit dan waktu pendinginan 5 menit, maka didapat hasil bahwa proses torefaksi biomassa sampah dapat menghasilkan bahan bakar padat dengan nilai kalor tertinggi sebesar 5425 kcal/kg, setara dengan batu bara Sub-bituminous B, yang diperoleh pada temperatur operasional 275 °C. Salah satu cara untuk melanjutkan penelitian produk hasil torefaksi yang telah dilakukan, adalah dengan melakukan proses densifikasi biomassa menjadi briket.

Penelitian mengenai pemanfaatan arang atau padatan hasil dari proses torefaksi menjadi briket telah banyak dilakukan, salah satunya oleh Yudistira (2017) dengan variasi tekanan dan penambahan perekat tapioka yang menghasilkan briket dengan densitas tertinggi produk diperoleh pada komposisi perekat

tapioka 30 % dan tekanan kempa 100 bar dengan ukuran partikel bahan baku <20 *mesh* yaitu 1,1375 gr/cm³. Nilai kalor tertinggi produk diperoleh pada komposisi perekat tapioka 30% dan tekanan kempa 100 bar dengan ukuran partikel bahan baku <20 *mesh* yaitu 5144,94 kal/gr. Syamsiro (2016) juga melakukan penelitian mengenai peningkatan kualitas bahan bakar padat biomassa dengan proses densifikasi dan torrefaksi.

Densifikasi bertujuan untuk meningkatkan densitas massa biomassa. Sedangkan torrefaksi digunakan untuk meningkatkan densitas energi biomassa. Kombinasi densifikasi dan torrefaksi menjadi pilihan proses yang cukup atraktif untuk mendapatkan bahan bakar briket dan pellet kualitas tinggi. Sementara pada penelitian lain yang dilakukan oleh Naim (2013) mengenai pengaruh variasi temperatur cetakan terhadap karakteristik briket kayu sengon pada tekanan kompaksi 5000 Psig didapat hasil briket terbaik berada pada variasi temperatur cetakan 120 °C, karena pada suhu ini lignin dapat mengikat partikel briket dengan baik. Pembuatan briket dengan metode cetak panas mampu untuk meniadakan bahan perekat sehingga proses pembuatan briket lebih cepat, briket langsung dapat digunakan tanpa proses pengeringan dan mampu mempertahankan nilai kalor bahan baku.

Berdasarkan dari referensi dan literatur diatas, proses pembriketan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi hasil produk briket baik dari segi nilai kalor dan lama pembakaran karena nantinya produk briket yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Hal inilah yang

melatarbelakangi penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh tekanan dan temperatur pada briket biomassa hasil torefaksi untuk mengetahui kualitas briket.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh penekanan dan pemanasan pada proses pembriketan biomassa hasil torefaksi terhadap kualitas briket berdasarkan sifat fisik *drop test*, ketahanan air, temperatur hasil pembakaran dan lama pembakaran.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dimaksudkan pembahasan dari hasil yang didapatkan lebih tertuju dan tersusun dengan baik. Adapun batasan masalah yang diberikan pada penelitian ini, yaitu:

1. Bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah sampah biomassa campuran.
2. Komposisi bahan baku sampah biomassa campuran diambil dari data sekunder pada penelitian sebelumnya yaitu sisa makanan 19 %, kulit buah-buahan 21 %, daun-daunan 46 % dan ranting kayu 14 %.
3. Penekanan briket menggunakan alat press hidrolik dengan sistem pemanas.
4. Penekanan briket dilakukan pada tekanan 2 ton, 5 ton dan 8 ton.
5. Penekanan briket dilakukan pada temperatur 100 °C, 150 °C dan 200 °C.
6. Perpindahan panas yang terjadi pada proses pembriketan diabaikan.

1.4 Sistematika Penulisan

I. PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan tentang kebutuhan batu bara di Indonesia, penelitian mengenai torefaksi dan briket serta hal yang melatar belakangi penulis untuk mengerjakan penelitian tugas akhir.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai referensi-referensi yang dijadikan sebagai landasan teori seperti biomassa, torefaksi dan gambaran umumnya, serta briket dan juga faktor apa saja yang berkaitan dengan briket.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini yang dijelaskan tentang tempat dan waktu pengujian, alat dan bahan yang digunakan saat pengujian, proses pengujian dari sampah biomassa sampai menjadi briket, pengujian yang dilakukan untuk menunjang hasil briket dan juga tabel data pengujian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan tentang hasil eksperimen dan pembahasan yang didapat dari data-data yang dilakukan saat pengujian meliputi data kadar air, hasil pembuatan briket, hasil pengujian dari parameter yang telah ditentukan dan juga pembahasan dari keseluruhan data yang didapat.

V. PENUTUP

Bab ini berisikan tentang kesimpulan hasil eksperimen dari penelitian yang dilakukan dan saran yang ingin disampaikan penulis.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan tentang referensi yang digunakan oleh penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

LAMPIRAN

Berisikan data pendukung kelengkapan dalam penyusunan laporan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa

Biomassa merupakan bahan organik yang berasal dari tumbuhan atau hewan dan mikroorganisme (Basu, 2010). Biomassa juga meliputi gas dan cairan yang diperoleh dari dekomposisi bahan organik yang tidak berfosil dan dapat terurai. Sebagai sumber energi berkelanjutan dan terbarukan, biomassa terus-menerus dibentuk oleh interaksi CO₂, udara, air, tanah, dan sinar matahari dengan tanaman dan hewan. Setelah suatu organisme mati, mikroorganisme memecah biomassa menjadi bagian-bagian unsur dasar seperti H₂O, CO₂, dan energi potensinya. Sebagai sumber energi terbarukan, biomassa terus terbentuk oleh interaksi antara CO₂, udara, air, tanah, dan sinar matahari dengan tanaman dan hewan. Material organik yang selama jutaan tahun telah dibentuk dari proses geologi menjadi bahan bakar fosil seperti batubara atau minyak bumi bukan termasuk kedalam biomassa. Material biomassa mempunyai kandungan energi dalam bentuk ikatan kimia antara molekul karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Ketika terjadi dekomposisi ikatan kimia tersebut, maka akan menghasilkan energi kimia dalam fasa gas, cair dan padat sesuai dengan perlakuan yang diberikan (McKendry, 2002). Produk gas alternatif yang dihasilkan dari biomassa yaitu CH₄, CO₂, CO, dan H₂, sedangkan untuk produk *bio-fuel* berupa *ethanol*, *methanol*, *bio-diesel*, *vegetable oil*, dan *phyrolisis oil*.

