



**PENGARUH CAMPURAN ARANG KAYU
TERHADAP KARAKTERISTIK BRIKET LIMBAH
DAUN CENGKEH**

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar

Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin

Oleh

Rachmawati Dwi Yulinar

NIM.5212415013

TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2020

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Rachmawati Dwi Yulinar

NIM : 5212415013

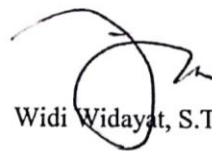
Program Studi : Teknik Mesin S1

Judul : Pengaruh Campuran Arang Kayu terhadap Karakteristik Briket
Limbah Daun Cengkeh

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian
Skripsi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri
Semarang.

Semarang,

Pembimbing



Widi Widayat, S.T., M. T.

NIP. 19740815000031001

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “ Pengaruh Campuran Arang Kayu Terhadap Karakteristik Briket Limbah Daun Cengkeh ” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 20 bulan Desember tahun 2019.

Oleh

Nama : Rachmawati Dwi Yulinar

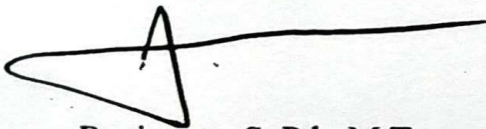
NIM : 5212415013

Program Studi : Teknik Mesin

Panitia:

Ketua

Sekretaris



Rusiyanto, S. Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

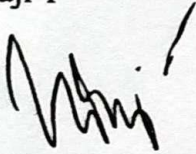


Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo, S.T., M. T
NIP. 197509272006041002

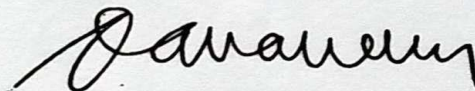
Penguji 1

Penguji 2

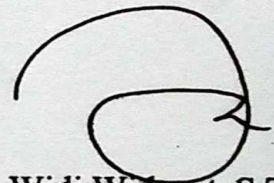
Pembimbing



Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D.
NIP.197601012003121002



Danang Dwi Saputro, S.T., M.T.
NIP.197811052005011001

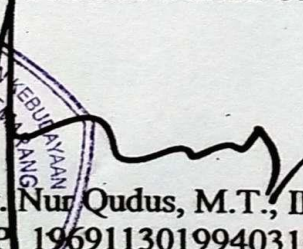


Widi Widayat, S.T., M.T.
NIP.197408152000031001

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES




Dr. Nur Qudus, M.T., IPM
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi/TA ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 28 Februari 2020

Yang membuat pernyataan,



Rachmawati Dwi Yulinar
NIM.5212415013

MOTTO

“Maka janganlah sekali kali engkau membiarkan kehidupan dunia ini memperdayakanmu.” – Q. S. Fathir ayat 5.

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan." – Q. S. Asy Syarh ayat 5-6.

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya.” – Q. S. Al Baqarah ayat 286.

Bermanfaat bagi sesama.

RINGKASAN

Rachmawati Dwi Yulinar. 2019. Pengaruh Campuran Arang Kayu terhadap Karakteristik Briket Limbah Daun Cengkeh. Widi Widayat, S.T., M.T. Teknik Mesin. Fakultas Teknik.

Limbah daun cengkeh sisa destilasi dan arang kayu memiliki potensi yang cukup besar yang bisa dijadikan bahan baku briket. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi campuran antara daun cengkeh terhadap karakteristik briket yang meliputi: uji *proximate* (nilai kalor, kadar air, kadar abu, *volatile matter*, dan *fixed carbon*), densitas, *stability*, *drop test*, dan laju pembakaran.

Variasi campuran arang kayu adalah 0%, 20%, dan 40% dan penambahan perekat 15%. Daun cengkeh dikeringkan dahulu sekitar 5 jam, setelah itu bahan baku tiap variasi dicampur dan dilakukan pembriketan. Briket yang sudah jadi kemudian dilakukan pengujian dan dianalisis.

Penambahan arang berpengaruh terhadap karakteristik briket. Arang kayu meningkatkan nilai kalor pada briket. Variasi arang 40% memiliki nilai kalor 5335 kal/gr. Variasi campuran arang berpengaruh terhadap temperatur maksimal dan sisa massa pada setiap 5 detik. Semakin banyak campuran arang pada briket mengakibatkan lebih lama mencapai temperatur maksimal, lebih lama dalam proses pengeringan dan *devolatilization*, akan tetapi lebih singkat pada proses *char combustion*.

Kata kunci: briket, daun cengkeh, arang kayu.

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul PENGARUH CAMPURAN ARANG TERHADAP KARAKTERISTIK BRIKET LIMBAH DAUN CENGKEH. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana pada Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua diberikan safaat Nya di Yaumul akhir nanti, Amin,

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Dr. Nur Qudus, M., Dekan Fakultas Teknik, Rusyanto, S.Pd., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin, Samsudin Anis, S.T, M.T., Ph.D, Koordinator Program Studi Teknik Mesin atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
2. Bapak Widi Widayat, S.T., M.T., sebagai pembimbing yang sudah berkenan memberikan bimbingan, waktu, dan ilmu.
3. Bapak Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D, dan Bapak Danang Dwi Saputro, S.T., M.T., sebagai Penguji I dan II.
4. Ibunda Pasri, Ayahanda Akhmad Sahadi, serta Kakak tersayang Rachmad Putra Bahari, yang selalu memberikan perhatian, do'a dan pengorbanan yang luar biasa.
5. Teman-teman Prodi TM 15 yang sudah berkenan untuk berjuang bersama, dan membantu penulis selama masa kuliah.
6. Aep Ripaldi dan teman-teman indekos SUHERI atas bantuan, do'a dan motivasi.
7. Berbagai pihak yang telah memberikan bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dikarenakan terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan masukan bahkan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak.

Semarang,
Penulis

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO.....	v
RINGKASAN.....	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1. 1 Latar Belakang Masalah	1
1. 2 Identifikasi Masalah	3
1. 3 Batasan Masalah.....	4
1. 4 Rumusan Masalah	4
1. 5 Tujuan Penelitian.....	4
1. 6 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	6
2. 1 Kajian Pustaka.....	6
2. 2 Landasan Teori.....	9
2. 2. 1 Biomassa	9
2. 2. 2 Briket	10
2. 2. 3. Bahan Pembuatan Briket	11
2. 2. 4. Arang kayu	12
2. 2. 6. Perekat Briket	14
2.2.7 Karakteristik Briket	16
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3. 1. 1 Waktu.....	24

