

**PENGARUH TEMPERATUR UDARA MASUK DAN PERSENTASE PEREKAT
TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BRIKET BUNGKIL BIJI
JARAK PAGAR**

**SKRIPSI
KONSENTRASI KONVERSI ENERGI**

**Di ajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar sarjana teknik**



**Disusun oleh :
WAHYU PUNJUNG PESONAGRATA
0610623064 - 62**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2010**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH TEMPERATUR UDARA MASUK DAN PERSENTASE PEREKAT
TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BRIKET BUNGKIL BIJI
JARAK PAGAR**

**SKRIPSI
KONSENTRASI KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

WAHYU PUNJUNG PESONAGRATA
NIM. 0610623064-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr.Eng. Nurkholis Hamidi, ST.M.Eng.
NIP.19740121 199903 1 001

Ir. Handono Sasmito, M.Eng.Sc
NIP.19480216 198003 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH TEMPERATUR UDARA MASUK DAN PERSENTASE PEREKAT
TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BRIKET BUNGKIL BIJI JARAK
PAGAR**

**SKRIPSI
KONSENTRASI KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh:

**WAHYU PUNJUNG PESONAGRATA
NIM. 0610623064 - 62**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan **lulus** pada
tanggal 9 Desember 2010

Skripsi 1

Skripsi 2

Putu Hadi Setyorini, ST., MT
NIP. 19770806 200312 2 001

Ir. Djoko Sutikno, M.Eng
NIP. 19541009 198303 1 002

Komprehensif

Ir. Agustinus Ariseno, MT.
NIP. 19510822 198701 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST.,MT.
NIP.19720903 199702 1 001

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Penulis sadar bahwa selama dalam penulisan skripsi ini telah dibantu oleh banyak pihak.

Atas bantuan dan dorongan, baik yang berupa moril dan materiil yang diberikan maka pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Bapak Slamet Wahyudi., ST., MT., Dr., selaku Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Bapak Dr.Eng. Anindito P, ST, M.Eng., selaku Sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Bapak Ir. I Made Gunadiarta, MT., selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Konversi Energi Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
- Bapak Dr.Eng. Nurkholis Hamidi, ST.M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penyusunan skripsi ini.
- Bapak Ir Handono Sasmito, M.Eng.Sc., selaku Dosen Pembimbing II yang dengan tulus telah banyak membantu dalam penulisan skripsi ini.
- Bapak dan Ibu Dosen Penguji Komprehensif Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang telah memberikan bimbingan dan masukan
- Kepala Laboratorium Motor Bakar yang telah menyediakan tempat untuk pengujian nilai kalor
- Kepala Laboratorium Pengujian Bahan yang telah menyediakan tempat untuk pengujian kekuatan tekan.
- Kepala Laboratorium Proses Produksi I yang telah menyediakan tempat untuk proses penekanan briket.
- Kepala teknik Balai Penelitian Tembakau dan Serat yang telah membantu dalam pengadaan bahan bungkil biji jarak pagar.
- Ayah, Ibu dan adik – adik yang memberi dukungan dan doa tak terputus selama proses kuliah.
- MyDearBeloved yang selalu bisa membuat tersenyum.

- Tim “Briket 2006” antara lain Albas, Agung, Ipul, Crisjon selaku partner dan rekan diskusi.
- Kontrakan Andong yang terdiri atas Slatem, Juki, Wakjo, Ramdani dan Tri sebagai teman susah dan senang.
- Semua M'06 sebagai teman seperjuangan dan calon rival.
- Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu pesatu.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini tentunya ada kekurangan, maka diharapkan adanya saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Malang, Desember 2010

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
RINGKASAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN... ..	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumus Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA... ..	4
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2 Bahan Bakar Padat.....	4
2.3 Bahan Bakar Briket.....	6
2.3.1 Teknologi Pembriketan.....	7
2.3.2 Kualitas Briket.....	11
2.3.3 Bentuk Briket.....	12
2.4 Bahan Perekat.....	13
2.5 Bungkil Biji Jarak Pagar.....	15
2.6 Perekat Tepung Tapioka	16
2.7 Pembakaran.....	17
2.8 Pembakaran Bahan Bakar Padat	18
2.8.1 Pengeringan.....	19
2.8.2 Devolatilisasi.....	19
2.8.3 Pembakaran Arang.....	19
2.9 Energi Aktivasi.....	20
2.10 Nilai Kalor.....	21