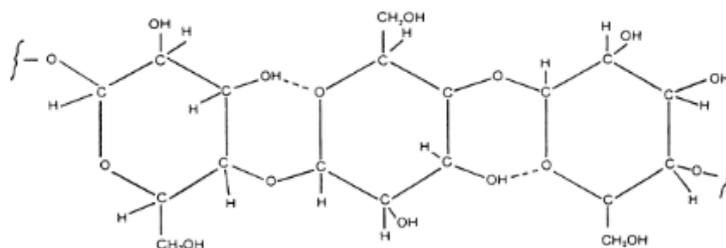
Adapun produk yang dihasilkan biomassa dalam bentuk padatan yaitu torefaksi biomassa dan *charcoal* (Basu, 2010).

2.1.1 Konstituen Sel Biomassa

Komposisi polimer dinding sel dan konstituen biomassa sangat bervariasi (Bergman et al., 2005), tetapi pada dasarnya terbuat dari tiga polimer utama: selulosa, hemiselulosa, dan lignin.

a. Selulosa

Selulosa adalah komponen struktural utama dinding sel dalam biomassa. Jumlahnya bervariasi dari 90% (berat) kapas hingga 33% untuk sebagian besar tanaman lain. Diwakili oleh formula umum $(C_6H_{10}O_5)_n$, selulosa adalah polimer rantai panjang dengan tingkat polimerisasi yang tinggi (~ 10.000) dan berat molekul besar (~ 500.000). Selulosa terutama terdiri dari d-glukosa, yang terbuat dari enam karbon atau gula heksosa seperti yang terlihat pada Gambar 2.1.

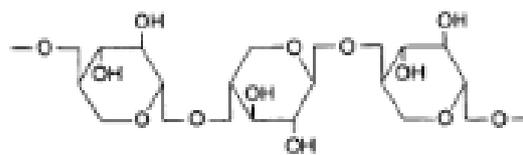


Gambar 2.1 Struktur molekul dari biomassa (Basu, 2010)

Selulosa sangat tidak larut dan tidak dapat dicerna oleh manusia. Selulosa juga adalah komponen kayu yang dominan, membentuk sekitar 40 hingga 44 % dari berat kering.

b. Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah konstituen lain dari dinding sel tanaman. Sementara selulosa tersusun dari kristal, struktur kuat yang tahan terhadap hidrolisis, hemiselulosa memiliki struktur acak, amorf dengan sedikit kekuatan. Hemiselulosa adalah kelompok karbohidrat dengan struktur rantai bercabang dan tingkat polimerisasi yang lebih rendah ($\sim 100\text{--}200$), dan dapat diwakili oleh rumus generik ($C_5H_8O_4$). Gambar 2.2 menunjukkan susunan molekul dari molekul hemiselulosa khas, xilan. Ada variasi yang signifikan dalam komposisi dan struktur hemiselulosa di antara berbagai biomassa. Namun, sebagian besar hemiselulosa mengandung residu gula sederhana seperti d-xilosa (paling umum), d-glukosa, d-galaktosa, l-ababinosa, asam d-glukuroat, dan d-manosa. Ini biasanya berisi 50 hingga 200 unit dalam struktur bercabang mereka.

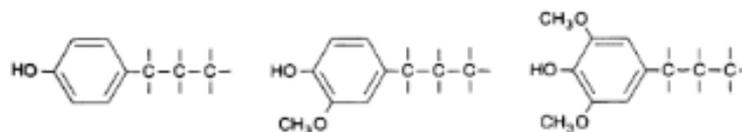


Gambar 2.2 Struktur molekul hemiselulosa (Basu, 2010)

Hemiselulosa cenderung menghasilkan lebih banyak gas dan lebih sedikit tar daripada selulosa (Milne, 2002). Hemiselulosa larut dalam larutan alkali yang lemah dan mudah terhidrolisis dengan asam atau basa encer. Ini merupakan sekitar 20 hingga 30% dari berat kering sebagian besar kayu.

c. Lignin

Lignin adalah polimer fenilpropana bercabang dan merupakan bagian integral dari dinding sel sekunder tanaman. Lignin merupakan polimer tiga dimensi dari 4-propenil fenol, 4-propenil-2-metoksi fenol, dan 4-propenil-2,5-dimetoksil fenol (Diebold dan Bridgwater, 1997). Contoh dari polimer organik paling melimpah di Bumi (hanya dilampaui oleh selulosa) ditunjukkan pada Gambar 2.3. Ini adalah konstituen penting ketiga dari dinding sel biomassa kayu.



Gambar 2.3 Beberapa unit struktur dari lignin (Basu, 2010)

Lignin adalah agen penyemenan untuk serat selulosa yang menyatukan sel-sel yang berdekatan. Unit monomer yang dominan dalam polimer adalah cincin benzena. Mirip dengan lem dalam kotak kardus, yang dibuat dengan menempelkan kertas dengan cara khusus.

2.2 Torefaksi

Torefaksi atau pirolisis temperatur rendah, adalah *pretreatment* sebuah biomassa mentah untuk mendapatkan bahan bakar yang lebih stabil, memiliki kepadatan energi yang tinggi dan kerapuhan yang lebih tinggi dan *grindability*.

Sifat ini dapat mengatasi beberapa kekurangan yang membatasi luas pemanfaatan biomassa mentah sebagai sumber energi terbarukan, seperti kadar air yang tinggi, nilai energi yang rendah (*low heating value*), resistensi terhadap peluluhan (menjadi sulit dan berserat), tingginya harga transportasi dan umur simpan pendek, selain itu fakta bahwa biomassa mentah akan menyerap kelembaban lagi jika disimpan untuk jangka waktu, karena sifat hidrofilik, dan mungkin membusuk. Sebaliknya, torefaksi biomassa adalah hidrofobik. Keseimbangan penyerapan kelembaban biomassa torefaksi tergantung pada tingkat torefaksi, tapi biasanya sangat rendah (dari 1 - 6%). Akibatnya, torefaksi biomassa memiliki *shelf-life* lebih panjang daripada biomassa mentah. Peningkatan kerapuhan atau *grindability* torefaksi biomassa, dibandingkan dengan biomassa mentah, membuatnya cocok untuk penggilingan bersama, pemakanan bersama dan pembakaran bersama dengan batubara dalam bubuk bahan bakar boiler (Batidzirai dkk., 2013).