3. 1. 2	Tempat Penelitian	24
3. 2	Desain Penelitian	24
3. 2. 1	Proses pembuatan briket	25
3.3	Alat dan bahan.....	28
3.3.1	Alat	28
3. 3. 2	Bahan	31
3. 4	Parameter penelitian	31
3. 5	Teknik pengumpulan data.....	32
3. 6	Kalibrasi instrumen	33
3. 7	Teknik analisis data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Hasil Penelitian	35
4.1.1	Data <i>Proximate</i>	35
4.1.2	Data <i>Stability</i>	35
4.1.3	Data Densitas.....	36
4.1.4	Kekuatan	36
4.1.5	Laju Pembakaran	37
4.2	Pembahasan.....	37
4.2.1	Pengaruh campuran arang kayu terhadap nilai <i>proximate</i>	37
4.2.3	Pengaruh campuran arang kayu terhadap perubahan dimensi	42
4.2.4	Pengaruh campuran arang kayu terhadap persentase massa yang hilang	43
4.2.5	Pengaruh campuran arang kayu terhadap laju pembakaran briket.	44
4.2.6	Perbandingan dengan penelitian sebelumnya	47
BAB V PENUTUP		48
5.1	Kesimpulan	48
3.2	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA		50
LAMPIRAN		53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar kualitas briket arang di Jepang, Inggris, Amerika, Indonesia .	10
Tabel 2.2 Karakteristik dasar bahan baku	12
Tabel 2.3 Syarat mutu arang menurut SNI 01-1683-1989	13
Tabel 2.4 Kandungan karakteristik bahan baku	13
Tabel 3.1 Pengujian spesimen Densitas, <i>Stability</i> , <i>Droptest</i> , Laju pembakaran .	26
Tabel 3.2 Banyaknya pengulangan uji proximate	26
Tabel 3.3 Pengujian Densitas	32
Tabel 3.4 Pengujian <i>Stability</i>	32
Tabel 3.5 Pengujian <i>Drop Test</i>	32
Tabel 3.6 Pengujian Proximate	32
Tabel 3.7 Pengujian Laju Pembakaran	33
Tabel 4.1 Kandungan Briket.....	35
Tabel 4.2 Perubahan Dimensi.....	35
Tabel 4.3 Densitas.....	36
Tabel 4.4 Massa Yang Hilang	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Limbah daun cengkeh	12
Gambar 2.2 Arang kayu	14
Gambar 2.3 Tahapan Proses Pembakaran	22
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian	30
Gambar 3.2 Cetakan briket	31
Gambar 3.3 <i>Thermocontroller</i>	32
Gambar 3.4 Alat kompaksi	32
Gambar 3.5 Alat uji laju pembakaran	33
Gambar 3.5 Alat uji laju pembakaran	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Usulan Topik Skripsi	53
Lampiran 2 Usulan Pembimbing Skripsi	55
Lampiran 3 Daftar Hadir Seminar Proposal Skripsi	56
Lampiran 4 Surat Penetapan Dosen Pembimbing	57
Lampiran 5 Surat Hasil Pengujian	58
Lampiran 6 <i>Fixed Carbon</i>	61
Lampiran 7 Perubahan Dimensi	62
Lampiran 8 Densitas	63
Lampiran 9 Kekuatan Spesimen	66
Lampiran 10 Laju Pembakaran	69

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang Masalah

Salah satu bahan bakar alternatif adalah biomassa. Biomassa merupakan bahan bakar yang berasal dari bahan-bahan organik yang memiliki kerapatan energi berkisar 14.651 – 16.744 kJ. Biomassa berpotensi untuk diolah menjadi briket, karena memiliki kerapatan energi yang rendah (Balasubramani, *et al.*, 2016).

Briket merupakan bahan bakar yang memiliki bentuk dan ukuran tertentu yang digunakan sebagai bahan bakar untuk menyalakan dan mempertahankan nyala api. Karakteristik pembakaran pada biobriket, antara lain peningkatan laju pembakaran biobriket. Laju pembakaran mengakibatkan kandungan senyawa menjadi mudah menguap (*volatile matter*). Laju pembakaran juga berpengaruh terhadap densitas briket dan nilai kalor. Semakin besar nilai kerapatan (densitas), maka semakin lambat laju pembakaran yang terjadi (Sukowati, 2016: 2), sedangkan untuk nilai kalor yang tinggi berpengaruh terhadap pencapaian suhu maksimal pembakaran yang cukup lama. Briket dengan kualitas yang baik diantaranya adalah memiliki sifat keras, tidak mudah pecah, tekstur yang halus, aman bagi manusia dan lingkungan serta memiliki sifat-sifat penyalaan yang baik. Sifat penyalaan pada briket antara lain adalah mudah menyala, proses pembakaran cukup lama, menimbulkan asap sedikit serta nilai kalor yang cukup tinggi. Perbandingan dari setiap bahan baku dan perekat mempengaruhi karakteristik

pada briket. Pemilihan bahan baku dan bahan perekat sangat berpengaruh terhadap mutu briket (Purnomo, *et al.*, 2015: 55).

Bahan baku yang digunakan adalah limbah penyulingan daun cengkeh yang berasal dari industri PT. Cengkeh Zanzibar yang terletak di Desa Kalisidi, Ungaran Barat, Kabupaten Semarang, dan arang kayu. Daun cengkeh sisa dari proses penyulingan minyak atsiri ini merupakan limbah yang belum dimaksimalkan pemanfaatannya. Pada limbah daun cengkeh kering terdapat sifat dasar yang mudah terbakar dan akan mempengaruhi laju pembakaran. Semakin banyak massa limbah yang terbakar maka laju pembakaran semakin tinggi (Adnan, *et al.*, 2018: 65). Daun cengkeh memiliki nilai *volatile matter* lebih tinggi dari arang kayu sehingga daun cengkeh mudah menyala dan terbakar. Kandungan *volatile matter* yang tinggi akan mempercepat pembakaran bahan karbon dan sebaliknya. Kandungan karbon yang rendah berpengaruh terhadap kadar karbon, sehingga mengakibatkan polusi udara selama proses pembakaran (Aklis, 2008: 10).

Pada penelitian Jamilatun (2008: 40), arang kayu mempunyai nilai kalor 3583 kal/g dengan lama waktu pendidihan 1 liter air yaitu 8 menit dan nyala api sedang. Semakin banyak campuran arang kayu dalam biobriket maka semakin tinggi temperatur pembakaran yang dihasilkan. Kandungan zat *volatile matter* berpengaruh pada kecepatan pembakaran. Kecepatan pembakaran akan lambat apabila nilai kalor yang terkandung semakin banyak. Semakin banyak kadar arang kayu dalam biobriket, maka kandungan kalori biobriket juga akan semakin besar, begitu pula sebaliknya (Aklis, 2008: 13).

Pemberian bahan perekat bertujuan untuk menarik air dan membentuk tekstur yang padat atau menggabungkan dua substrat yang akan direkatkan. Perekat yang digunakan pada penelitian ini adalah tepung tapioka, karena menimbulkan asap yang relatif sedikit. Perekat tepung tapioka akan menghasilkan *fiberboard* (serat) yang berpengaruh terhadap rendahnya kerapatan, kekuatan tekan, kadar abu, dan zat terbang, namun meningkatkan kadar air, karbon terikat dan nilai kalornya (Saleh, 2013: 82). Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh Ulfi, *et al.*, (2016: 38), menunjukkan bahwa perekat tepung tapioka lebih baik daripada perekat tepung sagu karena perekat tepung tapioka menghasilkan kalor yang tinggi dan cepat terbakar. Perekat tepung tapioka dapat memperbesar densitas suatu briket. Semakin banyak tepung tapioka yang digunakan sebagai perekat, tingkat kerapatan atau densitas akan semakin besar.