2.11 Kadar Abu.....	23
2.12 Karakteristik Pembakaran.....	23
2.12.1 Laju Pembakaran.....	23
2.12.2 Temperatur Pembakaran.....	23
2.12 Tungku Pembakaran Tipe <i>Inverted Downdraft gasifier</i>	24
2.12 Hipotesa.....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
3.1 Metodologi Penelitian.....	26
3.2 Variabel Penelitian.....	26
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
3.4 Alat – alat yang digunakan.....	27
3.4.1 Alat Utama.....	27
3.4.2 Peralatan Bantu.....	28
3.5 Prosedur penelitian.....	32
3.5.1 Pembuatan Briket bungkil Biji Jarak Pagar.....	32
3.5.2 Instalasi Penelitian yang Digunakan	33
3.6 Prosedur Penelitian.....	34
3.7 Rancangan Penelitian.....	35
3.8 Diagram alir penelitian.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Data Hasil Pengujian.....	37
4.2 Data Hasil Perhitungan dan Hasil Pengujian.....	37
4.3 Analisa Statistik.....	39
4.3.1 Analisa Varian 2 Arah.....	40
4.3.1.1 Analisa Varian Laju Pembakaran Briket Bungkil Biji Jarak Pagar.....	41
4.3.1.2 Analisa Varian Laju Pembakaran Briket Bungkil Biji Jarak Pagar	44
4.4 Pembahasan.....	46
4.4.1 Grafik Hubungan Persentase Perekat Terhadap Nilai Kalor dan Kadar Abu Briket Bungkil Biji Jarak Pagar	46
4.4.2 Grafik Hubungan Temperatur Udara Masuk Terhadap Laju Pembakaran Briket Bungkil Biji Jarak Pagar.....	47

4.4.3 Grafik Hubungan Temperatur Udara Masuk Terhadap Temperatur Pembakaran Briket Bungkil Biji Jarak Pagar 48

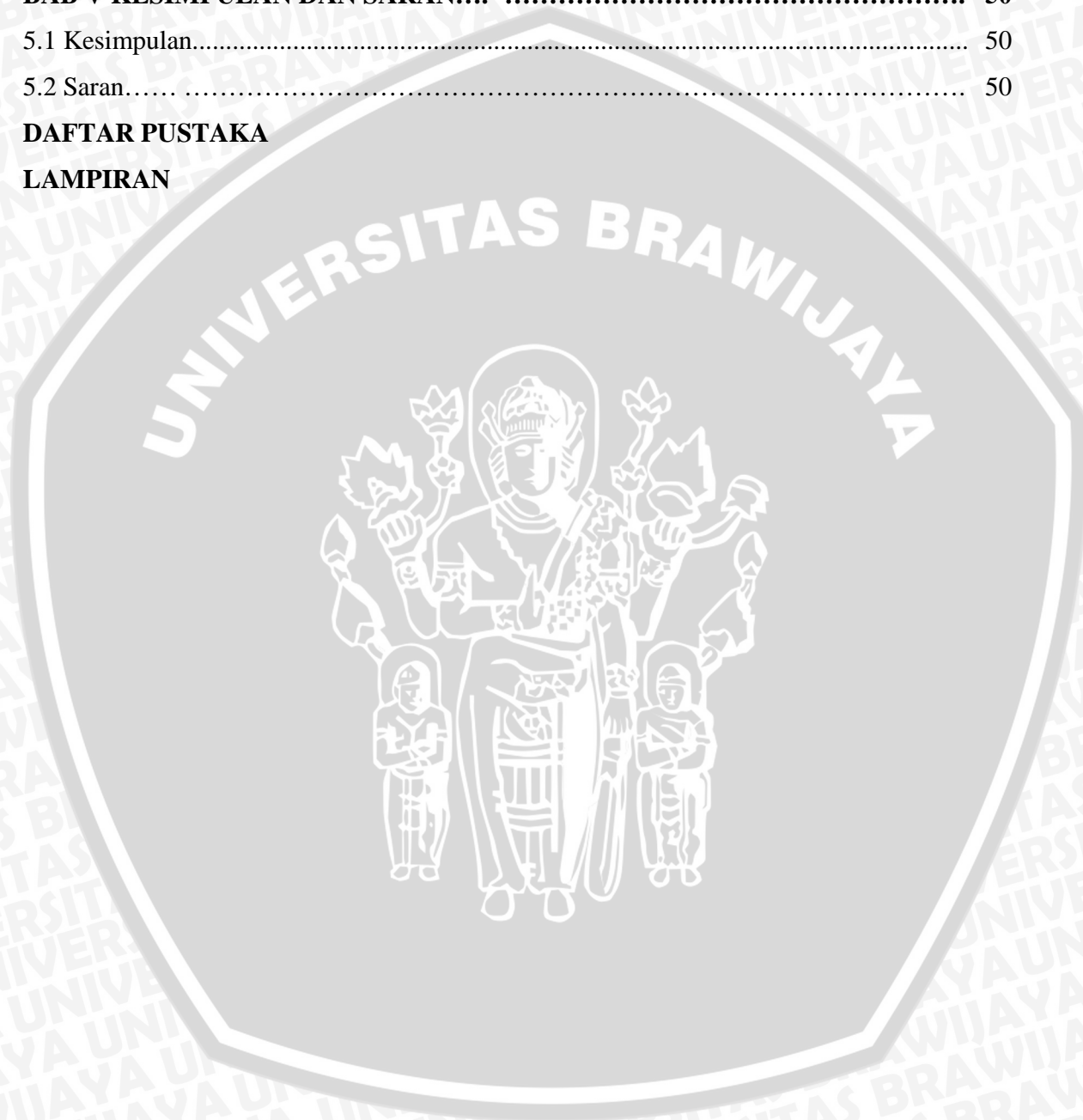
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.... 50