2.2.1 Parameter Torefaksi

Pada proses torefaksi material lignoselulosa akan mengalami dekomposisi kimia sehingga struktur polimernya akan berubah. Perubahan material lignoselulosa tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor selama proses torefaksi berlangsung. Faktor-faktor yang berpengaruh selama proses torefaksi adalah sebagai berikut :

a. Temperatur

Proses torefaksi berada pada temperatur 200-300 °C. Temperatur torefaksi memiliki pengaruh yang sangat besar pada proses torefaksi

karena tingkat degradasi termal biomassa bergantung pada temperatur. Meningkatnya temperatur reaksi torefaksi akan meningkatkan laju dekomposisi yang terjadi pada struktur penyusun material biomassa. Hal itu akan mengakibatkan terjadinya peningkatan kehilangan massa dan karbonisasi material biomassa. Temperatur yang tinggi akan menghasilkan jumlah massa dan energi lebih rendah tetapi kerapatan energinya lebih tinggi. Fraksi karbon tetap pada biomassa meningkat sedangkan kandungan hidrogen dan oksigen akan berkurang pada saat kenaikan temperatur torefaksi (Bridgeman dkk., 2008). Temperatur reaksi yang tinggi melebihi temperatur torefaksi akan meningkatkan laju dekomposisi yang mengakibatkan komponen lignoselulosa banyak dikonversikan ke dalam bentuk gas dan cairan, sehingga produk padatan yang dihasilkan pada proses torefaksi menjadi berkurang (Couhert dkk., 2009).

b. Waktu Tinggal

Waktu tinggal merupakan parameter lain yang mempengaruhi produk yang dihasilkan dari proses torefaksi. Waktu tinggal berkaitan dengan lamanya waktu material biomassa bertahan didalam reaktor. Parameter ini mempengaruhi proses dekomposisi dan karbonisasi selama proses torefaksi berlangsung. Waktu tinggal dapat bervariasi tergantung pada temperatur torefaksi, jenis biomassa, dan produk akhir yang diinginkan. Proses torefaksi dengan waktu tinggal yang lebih lama akan menghasilkan massa produk padatan yang lebih

rendah akan tetapi memiliki energi padatan yang lebih tinggi, walaupun efek waktu tinggal tidak mempengaruhi sifat biomassa secara signifikan (Pimchuai dkk., 2010).

c. Ukuran Partikel

Ukuran partikel juga mempengaruhi reaksi dari torefaksi, tetapi pada tingkat yang lebih rendah dari temperatur dan waktu tinggal. Ukuran partikel mempengaruhi luas permukaan kontak perpindahan panas antara material biomassa dan sumber panas selama terjadi proses dekomposisi termal. Semakin kecil ukuran bahan baku yang digunakan maka permukaan perpindahan panas semakin luas dan meningkatkan laju pemanasan ke permukaan bahan baku. Hal ini mengakibatkan meningkatnya laju dekomposisi pada material biomassa dan meningkatkan efisiensi torefaksi terutama pada kebutuhan waktu tinggal yang pendek (Bergman dkk., 2005).

d. Jenis Biomassa

Jenis biomassa merupakan parameter penting lainnya yang dapat mempengaruhi proses torefaksi. Hal ini karena kandungan hemiselulosa paling banyak terdegradasi pada saat proses torefaksi, akibatnya akan kehilangan jumlah massa yang lebih tinggi pada biomassa yang banyak mengandung hemiselulosa. Kandungan xilan dari hemiselulosa paling reaktif dalam kisaran suhu torefaksi sehingga menurunkan massa lebih cepat dari komponen padat lainnya dari biomassa (Basu, 2010).

2.3 Briket

Briket adalah sebuah blok bahan yang dapat dibakar yang umum digunakan sebagai bahan bakar untuk memulai dan mempertahankan nyala api. Briket yang paling umum digunakan adalah briket batu bara, briket arang, briket gambut dan juga briket biomassa. Penggunaan briket, terutama briket yang dihasilkan dari biomassa dapat menggantikan penggunaan bahan bakar fosil. Tujuan pembuatan briket adalah merubah bentuk material yang pada awalnya berupa serbuk atau bubuk seukuran pasir menjadi material yang lebih besar dan mudah dalam penanganan atau penggunaannya, perubahan ukuran material tersebut dilakukan melalui proses penggumpalan dengan penekanan dan penambahan atau tanpa penambahan bahan pengikat (Naim, 2013).

2.3.1 Pengaruh Kualitas Pembriketan

Untuk melihat kualitas briket, agar dapat memenuhi syarat sebagai biomassa yang baik dan dapat digunakan sebagai bahan baku, maka dapat dilihat melalui analisa fisik dan analisa kimia. Analisa secara fisik dimaksudkan untuk mengetahui kualitas briket secara langsung berdasarkan sifat-sifat fisik dari briket itu sendiri, sedangkan analisa secara kimia dilakukan agar dapat diketahui kandungan zat yang terdapat di dalam briket beserta dengan kadar kandungan zat tersebut.

Faktor yang perlu dipertimbangkan sebelum biomassa digunakan harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

a. Kadar air bersih

Ada dua macam kandungan air (*moisture*) yang terdapat dalam briket, yaitu :

1. *Free moisture* (uap air bebas), *free moisture* ini dapat hilang dengan penguapan, misalnya dengan *air-drying*.
2. *Inherent moisture* (uap air terikat), kandungan *inherent moisture* dapat ditentukan dengan memanaskan briket antara temperatur 104 – 110 °C didalam oven selama satu jam. Kadar air harus serendah mungkin, umumnya dalam kisaran 10-15 %. Tinggi kadar air akan menimbulkan masalah dalam penggilingan dan membutuhkan energi yang berlebihan pada pengeringan.

b. Kandungan abu

Semua briket mempunyai kandungan zat anorganik yang dapat ditentukan jumlahnya sebagai berat yang tinggal apabila briket dibakar secara sempurna. Zat yang tinggal ini disebut abu. Salah satu penyusun abu adalah silika, pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor briket arang yang dihasilkan dan kadar abu yang tinggi akan mempersulit proses penyalaan. Abu briket berasal dari *clay*, pasir dan bermacam-macam zat mineral lainnya. Briket dengan kandungan abu yang tinggi sangat tidak menguntungkan karena akan membentuk kerak.

c. Kandungan Zat Terbang

Zat terbang terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar seperti hidrogen (H_2), karbon monoksida (CO), dan metana (CH_4), tetapi kadang-kadang terdapat juga gas-gas yang tidak terbakar seperti CO_2 dan H_2O . *Volatile matter* adalah bagian dari briket yang akan berubah menjadi zat yang terbang atau menguap (produk) bila briket tersebut dipanaskan tanpa udara pada suhu lebih kurang $950\text{ }^\circ\text{C}$. Untuk kadar *volatile matter* $\pm 40\%$ pada pembakaran akan memperoleh nyala yang panjang dan akan memberikan asap yang banyak. Sedangkan untuk kadar *volatile matter* rendah antara $15 - 25\%$ lebih disenangi dalam pemakaian karena asap yang dihasilkan sedikit.

d. Kandungan Karbon Tertambat

Persentase *fixed carbon* pada biobriket bisa diperoleh dengan mengurangi 100 dari jumlah *inherent moisture*, *volatile matter* dan *ash*.