Pada penelitian yang akan dilakukan, briket dibuat menggunakan campuran daun cengkeh kering sisa destilasi dan arang kayu dengan perekat tapioka. Pembuatan briket dengan upaya pemanfaatan limbah daun cengkeh sisa destilasi ini agar menjadi bahan bakar alternatif yang lebih berkualitas. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kalor serta karakteristik seperti kadar air, kadar abu, *stability* suatu briket dengan memvariasikan bahan campuran limbah daun cengkeh dan arang kayu.

1. 2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dari penelitian ini adalah:

1. Kurangnya pemanfaatan limbah hasil penyulingan daun cengkeh agar menjadi bahan bakar.

2. Limbah daun cengkeh hanya digunakan sebagai bahan bakar penyulingan minyak.
3. Kurangnya memperhatikan pengaruh jumlah perekat dan campuran arang kayu terhadap kualitas briket.

1. 3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bahan baku pembuatan briket yaitu berasal dari limbah daun cengkeh sisa destilasi dari industri yang terletak di Desa Kalisidi, Ungaran Barat, Kabupaten Semarang.
2. Briket limbah daun cengkeh dengan variasi perbandingan campuran arang kayu (0%, 20%, 40%) dan perekat tapioka (15%).
3. Karakteristik briket antara lain: kerapatan (*density*), kadar abu, kadar air, nilai kalor, *stability*, *droptest*, dan laju pembakaran.

1. 4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah diambil berdasarkan batasan masalah yang sudah dijelaskan sebelumnya, adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

Bagaimana pengaruh komposisi campuran antara daun cengkeh dan arang kayu dengan variasi arang kayu 0%, 20%, dan 40% dengan variasi perekat tapioka 15% yang diberikan terhadap karakteristik briket?

1. 5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

Mengetahui pengaruh komposisi campuran antara daun cengkeh dan arang

kayu 0%, 20%, dan 40% dengan variasi perekat tapioka 15% yang diberikan terhadap karakteristik briket.

1. 6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi peneliti, dapat mengetahui pengaruh komposisi campuran antara daun cengkeh dan arang kayu dengan variasi arang kayu 0%, 20%, dan 40% dengan variasi perekat tapioka 15% yang diberikan terhadap kualitas briket.
2. Bagi mahasiswa, meningkatkan pengetahuan tentang energi terbarukan.
3. Bagi masyarakat, dapat memberikan informasi tentang inovasi IPTEK dengan cara memanfaatkan limbah sekitar menjadi energi alternatif .
4. Bagi lembaga, meningkatkan wawasan tentang inovasi baru briket dari campuran daun cengkeh dan arang kayu dengan perekat tepung tapioka sebagai energi alternatif.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2. 1 Kajian Pustaka

Penulisan ini menggali informasi dari penelitian-penelitian sebelumnya sebagai bahan perbandingan, baik mengenai kekurangan atau kelebihan yang sudah ada untuk mendapatkan suatu informasi yang ada sebelumnya tentang teori yang berkaitan dengan judul yang digunakan untuk memperoleh landasan teori ilmiah.

Penelitian tentang briket limbah daun cengkeh dilakukan oleh Aklis (2008), dimana menggunakan variasi campuran limbah daun cengkeh dan arang kayu. Persentase limbah daun cengkeh yang digunakan adalah 100%, 60%, 40%, 20% dan 0%. Pengujian karakteristik pembakaran briket berupa uji karakteristik laju pembakaran, temperatur pembakaran, dan massa sisa pembakaran. Laju pembakaran pada briket dengan komposisi 100%, 60%, 40%, 20%, dan 0%, masing-masing mempunyai laju pembakaran 31 g/menit, 0,29 g/menit, 0,27 g/menit, 0,26 g/menit, dan 0,20 g/ menit. Massa sisa pembakaran briket pada komposisi limbah daun cengkeh 100%, 60%, 40%, 20%, dan 0%, masing-masing mempunyai massa sisa 0,62 g pada menit ke-25, 0,68 g pada menit ke-28, 0,7g pada menit ke-31, 0,74 g pada menit ke-34 dan 0,85 g pada menit ke-43. Waktu pembakaran briket limbah daun cengkeh dengan komposisi 100% , 60%, 40%, 20%, dan 0% , masing-masing menghasilkan temperatur yaitu 243°C dalam waktu 7 menit, 258°C dalam waktu 9 menit, 265°C dalam waktu 10 menit, 273°C dalam

waktu 11 menit, dan 304°C dalam waktu 22 menit. Semakin banyak kandungan abu yang terdapat dalam briket, maka akan menyebabkan massa sisa briket semakin banyak pula. Semakin banyak kandungan senyawa *volatile matter* dalam briket maka akan menyebabkan laju pembakaran yang semakin singkat.

Penelitian serupa tentang briket limbah daun cengkeh juga dilakukan oleh Aklis (2008), dimana bahan baku yang digunakan adalah limbah daun cengkeh dan arang kayu, serta aspal sebagai perekat. Pada pembuatan briket diberikan variasi perbandingan dari setiap bahan baku. Variasi campuran komposisi limbah daun cengkeh yang digunakan adalah 0%, 20%, 40%, 60% dan 100%. Briket yang telah dihasilkan kemudian dilakukan pengujian laju pembakaran melalui 2 metode yaitu secara pembakaran langsung (*CO combustion*) dan melalui proses briketing. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa temperatur maksimal yang dihasilkan oleh bahan bakar limbah daun cengkeh lebih rendah dibandingkan arang kayu, karena kadar kalori yang dimiliki oleh daun cengkeh lebih rendah dari arang kayu, akan tetapi karena memiliki persentase *fixed carbon* yang lebih rendah maka, daun cengkeh akan mencapai temperatur maksimum lebih cepat. Massa sisa pembakaran limbah daun cengkeh lebih rendah dari arang kayu, tetapi laju pembakaran limbah daun cengkeh lebih tinggi dibandingkan dengan arang kayu.

Penelitian tentang arang kayu sebagai bahan bakar dilakukan oleh Jamilatun (2008), dimana bahan baku pembuatan briket yang digunakan adalah arang kayu dan perekat tepung tapioka. Bahan baku yang sudah dihaluskan kemudian dicampur dengan perekat tepung tapioka, dengan perbandingan 80% : 20% (arang

kayu : perekat). Analisis data yang dilakukan meliputi kadar air, kandungan senyawa *volatile*, kadar karbon, berat jenis, dan nilai kalornya. Kesimpulan dari penelitian ini adalah arang kayu memiliki lama pembakaran sampai menjadi abu yaitu 109,45 menit dengan kecepatan pembakaran terendah, serta arang kayu memiliki nilai kalor 3.583 kal/g dengan nyala api sedang.

Penelitian tentang perekat tepung tapioka dilakukan oleh Amin, *et al.*, (2017) menggunakan 3 variasi perekat tepung tapioka yaitu 5%, 7%, dan 9% dengan tekanan 150 kg/cm². Hasil penelitian menunjukkan bahwa, penambahan perekat mempengaruhi nilai kalor, kadar air, dan *shatter index*. Penambahan perekat 7% pada briket menghasilkan nilai kalor tertinggi sebesar 7652,64 kal/g, kadar air yang optimum sebesar 3,23%, dan *shatter index* paling optimum sebesar 0,18%.