5.1 Kesimpulan..... 50

5.2 Saran..... 50

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

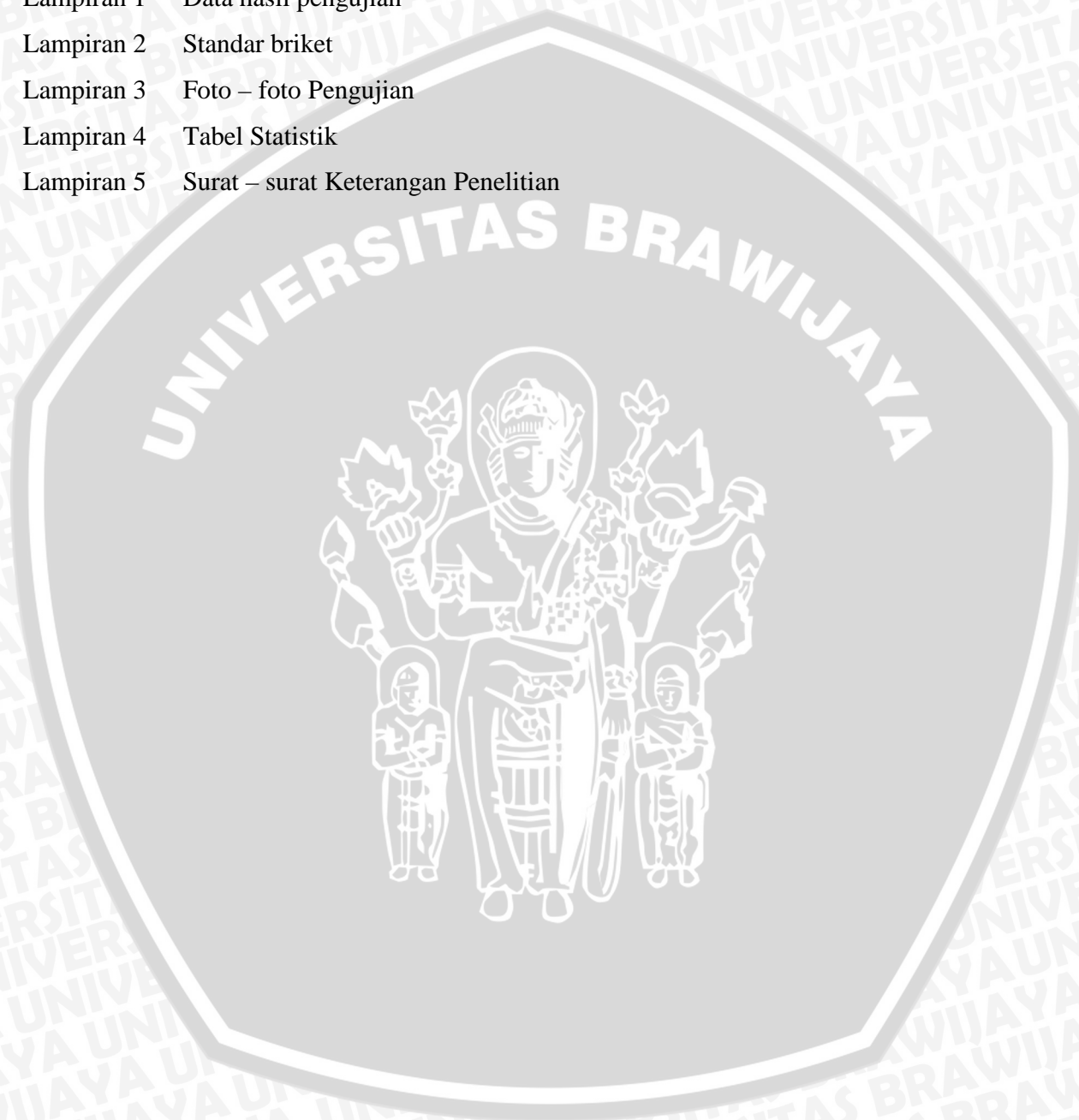
No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Diagram Alir Pembuatan Briket	4
Gambar 2.2	Bentuk Briket Biomassa	7
Gambar 2.3	Contoh Briket Biomassa	8
Gambar 2.4	Bungkil Biji Jarak Pagar	9
Gambar 2.5	Energi Aktivasi dalam Proses Reaksi	11
Gambar 2.6	Tungku type <i>inverted downdraft gasifier</i>	12
Gambar 3.1	Tungku Pembakaran	13
Gambar 3.2	Cetakan	14
Gambar 3.3	Alat pres hidrolik	15
Gambar 3.4	Timbangan Digital	15
Gambar 3.5	<i>Adiabatic Calorimeter</i>	16
Gambar 3.6	Anemometer	17
Gambar 3.7	<i>Stopwatch</i>	19
Gambar 3.8	Alat Pemanas awal	21
Gambar 3.9	Susunan Instalasi Penelitian	22
Gambar 3.10	Diagram Alir Penelitian	24