2.3.2 Aspek Pembriketan

Dalam pembriketan terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan, agar pembriketan dapat terlaksana dengan baik, berikut aspek-aspek pembriketan:

a. Tekanan Pembriketan

Tekanan dapat didefinisikan sebagai gaya per satuan luas (biasanya tekanan digunakan untuk mengukur kekuatan dari suatu cairan

ataupun gas). Unit standar tekanan adalah Newton per meter persegi (N/m^2). Untuk objek yang berada di permukaan, gaya yang menekan permukaan adalah berat objek, tetapi dalam orientasi yang berbeda memiliki area yang berbeda dalam kontak dengan permukaan dan oleh karena itu terdapat tekanan yang berbeda. Persamaan dari tekanan ditunjukkan pada Persamaan 2.1 berikut :

$$P = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana,

P = Tekanan atau *Pressure* (Pa atau N/m^2)

F = Gaya atau *Force* (Newton)

A = Luas Permukaan atau Area (m^2)

Densifikasi biomassa merupakan suatu teknologi untuk konversi biomassa menjadi bahan bakar. Teknologi ini juga dikenal sebagai *briquetting* dan meningkatkan karakteristik bahan untuk mempermudah pengiriman, penyimpanan dan lain-lain. Teknologi ini dapat membantu dalam memperluas penggunaan biomassa dalam produksi energi, karena densifikasi meningkatkan nilai kalor volumetrik dari bahan bakar, mengurangi biaya transportasi dan dapat membantu dalam memperbaiki situasi bahan bakar di daerah pedesaan. Briket adalah salah satu dari beberapa teknik aglomerasi yang secara luas dicirikan sebagai teknologi densifikasi. Residu Aglomerasi dilakukan dengan tujuan membuatnya lebih padat untuk digunakan dalam produksi energi. Bahan mentah untuk briket

termasuk limbah dari kayu industri, biomassa lepas dan produk limbah mudah terbakar lainnya. Atas dasar pemadatan, teknologi *briquetting* dapat dibagi menjadi:

- 1) Pemadatan tekanan tinggi
- 2) Pemadatan tekanan sedang dengan alat pemanas
- 3) Pemadatan tekanan rendah dengan pengikat.

b. Temperatur Pembriketan

Temperatur pembriketan mempengaruhi perekatan dalam pembriketan, dimana tujuan pemanasan untuk mengaktifkan perekat alami (lignin & hemiselulosa) yang terdapat pada bahan baku. Perekat alami yang terdapat dalam biomassa dapat diaktifkan dengan cara menaikkan temperatur. Lignin mempunyai sifat *amorphous thermoplastic* yang dapat diaktifkan melalui tekanan kompaksi yang rendah dan temperatur sekitar 60 – 90 °C. Aktivasi perekat alami dengan tekanan kompaksi tinggi dan menaikkan temperatur mampu untuk memproduksi briket dan pellet yang mempunyai durabilitas tinggi.

Pada penelitian Harwin Saptoadi, Fauzun, Staf pengajar di Jurusan Teknik Mesin dan Industri FT UGM, cetakan dipanaskan terlebih dahulu sehingga temperatur cetakan menjadi 120 °C dengan cara mengatur termokontroler pada temperatur 120 °C dan temperatur bahan baku diseragamkan pada temperatur 80 °C. Pembriketan dilakukan dengan cara pengepresan pada tekanan 200 kg/cm², 300

kg/cm² dan 400 kg/cm² dengan waktu penahan 1 menit dan dibuat tanpa perekat. Pada penelitian ini didapatkan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa densitas naik seiring dengan naiknya tekanan kompaksi tetapi tidak berpengaruh terhadap nilai kalor briket tetapi berpengaruh terhadap energi densitas. Pembuatan briket dengan metode cetak panas mampu untuk meniadakan bahan perekat berbahan dasar air sehingga proses pembuatan briket lebih cepat, briket langsung dapat digunakan tanpa proses pengeringan dan mampu mempertahankan nilai kalor bahan baku.

c. Mekanisme Pengikatan

Untuk memahami kesesuaian biomassa untuk briket, penting untuk mengetahui sifat fisik dan kimia dari biomassa sebagai bahan bakar. Sifat fisik termasuk kadar air, *bulk density*, void volume dan sifat termal. Karakteristik kimia penting termasuk analisis proksimat, dan analisa nilai kalor. Sifat fisik penting dalam mekanisme pengikatan densifikasi biomassa. Densifikasi biomassa dibawah tekanan tinggi mengakibatkan peningkatan adhesi antara partikel, membentuk ikatan *intermolecular* dibidang kontak. Dalam kasus biomassa, mekanisme pengikatan berada di bawah tekanan tinggi dapat dibagi menjadi kekuatan adhesi dan kohesi, kekuatan menarik antara partikel padat dan ikatan *interlocking*. Media ikatan viskos tinggi, seperti tar dan cairan organik berat molekul lainnya dapat terbentuk obligasi padat.