Penelitian serupa tentang perekat tepung tapioka atau kanji dilakukan oleh Maryono, *et al.*, (2013). Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap yaitu pengumpulan dan pengeringan bahan baku, pencetakan dan pengempaan, pengeringan dan penentuan mutu briket. Variasi tepung tapioka diberikan yaitu 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7% dan 8%. Mutu briket ditinjau dari kadar tepung tapioka, semakin tinggi kadar perekat akan menyebabkan air yang terkandung dalam perekat akan masuk dan terikat ke dalam pori-pori arang. Kadar perekat yang tinggi juga menyebabkan kerapatan pada briket semakin tinggi sehingga pori-pori briket semakin kecil. Penambahan perekat harus tetap digunakan karena briket yang tidak menggunakan bahan perekat kerapatannya rendah sehingga briket akan mudah hancur dan sukar dijadikan sebagai bahan bakar.

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa variasi jumlah perekat tepung tapioka sangat berpengaruh terhadap kualitas briket yang dihasilkan. Selain itu juga mempengaruhi karakteristik briket yang akan dihasilkan, seperti nilai kalor, kadar air, kadar abu, dan sifat fisik briket yang dapat diuji seperti densitas atau kerapatan, *stability* atau kestabilan, dan *droptest* atau ketahanan briket serta laju pembakaran.

2. 2 Landasan Teori

Landasan teori mencakup beberapa hal tentang pengertian, karakteristik dan pengujian yang dilakukan pada beberapa penelitian yang telah dilakukan antara lain tentang biomassa, briket, limbah daun cengkeh, arang kayu, perekat briket, uji *proximate*, sifat fisik dan mekanik, dan laju pembakaran.

2. 2. 1 Biomassa

Biomassa merupakan bahan organik yang dapat dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun buangan yang bisa didapatkan dari limbah pertanian, limbah industri, limbah rumah tangga, dll. Selain digunakan untuk bahan pangan atau lain-lain, biomassa juga dapat digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar) setelah diambil produk primernya. (Nahar, *et al.*, 2012: 57).

Energi biomassa dapat menjadi sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil (minyak bumi) karena beberapa sifatnya yang dapat diperbaharui (*renewable resources*). Selain itu, relatif tidak mengandung sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara, dan mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya hutan dan pertanian (Ndraha, 2009: 3).

2. 2. 2 Briket

Briket adalah salah satu bahan bakar alternatif dari biomassa. Briket merupakan perubahan bentuk material yang awalnya berupa serbuk atau bubuk yang berukuran seperti pasir menjadi material padat (Saleh, *et al.*, 2017: 22). Bentuk briket menyerupai arang dan memiliki kerapatan atau densitas yang lebih tinggi, serta tergolong ke dalam bahan sederhana, baik dalam proses pembuatan ataupun dari segi bahan baku yang digunakan. Sehingga, bahan bakar briket memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan (Ismayana dan Afriyanto, 2011: 186).

Pembuatan briket harus memenuhi standar yang telah ditentukan. Kualitas briket ditentukan dari sifat-sifat yang dapat mempengaruhi antara lain sifat fisik dan sifat kimia seperti kadar air, kadar abu, kadar *volatile matter*, kadar *fixed carbon*, dan nilai kalor. Suatu briket diharapkan memiliki kadar air, kadar abu, dan kadar *volatile matter* yang rendah, sedangkan nilai kalor dan kadar *fixed carbon* diharapkan mempunyai nilai yang tinggi, dengan begitu briket tersebut dapat dikatakan sebagai briket dengan kualitas atau bermutu baik (Ulfi, *et al.*, 2016: 39). Berikut dapat dilihat Tabel 2.1 standar kualitas briket dari beberapa negara :

Sifat briket	Standar Mutu				
	Impor	Jepang	Inggris	USA	SNI
<i>Moisture (%)</i>	6-8	6-8	3-4	6	8
<i>Ash (%)</i>	3-6	3-6	8-10	18	8
<i>Volatille Matters (%)</i>	15 - 30	15 - 30	16	19	15
<i>Fixed Carbon (%)</i>	60-80	60-80	75	58	-
Densitas (g/cm ³)	-	1-2	0,84	1	-
Kekuatan Tekan (kg/cm ²)	-	60	12,7	62	-

Nilai Kalor (kkal/g)	6000 - 7000	6000 - 7000	7300	6500	5000
----------------------	----------------	----------------	------	------	------

Sumber : Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan (1994) dalam Paisal, *et al.*, (2014).

2. 2. 3. Bahan Pembuatan Briket

a. Bahan Baku

Karakteristik bahan yang dapat dijadikan suatu briket yang paling penting adalah bahan tersebut memiliki sifat termal yang tinggi dan memiliki emisi CO₂ yang rendah (Ulfi, 2016: 38).

b. Bahan Perekat

Menurut Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian dalam Saleh (2013: 79), pembuatan briket membutuhkan bahan perekat, hal tersebut dikarenakan supaya briket tidak mudah hancur. Jenis perekat yang akan digunakan berpengaruh terhadap kerapatan, ketahanan tekan, nilai kalor bakar, kadar air, dan kadar abu. Terdapat dua golongan perekat dalam pembuatan briket, yaitu perekat yang berasap dan perekat yang kurang berasap.

Limbah daun cengkeh kering memiliki peluang untuk menjadi bahan bakar, sehingga akan mendatangkan keuntungan dari segi aspek lingkungan dan aspek ekonomisnya. Menurut Aklis (2008: 10), *volatile matter* limbah daun cengkeh memiliki nilai yang tinggi sehingga menunjukkan bahwa limbah daun cengkeh lebih mudah menyala dan terbakar.

Daun cengkeh kering memiliki *volatile matter* yang tinggi mencapai 46,0091%, dan untuk kadar kalornya mencapai 4089,199 kal/kg. *Volatile matter*

yang tinggi akan mempermudah penyalaan dan kadar kalor yang tinggi akan menghasilkan temperatur pembakaran yang tinggi (Adnan, *et al.*, 2018: 62).

Tabel 2.2 Karakteristik dasar bahan baku

Kandungan (%)	Daun Cengkeh
<i>Volatille matter</i>	46,0091
<i>Fixed carbon</i>	13,0309
Kadar air	9,925
Kadar abu	6,22
Kadar kalori (kal/kg)	4089,199

Sumber: Adnan, *et al.*, (2018: 62)



Gambar 2.1 Limbah daun cengkeh.
(Sumber: Adnan, *et al.*, 2018: 59)

2. 2. 4. Arang kayu

Arang merupakan residu dari proses penguraian panas terhadap bahan yang sebagian besar komponennya adalah mengandung karbon. Proses penguraian panas ini dapat dilakukan dengan cara memanasi bahan langsung atau tidak langsung di dalam timbunan, kiln atau tanur (Lempang, 2014: 66). Pada proses terjadinya karbonisasi menjadi arang dapat menghilangkan senyawa *volatille* dan kelembaban yang terkandung sehingga menghasilkan karbon yang lebih tinggi.