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Syarat mutu briket tanpa karbonasi	32
Tabel 2.2	Tabel Komposisi Bungkil Biji Jarak pagar	32
Tabel 3.1	Data Rancangan Penelitian	34
Tabel 4.1	Data hasil perhitungan laju pembakaran briket bungkil biji jarak pagar	38
Tabel 4.2	Data hasil pengujian temperatur pembakaran briket bungkil biji jarak pagar	40
Tabel 4.3	Data hasil perhitungan kadar abu rata – rata dan nilai kalor rata – rata briket bungkil biji jarak pagar	41
Tabel 4.4	Laju Pembakaran	42
Tabel 4.5	Analisa varian dua arah untuk laju pembakaran briket bungkil biji jarak pagar	34
Tabel 4.6	Analisa varian dua arah untuk temperatur pembakaran briket Bungkil biji jarak pagar	42

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul
Lampiran 1	Data hasil pengujian
Lampiran 2	Standar briket
Lampiran 3	Foto – foto Pengujian
Lampiran 4	Tabel Statistik
Lampiran 5	Surat – surat Keterangan Penelitian



RINGKASAN

Wahyu Punjung P, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Desember 2010. *Pengaruh Temperatur Udara Masuk dan Persentase Perekat Terhadap Karakteristik Pembakaran Briket Bungkil Biji Jarak Pagar.*

Dosen Pembimbing : **Dr.Eng. Nurkholis Hamidi, ST.M.Eng, Ir. Handono Sasmito, M.Eng.Sc**

Seperti yang telah di ketahui, minyak bumi adalah sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, tetapi dalam kehidupan sehari – hari bahan bakar minyak masih menjadi pilihan utama sehingga dapat mengakibatkan menipisnya cadangan minyak bumi. Sementara batubara dan gas alam belum dimaksimalkan pemanfaannya untuk konsumsi dalam negeri. Bungkil jarak pagar merupakan limbah hasil pengepresan biji jarak untuk memproduksi biodiesel dari minyak jarak. Kandungan kalor dari bungkil jarak pagar masih tinggi, sehingga bisa di manfaatkan sebagai bahan bakar biomassa sebagai bahan bakar alternatif.