Gaya adhesi padat dan gaya kohesi dalam padatan digunakan sepenuhnya untuk mengikat. Lignin dari biomassa juga dapat membantu pengikatan. Padatan yang terpisah dengan mudah menarik atom atau molekul bebas dari keadaan di sekitarnya. Lapisan adsorpsi tipis yang terbentuk tidak dapat bergerak bebas. Namun, mereka dapat terhubung atau menembus satu sama lain. Pelunakan lignin pada suhu tinggi dan kondisi tekanan membentuk lapisan adsorpsi dengan bagian yang padat. Penerapan gaya eksternal seperti tekanan dapat meningkatkan area kontak yang menyebabkan gaya molekul meningkatkan kekuatan antar ikatan. Mekanisme pengikatan lain adalah gaya Van der Waals. Serat atau partikel besar dapat saling mengikat atau melipat satu sama lain sebagai hasil pembentukan obligasi *interlocking* atau *form-closed*. Kekuatan gumpalan yang dihasilkan hanya bergantung pada jenis interaksi dan karakteristik material.

d. Karakteristik Briket

Untuk mengetahui kualitas briket yang baik penting untuk mengetahui karakteristik pembriketan, karakteristik pembriketan terdapat beberapa macam yaitu:

1) Ketangguhan

Ketangguhan pada briket adalah kemampuan suatu briket dalam mempertahankan komposisinya agar tidak rusak. Ketangguhan

pada briket ini dipengaruhi oleh tekanan pembriketan, waktu tinggal dan komposisi biomassa briket itu sendiri.

2) *Drop Test*

Pengujian *drop test* menggunakan metode ASTM D 440-86 R02 seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 2.2.

$$\text{Shatter Index (\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

A = Berat briket sebelum dijatuhkan (gram)

B = Berat briket setelah dijatuhkan (gram)

Mula-mula spesimen ditimbang menggunakan timbangan untuk menentukan berat awal, kemudian briket dijatuhkan pada ketinggian 1,8 meter dengan permukaan landasan harus rata dan halus. Setelah dijatuhkan, spesimen ditimbang ulang untuk mengetahui berat yang hilang dari briket. Setelah mengetahui seberapa presentase yang hilang. Lalu dapat diketahui kekuatan spesimen terhadap benturan. Apabila partikel yang hilang terlalu banyak, berarti spesimen yang dibuat tidak tahan terhadap benturan.

3) Ketahanan terhadap air (*water resistance*)

Sifat ketahanan terhadap air (*water resistance*) merupakan sifat fisik dari briket biomasa yang mengukur tingkat daya serap

briket terhadap air, dimana briket biomasa yang mempunyai sifat ketahanan terhadap air yang baik adalah briket biomasa yang mempunyai nilai daya serap air kecil.

Pengujian ketahanan terhadap air (*water resistant*) dilakukan dengan mengadopsi prosedur penelitian yang telah dilakukan oleh Ricards, S.R (1989). Prosedur pengujiannya yaitu:

- a) Menimbang masa awal briket
- b) Merendam briket didalam air selama 30 menit.
- c) Menimbang masa akhir briket setelah 30 menit.
- d) Mencatat perubahan masa briket

Perhitungan indeks ketahanan air (*water resistant index*) briket ditunjukkan pada Persamaan 2.3 yang menjelaskan nilai sempurna dikurangi penyerapan yang terjadi, sementara penyerapan ditunjukkan oleh Persamaan 2.4.

$$\text{WRI} = 100 \% - \% \text{penyerapan} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\% \text{penyerapan} = \frac{m_b - m_a}{m_a} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

m_b : masa akhir briket setelah diredam 30 menit (kg)

m_a : masa awal briket sebelum diredam (kg)

4) Uji Pembakaran

Uji pembakaran dilakukan dengan membakar produk briket dan menghitung waktu pembakaran sampai briket terbakar habis. Sebelum briket dibakar dilakukan perlakuan awal terlebih dahulu yaitu dengan menyalakan api dengan sampah kering, lalu briket dibakar dengan api sampai briket terbakar serta terdapat nyala api. Kemudian mencatat berapa waktu pembakaran dan juga temperatur briket pada saat dilakukan uji pembakaran.

2.4 Elemen Pemanas

Elemen pemanas mengubah energi listrik menjadi panas melalui proses pemanasan resistif atau Joule. Arus listrik yang melewati elemen menemui hambatan, menghasilkan pemanasan elemen. Elemen pemanas biasanya berupa koil, pita (lurus atau bergelombang), atau strip kawat yang mengeluarkan panas seperti filamen lampu. Ketika arus listrik mengalir, ia memancarkan panas dan mengubah energi listrik yang melewatinya menjadi panas, yang memancar keluar ke segala arah. Elemen pemanas biasanya terdiri dari nikel atau besi. Yang terdiri dari nikel biasanya nikrom, paduan (campuran logam dan kadang-kadang unsur kimia lainnya) yang terdiri dari sekitar 80 % nikel dan 20 % kromium (komposisi lain dari nikrom tersedia, tetapi campuran 80-20 adalah yang paling umum). Ada berbagai alasan bagus mengapa nikrom adalah bahan yang paling populer untuk elemen pemanas: nikrom memiliki titik leleh yang tinggi (sekitar 1400 °C atau 2550 °F), tidak mengoksidasi

(bahkan pada suhu tinggi), tidak memperluas terlalu banyak ketika memanaskan, dan memiliki resistensi yang wajar (tidak terlalu rendah, tidak terlalu tinggi, dan cukup konstan).

Untuk menahan panas dari elemen pemanas biasanya bahan keramik digunakan dalam pembuatan elemen pemanas untuk membuatnya lebih kuat dan tahan lama (keramik sangat bagus dalam menghadapi suhu tinggi dan dapat digunakan untuk pemanasan dan pendinginan). Ukuran dan bentuk elemen pemanas sebagian besar diatur oleh dimensi alat yang akan digunakan dan area di atasnya yang dibutuhkan untuk menghasilkan panas. Contoh dari elemen pemanas ditunjukkan oleh Gambar 2.4 yang digunakan sebagai media untuk menaikkan temperatur pada saat proses pembriketan.



Gambar 2.4. Elemen Pemanas (*Band Heater*)

2.5 Thermostat

Thermostat berfungsi untuk mengatur temperatur yang diinginkan, melihat temperatur terkini, dan kontrol peralatan yang sesuai dan tetap konstan. Banyak fitur dan fungsi baru untuk memfasilitasi peran hemat energi. Sementara

kemampuan *thermostat* untuk mengontrol suhu dipahami dengan baik. *Thermostat* paling canggih mengontrol berbagai zona dan tingkat kelembaban. Fitur lainnya yang termasuk dari *thermostat* adalah penghematan energi sekali sentuh, mengakses ke cuaca, menampilkan konsumsi energi, peringatan dalam pemeliharaan (misalnya baterai dan filter), dan diagnose (Peffer dkk, 2011).