Pemanfaatan arang dari kayu lebih baik dibandingkan dengan pembakaran biomassa secara langsung, hal tersebut karena selain tanpa asap dan emisi yang berlebihan, juga karena nilai kalor (pembakaran) yang lebih tinggi (Gebresas, *et al.*, 2015: 2). Sifat-sifat penting yang harus diketahui untuk kualitas arang yaitu meliputi kadar air, kadar abu, zat mudah menguap dan nilai kalor (Salim, 2016:54).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Subroto (2007: 14) menunjukkan bahwa arang kayu memiliki nilai kalor dan nilai karbon yang masih cukup tinggi, selain itu arang kayu juga memiliki nilai kadar abu dan kadar air yang relatif lebih sedikit. Berikut dapat dilihat pada tabel 2.3 syarat mutu arang menurut SNI 01-1683-1989.

Tabel 2.3 Syarat Mutu Arang Menurut SNI 01-1683-1989

Karakteristik	Syarat
Kadar air	Maks. 6%
Kadar zat menguap	Maks. 30%
Kadar abu	Maks. 4%
Benda asing	Maks. 1
Tertahan ayakan berlubang 6,25 cm	Min. 90%
Lolos ayakan berlubang 3,18 cm	Maks. 2%

Sumber: Salim (2016: 58).

Tabel 2.4 Kandungan karakteristik bahan baku

Kandungan	Arang Kayu
<i>Volatille matter</i> (%)	10,7302
<i>Fixed carbon</i> (%)	60,8027
Kadar air (%)	11,27
Kandungan (%)	Arang kayu
Kadar abu	25,9
Kadar kalori (kal/kg)	6650,2055

Sumber: Adnan, *et al.*, (2018: 62).



Gambar 2.2 Arang kayu
(Sumber: Adnan, *et al.*, 2018:59)

2. 2. 6. Perekat Briket

Tujuan penggunaan bahan perekat pada briket adalah untuk mengikat air dan membentuk tekstur padat atau mengikat dua substrat yang akan direkatkan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Saleh (2013:82), dengan adanya tambahan bahan perekat maka briket yang akan dihasilkan mempunyai susunan pada partikel yang semakin baik, teratur dan lebih padat sehingga pada proses pengempaan kekuatan tekan dan arang briket akan semakin baik. Perekat yang akan digunakan, menjadi salah satu hal yang sangat berpengaruh pada kualitas briket ketika dibakar dan dinyalakan. Salah satu bahan perekat yang dapat digunakan adalah tepung tapioka. Tepung tapioka merupakan pati dengan bahan baku yang diekstrak dari singkong dan mempunyai sifat-sifat fisik yang serupa dengan pati sagu. Perekat tepung tapioka berbentuk cair sebagai bahan perekat akan menghasilkan *fiberboard* yang bernilai rendah dalam hal kerapatan, kuat tekan, kadar abu, dan zat mudah menguap, tetapi akan lebih tinggi dalam hal kadar air, karbon terikat, dan nilai kalornya apabila dibandingkan dengan yang menggunakan perekat molase. Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Smith

dan Idrus (2017: 25), menunjukkan bahwa briket yang dibuat menggunakan perekat tapioka memiliki kadar air yang lebih rendah dibandingkan briket yang dibuat dengan perekat sagu.

Tepung tapioka dipilih sebagai bahan perekat dalam pembuatan briket, dikarenakan tepung tapioka termasuk sebagai bahan perekat organik yang menimbulkan asap relatif sedikit dibandingkan perekat-perekat lainnya. Perekat organik merupakan perekat yang sangat efektif, tidak mahal dan ketika dibakar menghasilkan sedikit abu (Moeksin, *et al.*, 2017: 148).

Banyaknya perekat yang diberikan pada campuran bahan baku briket sangat mempengaruhi kualitas mutu briket. Berdasarkan fungsi dari pengikat dan kualitasnya, pemilihan bahan perekat dapat dibagi sebagai berikut (Fachry, *et al.*, 2010: 58):

a. Berdasarkan sifat / bahan baku perekat briket:

Karakteristik bahan baku perekat untuk pembuatan briket adalah sebagai berikut :

1. Memiliki gaya kohesi yang baik bila dicampur dengan batu bara.
 2. Mudah terbakar dan tidak berasap.
 3. Mudah didapat dalam jumlah banyak dan murah harganya.
 4. Tidak mengeluarkan bau, tidak beracun dan tidak berbahaya.
- b. Berdasarkan jenis-jenis bahan baku yang umum dipakai sebagai perekat untuk pembuatan briket, yaitu :
1. Pengikat anorganik. Contoh: dari pengikat anorganik antara lain semen, lempung, natrium silikat.

2. Pengikat organik. Contoh: dari pengikat organik di antaranya tepung tapioka, tar, aspal, amilum, molase dan parafin.

2.2.7 Karakteristik Briket

Karakteristik Briket dapat dilihat dari beberapa parameter:

a. Sifat Fisik

1. Kadar Air

Pemilihan bahan baku menjadi faktor yang sangat penting dan berpengaruh terhadap kadar air pada briket yang akan dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan apabila kandungan kadar air yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor dalam briket, maka akan menyulitkan penyalaan karena meningkatkan jumlah energi yang diperlukan untuk memulai pembakaran, dan akan menimbulkan asap (Asip, *et al.*, 2014: 47).

Kandungan air pada karbon aktif yang tinggi dapat menurunkan kualitas dari daya serap terhadap gas maupun cairan gas. Kandungan air yang tinggi disebabkan karena pori-pori yang terdapat di dalam arang memiliki jumlah yang banyak, sehingga kandungan air yang terikat lebih banyak (Triono, 2006: 23). Perbedaan kandungan air juga dapat disebabkan berbedanya briket dalam menyerap dan mengeluarkan air terhadap lingkungan sekitar (Salim, 2016: 59). Oleh karena itu, karbon aktif diharapkan memiliki kandungan air yang rendah (Jamilatun *et al.*, 2015: 5). Kadar air dapat berpengaruh terhadap kadar abu, semakin tinggi kadar air semakin rendah kadar abu (Triono, 2006: 24). Kadar air dapat dihitung dengan persamaan (ASTM D-3173-03):

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (2.1)$$

Keterangan :

A = berat sampel sebelum dikeringkan (g)

B = berat sampel setelah dikeringkan (g)

2. Densitas

Kerapatan atau densitas menunjukkan perbandingan antara massa dan volume pada biobriket. Kerapatan berpengaruh pada kualitas biobriket yang dihasilkan. Biobriket dengan kerapatan yang tinggi dapat meningkatkan nilai kalor (Harimurti dan Adiwibowo, 2015: 157). Besar kecilnya densitas dipengaruhi oleh ukuran dan kehomogenan arang penyusun briket (Saleh, 2017: 24). Untuk meningkatkan nilai kerapatan pada briket, maka arang yang digunakan pada campuran briket harus memiliki ukuran antar serbuk yang sama atau seragam. Sehingga, akan menghasilkan ikatan antar arang lebih maksimal. Selain itu, hal tersebut menyebabkan ikatan antar serbuk satu dengan yang lain menjadi lebih kokoh, kuat dan dapat meningkatkan nilai kerapatan pada briket. Densitas briket dapat dinyatakan dengan rumus (ASTM B-311-93):

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.2)$$

Keterangan :

ρ = Kerapatan biobriket (g/cm³)

m = Massa biobriket (g)

$V = \pi \times r^2 \times t =$ Volume silinder (cm³)

r = Jari-jari biobriket (cm)

t = Tinggi biobriket (cm)

3. Nilai Kalor

Nilai kalor, didefinisikan sebagai panas yang dilepaskan dari pembakaran sejumlah kuantitas unit bahan bakar (massa), dimana produknya dalam bentuk ash, gas CO₂, SO₂, Nitrogen dan air, dan tidak termasuk air yang menjadi uap (*vapor*). Nilai kalor suatu bahan bakar tersebut menunjukkan energi yang terkandung di dalam setiap satuan massa bahan bakar (Btu/lbm) atau (kkal/kg), (Patabang, 2009: 177). Faktor bahan baku berpengaruh sangat nyata terhadap nilai kalor bakar briket arang yang dihasilkan.