Dalam penelitian ini, yang akan diteliti adalah karakteristik pembakaran briket bungkil biji jarak pagar yang meliputi kecepatan pembakaran dan temperatur pembakaran. Penelitian akan dilakukan pada briket bungkil biji jarak pagar tanpa karbonasi dengan menggunakan temperatur udara masuk yang variasinya dalam °C adalah 30; 40; 50; 60; 70, sedangkan briket dicetak dengan tekanan pengempaan 50 kgf/cm² yang pada masing – masing bungkil biji jarak pagar ditambahkan tapioka sebagai perekat yang variasinya dalam % adalah 2; 4; 6.

Dari penelitian menunjukkan bahwa laju pembakaran rata – rata dan temperatur rata – rata tertinggi diperoleh pada variasi temperatur udara masuk 70°C dan persentase kadar perekat 2 % yaitu 0,744 gr/menit dan 497°C secara berurutan.

Kata kunci: briket, karakteristik pembakaran, temperatur udara masuk, bungkil biji jarak pagar,

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seperti yang telah di ketahui, minyak bumi adalah sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, tetapi dalam kehidupan sehari – hari bahan bakar minyak masih menjadi pilihan utama sehingga dapat mengakibatkan menipisnya cadangan minyak bumi. Sementara batubara dan gas alam belum dimaksimalkan pemanfaatannya untuk konsumsi dalam negeri. Sesungguhnya negara Indonesia memiliki potensi yang luar biasa mengenai sumber – sumber daya energi alternatif.

Beberapa sumber energi alternatif yang bisa di gunakan sebagai alternatif pengganti dari minyak bumi salah satunya adalah biomassa. Biomassa merupakan bahan alami yang biasanya di anggap sebagai sampah dan sering di musnahkan dengan cara di bakar. Biomassa tersebut dapat diolah menjadi bioarang, yang merupakan bahan yang mempunyai nilai kalor yang cukup tinggi dan dapat digunakan dalam kehidupan sehari – hari.

Jumlah bahan baku briket yang tersedia relatif memadai. Bungkil jarak pagar merupakan limbah hasil pengepresan biji jarak untuk memproduksi biodiesel dari minyak jarak. Pada umumnya biji jarak yang melalui pengepresan hanya menghasilkan minyak sebanyak 30%, sedangkan 70% sisanya berupa bungkil. Jarak pagar mampu menghasilkan 7,5 - 10 ton /ha/tahun tergantung dari kualitas benih, tingkat kesuburan tanah dan pemeliharaan, (Hambali. E, 2007). Ekstraksi minyak dengan cara pengempaan biji jarak pagar menghasilkan rendemen minyak 25-30 % dan sekitar 70-75% bungkil (ampas) sebagai limbah yang masih mengandung sisa minyak. Kandungan kalor dari bungkil jarak pagar masih tinggi, sehingga bisa di dimanfaatkan sebagai bahan bakar biomassa sebagai bahan bakar alternatif. (BB – Pascapanen, 2009)

Briket adalah gumpalan yang terbuat dari bahan lunak yang dikeraskan (Adnan, I.U,1988). Briket merupakan bahan bakar berbentuk padat yang dan termasuk bahan bakar alternatif atau merupakan pengganti bahan bakar minyak yang paling murah dan memungkinkan untuk dikembangkan secara masal dalam waktu yang relatif singkat dan peralatan yang sederhana.

Adapun parameter untuk menentukan kualitas dari briket dapat kita lihat dari karakteristik pembakarannya. Karakteristik pembakaran dapat berupa nilai kalor, kecepatan pembakaran, kadar abu dan temperatur pembakaran. Kecepatan pembakaran ialah banyaknya masa bahan bakar yang terbakar tiap satuan waktu. Untuk merekatkan partikel-partikel zat dalam bahan baku pada proses pembuatan briket maka diperlukan zat pengikat sehingga dihasilkan briket yang kompak. Kadar bahan perekat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung tapioka. Tepung tapioka dipilih sebagai perekat karena komponen terbesar yang terdapat dalam tepung tapioka adalah pati, dimana pati memiliki molekul-molekul amilopektin yang dapat menaikkan daya rekat yang baik sehingga dapat membantu mengikat serbuk briket. Pada penelitian ini, kami menggunakan variasi temperatur udara masuk. Peningkatan temperatur udara masuk dimaksudkan untuk menambah suplai kalor pada mekanisme pembakaran briket. Penambahan kalor ini memberi keuntungan menambah energi aktivasi dalam briket sehingga akan meningkatkan karakteristik pembakarannya.