Thermostat saat ini memiliki beragam fitur dengan berbagai tingkat kecanggihan. *Thermostat* biasanya mengontrol peralatan pemanas dan pendingin yang dapat mencakup udara paksa, lantai bercahaya (biasanya menggunakan air) atau sistem langit-langit bercahaya (air atau listrik), atau radiator (biasanya uap). Beberapa peralatan, seperti pompa panas, memerlukan kontrol khusus. *Thermostat* juga dapat mengontrol peralatan terkait, seperti pelembab, sistem pemanas tambahan, *economizers*, kipas rumah, atau sistem ventilasi lainnya. Contoh *thermostat* yang banyak ditemukan dimasyarakat ditunjukkan pada Gambar 2.5, yang digunakan sebagai pengendali untuk menaikkan dan menurunkan temperatur pada sistem pemanas tambahan.



Gambar 2.5. *Thermostat*

d. Penulisan Laporan

Penulisan laporan adalah tahap akhir dari penelitian ini yang ditujukan untuk melaporkan hasil penelitian yang telah dilakukan. Sedangkan isi dari laporan meliputi pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi penelitian, hasil dan pembahasan serta simpulan dan saran.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

a. Alat *press* hidrolik

Alat *press* hidrolik dalam penelitian ini digunakan untuk proses pencetakan briket dengan tipe piston. Spesifikasi alat ditunjukkan oleh Tabel 3.2, yang terdiri dari dongkrak hidrolik 8 ton, alat cetak (silinder dan poros penekan), *pressure gauge*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Alat *press* hidrolik tekan kapasitas 8 ton

Tabel 3.2 Spesifikasi alat *press* hidrolik

| | | |
|-----------------------------|---|-------------------------|
| Tekanan Hidrolik | : | 2300 Psi |
| Luas piston hidrolik | : | 5026,55 mm ² |
| Gaya tekan mesin press | : | 7,97 ton |
| Luas permukaan batang punch | : | 84,95 mm ² |

b. Ayakan 100 *mesh*

Ayakan dengan ukuran 100 *mesh* ditunjukkan oleh Gambar 3.2 yang berfungsi untuk mengayak produk hasil torefaksi setelah diblender untuk mendapatkan ukuran butir serbuk yang halus dengan tujuan untuk memudahkan proses pembriketan.

Gambar 3.2 Ayakan 100 *mesh*

c. Timbangan digital

Timbangan digital dalam penelitian ini digunakan untuk menimbang berat serbuk produk hasil torefaksi setelah proses pengayakan yang nantinya akan dibriket, selain itu timbangan ini juga digunakan saat

menimbang produk briket baik saat sebelum dilakukan pengujian maupun setelah pengujian. seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Timbangan digital

d. Elemen Pemanas (*Band Heater*)

Elemen pemanas yang digunakan dalam penelitian ini memiliki ukuran 40 X 35 mm dengan daya 220 W yang berguna untuk memvariasikan temperatur pada saat proses pembriketan dilakukan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Elemen Pemanas (*Band Heater*)

e. *Thermostat temperature controller*

Thermostat controller memiliki daya 220 W dengan rentang pengukuran $-30 \sim 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$ yang berguna sebagai *server* atau *controller* dalam menaikkan temperatur pada elemen pemanas, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5. Spesifikasi alat pengatur temperatur ini dapat dilihat pada Tabel 3.3



Gambar 3.5 *Thermostat temperature controller*

Tabel 3.3 Spesifikasi *thermostat temperature controller*

| | | |
|---------------------------------------|---|---|
| <i>Temperature range</i> | : | $-30 \sim 500 \text{ }^{\circ}\text{C} / -22 \sim 932 \text{ }^{\circ}\text{F}$ |
| <i>Resolution</i> | : | 1C |
| <i>Size</i> | : | 88 x 77 x 35 mm |
| <i>Dimension of installation hole</i> | : | 70,5 x 29 mm |
| <i>Environmental requirement</i> | : | $-30 \sim 60 \text{ }^{\circ}\text{C}, 20 \sim 85 \text{ \% humidity}$ |

3.2.2 Bahan

Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan yaitu hasil torefaksi sampah biomassa campuran. Biomassa sampah campuran yang digunakan merupakan biomassa hasil torefaksi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Biomassa hasil torefaksi

3.3 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan sampel biomassa campuran dengan komposisi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Komposisi sampel biomassa campuran

| Limbah | Presentase (%) | Berat (gr) |
|-------------------|-----------------------|-------------------|
| Sisa makanan | 19 % | 190 gr |
| Kulit buah-buahan | 21 % | 210 gr |
| Daun-daunan | 46 % | 460 gr |
| Ranting kayu | 14 % | 140 gr |

- b. Melakukan proses penghalusan bahan baku
 - 1) Proses penghalusan menggunakan *blender*
 - 2) Proses penghalusan menggunakan ayakan *mesh 100*

c. Melakukan proses pembriketan

Tahapan dalam proses pembriketan adalah sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan serbuk bahan baku yang telah diayak dan ditimbang tiap 15 gram dan siap dicetak menjadi briket.
- 2) Menyalakan *heater* untuk memanaskan cetakan mencapai temperatur 100 °C, 150 °C, dan 200 °C untuk variasi ke-1 sampai ke-3.
- 3) Memasukkan bahan baku ke dalam cetakan dan tunggu hingga mencapai suhu yang ditentukan.
- 4) Menekan alat *press* hidrolis dengan tekanan 2 ton pada variasi ke-1.
- 5) Pembebanan ditahan selama 1 menit.
- 6) Mengeluarkan briket dari cetakan.
- 7) Mengulangi langkah 4 dengan variasi 5 ton, dan 8 ton untuk variasi yang berikutnya.

d. Melakukan Pengujian Briket

Adapun pengujian briket berguna untuk mengetahui kualitas dari briket hasil torefaksi, diantaranya mengetahui kekuatan briket menggunakan pengujian *drop test*, mengetahui ketahanan terhadap air, temperatur pembakaran dan lama pembakaran.

1) Pengujian *Drop Test*

Pengujian *drop test* yang ditunjukkan pada Persamaan 3.1 menggunakan metode ASTM D 440-86 R02.

$$\text{Shatter Index (\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

A = Berat briket sebelum dijatuhkan (gram)

B = Berat briket setelah dijatuhkan (gram)

Mula-mula spesimen ditimbang menggunakan timbangan untuk menentukan berat awal, kemudian briket dijatuhkan pada ketinggian 1,8 meter dengan permukaan landasan harus rata dan halus.