Nilai kalor sangat menentukan kualitas briket. Semakin besarnya kandungan nilai kalor pada briket maka kecepatan pembakaran akan semakin lambat. Tinggi dan rendahnya kandungan nilai kalor pada suatu briket itu tergantung pada kandungan nilai kadar air, kadar abu, dan kadar karbonnya (Kongprasert, 2019: 134). Semakin tinggi kadar karbon pada briket maka nilai kalor briket yang dihasilkan akan semakin tinggi begitu pun sebaliknya. Hal tersebut dikarenakan di dalam proses pembakaran membutuhkan karbon yang bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan kalor (Putri, 2017:149). Persamaan nilai kalor sebagai berikut (ASTM D-240) :

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta T \quad (2.3)$$

Keterangan :

Q = Nilai Kalor (kkal/g)

m = Massa briket (g)

ΔT = Perubahan temperatur (°C)

C = Nilai kapasitas kalor (4,186 kJ/kg°C)

b. Sifat Kimia

1. Kadar Abu

Abu merupakan bagian sisa dari proses pembakaran yang tidak memiliki unsur karbon. Kualitas briket akan semakin rendah apabila kadar abu yang dihasilkan oleh briket tinggi, dikarenakan kandungan abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor (Aristiyanto, 2014: 5). Menurut Ristianingsih, *et al.*, (2015: 19), abu yang terkandung dalam bahan bakar padat merupakan mineral yang tidak dapat terbakar setelah proses pembakaran. Unsur utama pada abu adalah silika yang memiliki pengaruh kurang baik terhadap nilai kalor yang dihasilkan (Satmoko, *et al*, 2013: 6). Perhitungan kadar abu dapat ditentukan dengan rumus (ASTM D-3174-04):

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{A-B}{C} \times 100\% \quad (2.4)$$

Keterangan:

A = Berat sampel ditambah cawan setelah diabukan (g)

B = Berat cawan kosong (g)

C = Berat sampel sebelum diabukan (g)

2. *Volatile Matter*

Menurut Thoha dan Fajrin (2010: 37), kandungan *volatile matter* ditentukan dengan kehilangan berat yang terjadi bila briket dipanaskan tanpa kontak dengan udara pada suhu lebih kurang 950°C dengan laju pemanasan tertentu. *Volatile matter* mempengaruhi kesempurnaan pembakaran dan intensitas nyala api. Kandungan *volatile matter* yang tinggi akan lebih mempercepat pembakaran

(Aklis, 2008: 13). Selain itu akan menurunkan nilai kalor yang akan dihasilkan, serta menimbulkan asap pada saat pembakaran (Ismayana: 2011: 190). Persamaan *volatile matter* sebagai berikut (ASTM D-3173-03):

$$\text{volatile matter (\%)} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \quad (2.5)$$

Keterangan:

w_1 : berat sampel awal (g)

w_2 : berat sampel setelah pemanasan (g)

3. Fixed Carbon

Menurut Ulfi, *et al.*, (2016: 41), uji kandungan karbon ditentukan dengan cara mengurangi 100% terhadap jumlah persen dari kadar air, kadar *volatile matter*, dan kadar abu. Semakin kecil kadar air, kadar abu, dan *volatile matter* maka semakin besar nilai *fixed carbon* (Faizal, *et al*, 2014: 42). Persamaan *fixed carbon* (ASTM D-2172-12) sebagai berikut:

$$\text{fixed carbon (\%)} = 100 \% - (\text{vm (\%)} + \text{kadar air (\%)} + \text{kadar abu (\%)}) \quad (2.6)$$

Keterangan:

vm: *volatile matter* (%)

c. Sifat Ketahanan

1. Stabilitas

Stabilitas adalah proses yang dilakukan dari awal mulai briket keluar cetakan hingga briket mengalami kestabilan bentuk dan ukuran dalam waktu yang sudah ditentukan. Pengujian stabilitas ini bertujuan untuk mengetahui perubahan bentuk dan ukuran pada briket hingga briket mencapai keadaan yang stabil.

Menurut Widayat (2008) dalam Satmoko, *et al.* (2013: 6), bahwa briket harus stabil kurang dari 10 hari. Briket dikatakan gagal apabila tidak satabil pada jangka waktu 10 hari. Kestabilan pada briket disebabkan karena ikatan antara partikel yang saling mengait akibat proses kompaksi pada briket (Pujasakti, 2018: 28).

2. Kekuatan

Kekuatan dilakukan untuk menguji ketahanan briket dengan benturan pada permukaan keras dan datar ketika dijatuhkan. Semakin sedikit partikel yang hilang dari briket pada saat pengujian *drop test*, maka briket semakin bagus. Pengujian kekuatan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar ketahanan briket saat terkena benturan dengan benda keras sehingga berguna pada saat proses pengemasan, pendistribusian dan penyimpanan. Prosedur perhitungan massa yang hilang briket menggunakan standar ASTM D 440-86 R02 dengan persamaan 2.7 sebagai berikut:

$$\text{Kekuatan (\%)} = \frac{(A-B)}{A} \times 100\% \quad (2.7)$$

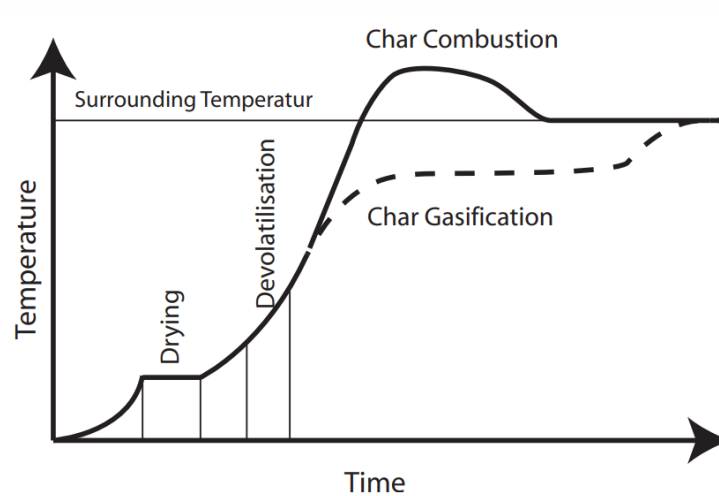
Keterangan:

A = Berat biobriket sebelum dijatuhkan (g).

B = Berat biobriket setelah dijatuhkan (g).

d. Karakteristik Pembakaran

Biomassa merupakan salah satu jenis bahan bakar padat selain batu bara. Mekanisme pembakaran biomassa terdiri dari tiga tahap yaitu pengeringan (*drying*), devolatilisasi (*devolatilization*), dan pembakaran arang (*char combustion*). Fase-fase dalam proses pembakaran dapat dilihat pada Gambar 2.3:



Gambar 2.3 Tahapan proses pembakaran.
(Sumber: Thunman dan Leckner, 2007: 5.2)

Tahap pertama adalah pengeringan, dimana ketika sebuah partikel dipanaskan dengan diberikan temperatur yang tinggi atau radiasi api, kelembaban air di permukaan bahan bakar akan menguap, sedangkan yang berada di dalam akan mengalir keluar melalui pori-pori partikel dan kemudian menguap. Kelembaban dalam bahan bakar padat terdapat dalam dua bentuk, yaitu sebagai air bebas (*free water*) yang mengisi rongga pori-pori di dalam bahan bakar dan sebagai air terikat (*bound water*) yang terserap di permukaan ruang dalam struktur bahan bakar (Borman dan Ragland, 1998 dalam Syamsiro dan Saptoadi, 2007:3). Kandungan air pada briket akan menyebabkan perbedaan tempertaur maksimum pada briket (Pujasakti, 2018: 30).

Setelah proses pengeringan tahap berikutnya adalah devolatilisasi atau *devolatilization*. Devolatilisasi adalah dimana proses bahan bakar mulai mengalami dekomposisi. Dekomposisi yaitu pecahnya ikatan kimia secara termal dan zat terbang (*volatile matter*) akan keluar dari partikel. Zat terbang atau

volatile matter merupakan hasil dari devolatilisasi (Syamsiro dan Saptoadi, 2007: 3). Saputro, *et al* (2013: 116) menjelaskan bahwa devolatilisasi ditandai dengan penurunan massa secara terus menerus.

Pada proses pengeringan dan devolatilisasi akan menyisakan arang dan abu. Proses yang dinamakan *char combustion* atau pembakaran arang tersebut ditandai dengan penurunan massa yang lambat dan diakhiri dengan perubahan massa yang tetap (Saputro, 2013: 117). Laju pembakaran arang dipengaruhi oleh konsentrasi oksigen, temperatur gas, bilangan *Reynolds*, ukuran, dan porositas arang. Arang mempunyai porositas yang tinggi sehingga udara mudah masuk ke pori-pori. Porositas arang kayu berkisar 0,9 (Borman dan Ragland, 1998 (dalam) Syamsiro dan Saptoadi, 2007: 4).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Perbandingan semua variasi menunjukkan bahwa penambahan arang berpengaruh terhadap hasil *proximate* dimana briket dengan varian 20% dan 40% arang memiliki kadar air, kadar *volatile matter*, dan nilai kalor lebih tinggi, namun kadar abu dan *fixed carbon* lebih rendah dibandingkan varian 0% arang.
2. Variasi campuran arang pada briket berpengaruh terhadap uji kestabilan, kekuatan, dan densitas. Perubahan dimensi pada briket dipengaruhi oleh volume briket. Semakin kecil ukuran briket, maka semakin kecil persentase perubahan dimensi briket. Kestabilan pada briket tidak berpengaruh terhadap densitas. Semakin besar kadar air briket, semakin kecil nilai densitas briket. Semakin tinggi nilai densitas menyebabkan briket menjadi semakin kuat, dan persentase massa yang hilang menurun.
3. Pada uji laju pembakaran, variasi campuran arang berpengaruh terhadap temperatur maksimal dan sisa massa pada setiap 5 detik. Semakin banyak campuran arang pada briket mengakibatkan lebih lama mencapai temperatur maksimal, lebih lama dalam proses pengeringan dan *devolatilization*, akan tetapi lebih singkat pada proses *char combustion*.

3.2 Saran

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka terdapat saran sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya harus lebih memperhatikan faktor apa saja yang mempengaruhi karakteristik briket.
2. Penelitian selanjutnya terkait komposisi campuran arang dapat divariasikan lebih banyak untuk mendapatkan briket dengan hasil penelitian yang tidak jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, A., B., Subroto, S. Putro. 2018. Analisis Karakteristik Pembakaran Langsung (Cocombustion) Arang Kayu dan Daun Cengkeh Sisa Destilasi Minyak Astiri dengan Variasi Komposisi. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 19(2) : 55-65.
- Aklis, N. 2008a. *Karakteristik Pembakaran Limbah Daun Cengkeh Sisa Proses Penyulingan Minyak Cengkeh Melalui Sistem CO Combustion dan Briketing*. Artikel disajikan pada Simposium Nasional RAPI VII.
- _____. 2008b. Pengaruh Komposisi Batubara Terhadap Karakteristik Pembakaran Daun Cengkeh Sisa Destilasi Minyak Atsiri. *Media Mesin* 9(2) : 63-68.
- Amin, A., Z., Pramono, dan Sunyoto. 2017. Pengaruh Variasi Jumlah Perekat Tepung Tapioka Terhadap Karakteristik Briket Arang Tempurung Kelapa. *Jurnal Sainteknol* 5(2): 111-118.
- Aristiyanto, E., Y., dan Palupi, A., E. 2014. Pembuatan Biobriket dari Campuran Limbah Kulit Pisang dan Serbuk Gergaji Menggunakan Perekat Tetes Tebu. *Jurnal Teknik Mesin* 3(1): 89-95.
- Asip, F., T. Anggun, dan N. Fitri. 2014. Pembuatan Briket dari Campuran Limbah Plastik LDPE, Tempurung Kelapa dan Cangkang Sawit. *Teknik Mesin* 20(2): 45-54.
- Balasubramani, P., V. Anbumalar, M.S. Nagarajan, dan P. Maheandera Prabu. 2016. Biomass Briquette Manufacturing System Model for Environment. *Journal of Alloys and Compounds* 686: 859-865.
- Elfiano, E., P. Subekti, dan A. Sadil. 2014. Analisa Proksimat dan Nilai Kalor pada Briket Bioarang Limbah Ampas Tebu dan Arang Kayu. *Jurnal Aptek* 6(1): 57-64.
- Fachry, A. R., T. I. Sari, A. Y. Dipura, dan J. Najamudin. 2010. Mencari Suhu Optimal Proses Karbonisasi dan Pengaruh Campuran Batubara Terhadap Kualitas Briket Eceng Gondok. *Jurnal Teknik Kimia* 17(2): 55-67.
- Faizal, M., I. Andinapratiwi, dan P. D. A. Putri. 2014. Pengaruh Komposisi Arang dan Perekat Terhadap Kualitas Biobriket dari Kayu Karet. *Jurnal Teknik Kimia* 20(2): 36-44.
- Gebresas, A., Asmelash, H., Berhe, H., dan Tesfay, T. (2015). Briquetting of Charcoal from Sesame Stalk. *Journal of Energy*, 2015: 1–6.
- Harimurti, G., Adiwibowo P. H. 2015. Pembuatan Biobriket dari Campuran Batok Kelapa Muda dan Bonggol Menggunakan Perekat Tetes Tebu. *Jurnal Teknik Mesin* 3(3): 152-159.
- Ismayana A., dan M. R. Afriyanto. 2011. Pengaruh Jenis dan Kadar Bahan Perekat pada Pembuatan Briket Blotong sebagai Bahan Bakar Alternatif. Fakultas Teknologi Pertanian. Bogor: IPB.
- Jamilatun, S. 2008. Sifat-Sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu. *Jurnal Rekayasa Proses* 2(2): 37-40.