Setelah dijatuhkan, spesimen ditimbang ulang untuk mengetahui berat yang hilang dari briket. Setelah mengetahui seberapa prosentase yang hilang. Kita dapat mengetahui kekuatan spesimen terhadap benturan. Apabila partikel yang hilang terlalu banyak, berarti spesimen yang dibuat tidak tahan terhadap benturan.

2) Pengujian ketahanan terhadap air

Mula-mula spesimen ditimbang menggunakan timbangan untuk menentukan berat awal, kemudian briket direndam didalam air selama 30 menit.

Perhitungan indeks ketahanan air (*water resistant index*) briket dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.2 dibawah ini:

$$\%penyerapan = \frac{m_b - m_a}{m_a} \times 100\% \dots \dots \dots (3.2)$$

Dimana:

m_b : masa akhir briket setelah direndam 30 menit (kg)

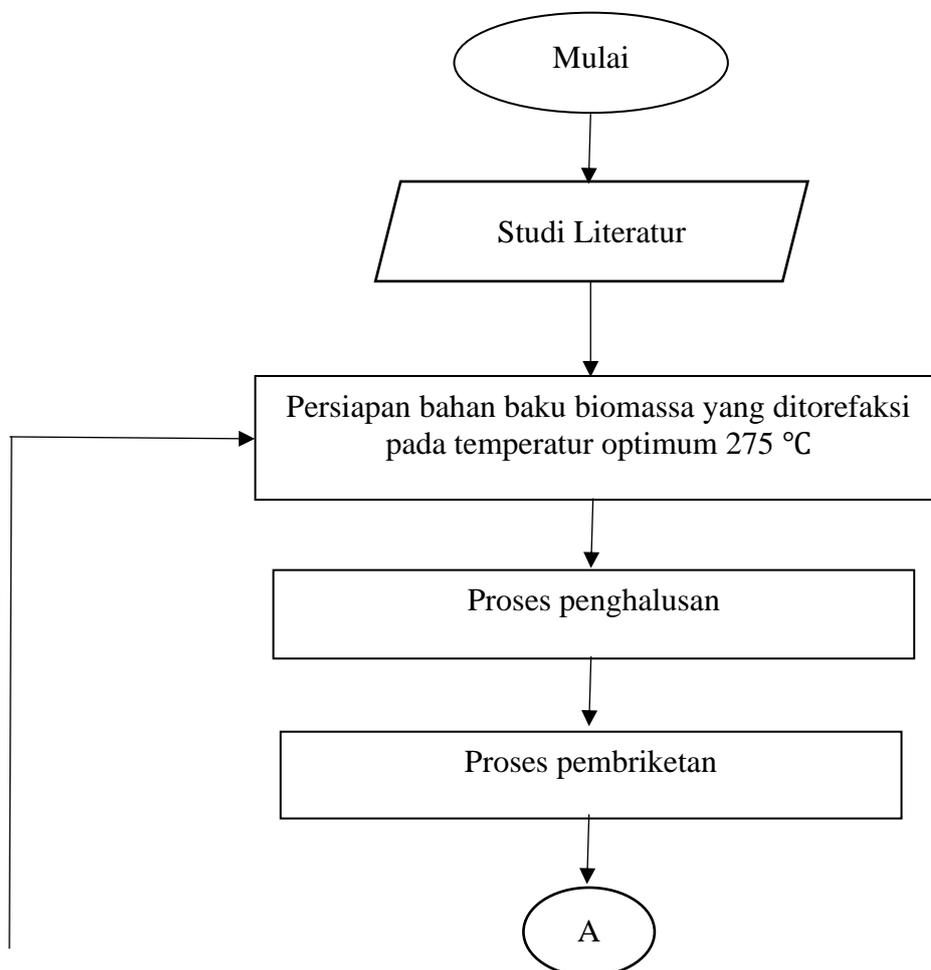
m_a : masa awal briket sebelum direndam (kg)

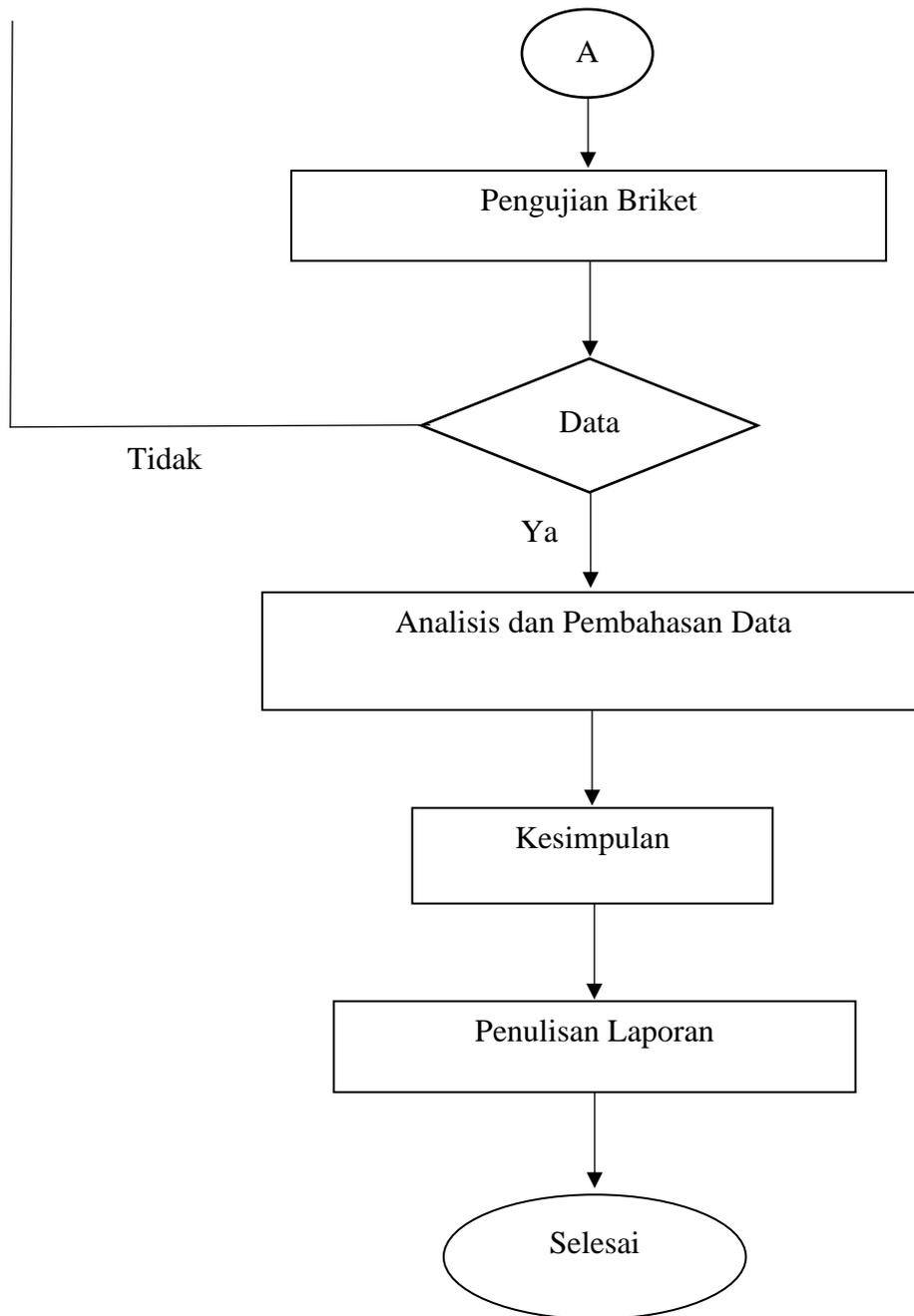
3) Pengujian Pembakaran

Sebelum briket dibakar, perlakuan yang diberikan terlebih dahulu dengan menyalakan api dengan sampah kering, lalu briket dibakar dengan api yang sudah dinyalakan sampai briket terbakar serta terdapat nyala api. Kemudian, saat pembakaran terjadi, hitung dan catat waktu pembakaran sampai briket terbakar habis serta temperatur yang dicapai saat terbakar.

3.4 Alur Tahapan Penelitian

Alur pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.7 sebagai berikut:





Gambar 3.7 Alur pengambilan data

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka simpulan yang didapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Karakteristik sifat fisik melalui pengujian *drop test* didapat hasil pengujian briket 8 ton bertemperatur 150 °C yang paling baik, karena tidak kehilangan materialnya saat dijatuhkan.
2. Pada pengujian ketahanan terhadap air, briket 8 ton bertemperatur 150 °C memiliki ketahanan terhadap air yang paling baik yaitu terserap 2 %.
3. Pengujian pembakaran yang meliputi lama waktu pembakaran didapat hasil briket 8 ton bertemperatur 200 °C paling lama terbakar habis selama 42 menit 27 detik, sementara untuk temperatur pembakaran, briket 8 ton bertemperatur 150 °C memiliki nilai temperatur paling tinggi yaitu 433 °C.
4. Bahan limbah biomassa campuran yang telah ditorefaksi memiliki kualitas yang lebih baik dari bahan baku non-torefaksi.
5. Briket yang memiliki kualitas yang paling baik pada penelitian ini adalah briket 8 ton bertemperatur 150 °C, dimana pada pengujian *drop test* briket tidak banyak kehilangan materialnya. Pada saat pengujian ketahanan terhadap air pun, air yang terserap pada briket 8 ton bertemperatur 150 °C

cukup rendah, dan pada saat pengujian pembakaran briket ini juga cukup baik.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian selanjutnya ialah sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian dengan variasi biomassa lain, melakukan variasi penekanan yang lebih tinggi dan mencari nilai kalor.
2. Melakukan penambahan variabel pengujian seperti menghitung laju pembakaran agar kualitas yang didapat benar-benar baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrul, 2014. *Pemanfaatan Sampah Menjadi Bahan Bakar Padat Setara Batubara Melalui Proses Torefaksi*, Disertasi Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Amrul, Amrizal, Agus A., dan Ika S., 2018. *Experimental Study on Waste Biomass Torrefaction Using a Continuous Tubular Reactor*. Prosiding SNTTM XVII, Hal. 304-309.
- Amrul, Fariz M., dan Indra M., 2017. *Thermal Simulation of Continuous Torrefaction Reactor Tubular Type for Solid Fuel Production of Municipal Waste*. Prosiding SNTTM XVI, Hal. 53-56.
- Basu, Pabir, 2010. *Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory*. Elsevier, Oxford, United Kingdom.
- Batidzirai, B., Mignot, A., Schakel, W., Junginger, H., Faaij, A., 2013. *Biomass Torrefaction 297 technology: Techno-economic status and future prospects*. Energy, Vol. 62, pp. 196-214.

Bergman, P., C., A., 2005. *Combined Torrefaction and Pelletisation*, ECN Report, ECN-C-05-073.

Harwin Saproadi dan Fauzun, 2012. *Karakterisasi Briket dari Limbah Pengolahan Kayu Sengon Dengan Metode Cetak Panas*. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi Periode III, Vol. 1, Hal. 394-400.

Naim, Darul. 2013. *Pengaruh Variasi Temperatur Cetakan Terhadap Karakteristik Briket Kayu Sengon Pada Tekanan Kompaksi 5000 Psig*. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 2, Hal 1-9.

Nugraha, A., Widodo, A., dan Wahyudi, 2017. *Pengaruh Tekanan Pembriketan dan Persentase Briket Campuran Gambut dan Arang Pelepah Daun Kelapa Sawit Terhadap Karakteristik Pembakaran Briket*. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.8, No.1 Tahun 2017: 29 – 36.

Pambudi, F. K., Nuriana, W., dan Hantarum, 2017. *Pengaruh Tekanan Terhadap Kerapatan, Kadar Air dan Laju Pembakaran Pada Biobriket Limbah Kayu Sengon*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VI 2018, Vol. 1, Hal. 547-554.

Peffer, T., Pritoni, M., Meier, A., Aragon C., Perry, D., 2011. *How people use thermostats in homes: A review*. Building and Environment, Vol. 46, pp. 2529-2541.

Richard S., R., 1989. *Physical Testing of Fuel Briquettes*. Industrial Processing Division. Departement of Scientific and Industrial Research. Lower Hutt. New Zealand.

Syamsiro, M., 2017. *Peningkatan Kualitas Bahan Bakar Padat Biomassa Dengan Proses Densifikasi Dan Torrefaksi*. Jurnal Mekanika dan Sistem Termal, Vol. 1, Hal. 7-13.

Yudistira, P., Zuchra, H., dan Komalasari, 2017. *Pembuatan Briket Pelepah Sawit Menggunakan Proses Torefaksi pada Variasi Tekanan dan Penambahan Perekat Tapioka*. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 4, Hal. 1-6.