- _____, M. Setyawan, S. Salamah, D. A. A. Purnama, R. U. M. Putri. 2015. *Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivasi Sebelum dan Sesudah Pirolisis*. Artikel disajikan pada Seminar Nasional Sains dan Teknologi. Jakarta. 17 November.
- Kongprasert, N., P. Wangphanich, dan A. Jutilarptavorn. 2019. Charcoal Briquettes from Madan Wood Waste as an Alternative Energy in Thailand. *Procedia Manufacturing* 30 (2019) 128–135.
- Lempang, M. 2014. Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif. *Balai dan Penelitian Kehutanan Makassar* 11(2): 65-80.
- Lestari, L., E. S. Hasan, dan Risna. 2017. Pengaruh Tekanan dan Ukuran Partikel Terhadap Kualitas Briket Arang Cangkang Coklat. *Jurnal Aplikasi Fisika*,13(2): 1-8.
- Maryono, Sudding, dan Rahmawati. 2013. Pembuatan dan Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau dari Kadar Kanji. *Jurnal Chemica* 14 (1): 74 – 83.
- Moeksin, R., KGS. A. A. Pratama, dan D. R. Tyani . 2017. Pembuatan Briket Bioarang dari Campuran Limbah Tempurung Kelapa Sawit dan Cangkang Biji Karet. *Jurnal Teknik Kimia* 23(3): 146-156.
- Nahar, Zulkifli, dan Satriananda. 2012. Pembuatan Biobriket dari Limbah Biomassa. *Jurnal Reaksi (Journal of Science and Technology)* 10(1): 56-61.
- Ndraha, N. 2009. Uji Komposisi Bahan Pembuat Briket Bioarang Tempurung Kelapa dan Serbuk Kayu Terhadap Mutu yang Dihasilkan. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Paisal dan Karyani, M., S. 2014. Analisa Kualitas Briket Arang Kulit Durian dengan Campuran Kulit Pisang pada Berbagai Komposisi sebagai Bahan Bakar. Jurusan Teknik Mesin. Ambon: Poltek.
- Patabang, D. 2009. Analisis Nilai Kalor Secara Eksperimental dan Teoritik dari Briket Arang Kulit Kemiri. *MekTek* 11(3): 177-180.
- Prabowo, W. H., M. V. Lutfiana, Rosid, dan M. B. Ubaidillah. 2017. Pengaruh Komposisi Briket Tepung pada Biobriket Baglog Jamur. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 18(2): 83-90.
- Pratama, Y., Z. Helwani, dan Komalasari. 2017. Pembuatan Briket Pelepeh Sawit Menggunakan Proses Torefaksi pada Variasi Tekanan dan Penambahan Perikat Tapioka. *JOM FTEKNIK* 4(1): 1-6.
- Pujasakti, D., Dan W. Widiyat. 2018. Karakteristik Briket Cetak Panas Berbahan Kayu Sengon dengan Penambahan Arang Tempurung Kelapa. *Saintekno* 16(1):21-31.
- Purnomo, R., H., H. Hower., dan I. R. Padya. 2015. Pemanfaatan Limbah Biomassa untuk Briket sebagai Energi Alternatif. *Prosiding Seminar Agroindustri dan Lokakarya Nasional FKPT-TPI*. Program Studi TIP-UTM. 54 – 67.
- Putri R., E., dan Andasuryani. 2017. Studi Mutu Briket Arang dengan Bahan Baku Limbah Biomassa. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas* 21(2):143-151..
- Ristianingsih Y., A. Ulfa., dan Rachmi, S. K. S. 2015. Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Perikat Terhadap Karakteristik Briket Bioarang Berbahan

- Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Pirolisis. *Konversi* 4(2): 16-22.
- Saleh, A. 2013. Efisiensi Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka Terhadap Nilai Kalor Pembakaran pada Biobriket Batang Jagung. *Jurnal Teknosains* 7(1): 78-89.
- _____, I. Novianty, S. Murni, dan A. Nurrahma. 2017. Analisis Kualitas Briket Serbuk Gergaji Kayu dengan Penambahan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Al-kimia* 5(5): 21-30.
- Salim, R. 2016. Karakteristik dan Mutu Arang Kayu Jati (*Tectona grandis*) dengan Sistem Pengarangan Campuran pada Metode Tungku Drum. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* 8(2): 53-64.
- Saputro, D. D., et al. 2013. Karakteristik pembakaran briket limbah pengolahan kayu sengon (*Albazia Falcataria*). *Saintekno* 11(2): 113-122.
- Satmoko, M. E. A., et al. 2013. Karakteristik Briket dari limbah Pengolahan Kayu Sengon dengan Metode Cetak Panas. *Journal of Mechanical Engineering Learning* 2(1).
- Smith H., dan Idrus H. 2017. Pengaruh Penggunaan Perekat Sagu dan Tapioka Terhadap Karakteristik Briket dari Biomassa Limbah Penyulingan Minyak Kayu Putih Di Maluku. *Majalah BIAM* 13(2): 21-32.
- Subroto. 2007. Karakteristik Pembakaran Briket Campuran Arang Kayu dan Jerami. *Media Mesin* 8(1): 10-16.
- Sukowati, et al. 2016. Briket Kulit Bawang Putih dan Bawang Merah sebagai Energi Alternatif Ramah Lingkungan. *Jurnal Material dan Energi Indonesia* 6(1) : 1 – 7.
- Syamsiro, M., dan H. Saptoadi. 2007. *Pembakaran Briket Biomassa Cangkang Kakao: Pengaruh Temperatur Udara Preheat*. Artikel disajikan pada Seminar Nasional Teknologi. Yogyakarta. 24 November.
- Thoha M. Y., dan Fajrin D., E. 2010. Pembuatan Briket Arang dari Daun Jati dengan Sagu Aren sebagai Pengikat. *Jurnal Teknik Kimia*, 17(1): 37-38.
- Triono, A. 2006. Karakteristik Briket Arang dari Campuran Serbuk Gergajian Kayu Afrika (*Maesopsis Eminii Engl*) dan Sengon (*Paraserianthes Falcataria L. Nielsen*) dengan Penambahan Tempurung Kelapa (*Cocos Nucifera L*). *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Thunman, H. and B. Leckner. 2007. Thermo Chemical Conversion of Biomass and Wastes. *Makalah Diskusi Panel The Course Thermo Chemical Conversion of Biomass and Wastes*. Chalmers.
- Ulfi, K., M. K. Widjaja., dan S. Suryaningsih. 2016. Analisa Karakteristik Briket Campuran Arang Tempurung Kelapa dengan Variasi Kanji. *Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya*. Bale Sawala Kampus Universitas Padjajaran. Jatinagor. 37 – 45.
- Wiranata, L. C., F. Hamzah, dan F. Restuhadi. 2017. Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Dalam Pembuatan Briket dengan Penambahan Pelepah Kelapa Sawit. *JOM Faperta* 4(1): 1-8.