Dari latar belakang di atas, maka perlu diadakan penelitian terhadap variasi temperatur udara masuk dan persentase perekat terhadap karakteristik pembakaran briket bungkil biji jarak pagar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan Latar Belakang di atas maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

Bagaimana pengaruh temperatur udara masuk dan persentase perekat terhadap karakteristik pembakaran briket bungkil biji jarak pagar ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Pengujian yang dilakukan adalah pada Briket Bungkil Biji Jarak Pagar yang bahan bakunya berasal dari sisa minyak jarak di Balittas (Balai Penelitian Tembakau dan Serat) Malang.
2. Perekat yang digunakan adalah tepung tapioka berasal dari pati singkong yang telah dikemas industri.

3. Pengepresan briket dilakukan secara manual, dengan besar gaya pengepresan 50 kgf/cm².
4. Debit udara masuk dijaga konstan $8,9 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
5. Variasi temperatur udara masuk dalam derajat Celcius (°C) : 30;40;50;60;70 dengan toleransi 3 (°C)
6. Variasi penambahan kadar Tepung Tapioka dalam persentase massa (%) adalah: 2; 4; 6.
7. Kerugian akibat Perpindahan panas diabaikan.
8. Pada pembriketan, massa dibuat sama untuk tiap tiap variasi yaitu 50 gram.
9. Bentuk (dimensi) briket dan tungku uji telah ditetapkan.
10. Tidak membahas konstruksi dari instalasi penelitian.
11. Karakteristik pembakaran yang di teliti dibatasi pada laju pembakaran dan temperatur pembakaran dari briket bungkil biji jarak pagar.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui temperatur udara masuk dan kadar perekat terhadap karakteristik pembakaran briket bungkil biji jarak pagar.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Untuk menerapkan teori yang ada khususnya yang berhubungan dengan bahan bakar dan teknik pembakaran.
2. Menambah literatur tentang pemanfaatan jarak pagar sebagai bahan bakar briket.
3. Memberikan alternatif pilihan sumber energi pengganti minyak yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari hari serta menambah nilai ekonomi dari jarak pagar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Mirmanto (2009) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh variasi campuran perekat kanji terhadap nilai kalor briket bungkil biji jarak pagar”. Penelitian ini bertujuan untuk pemanfaatan limbah bungkil biji jarak pagar sebagai sumber bahan bakar alternatif. Dari penelitian ini diperoleh bahwa briket bungkil jarak memiliki nilai kalor tertinggi yaitu 6.104,2317 kal/g, Sedangkan briket dengan campuran perekat kanji, nilai kalor briket bungkil jarak paling tinggi yaitu 6.068,3306 kal/g. Nilai kalor briket akan berbanding terbalik dengan penambahan kuantitas perekat apabila nilai kalor bahan dasar briket lebih tinggi dari nilai kalor perekat, dan sebaliknya.

Teguh Ibnu H (2009) melakukan penelitian dengan judul ”Pengaruh Aliran Massa Udara Terhadap Karakteristik Pembakaran Arang Briket Tongkol Jagung”. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju aliran massa terhadap karakteristik pembakaran briket tongkol jagung. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan laju aliran massa yang masuk ke dalam ruang bakar dengan variasi (dalam m/s) 0,6;0,8;1. Hasil penelitian diperoleh bahwa laju pembakaran tercepat adalah pada saat aliran massa udara 0,6 m/s. Laju pembakaran dipengaruhi oleh temperatur, dimana semakin tinggi temperatur maka semakin singkat waktu yang dibutuhkan dalam pembakaran.

2.2 Bahan Bakar Padat

Bahan bakar padat meliputi batu bara, cokes, dan biomassa. Dalam pemilihan bahan bakar padat, maka harus mempertimbangkan sifat fisik dan sifat kimianya. Yang meliputi sifat fisik adalah nilai panas, kadar air, bahan yang mudah menguap, dan abu. Sedangkan yang termasuk sifat kimia adalah kandungan berbagai bahan kimia seperti karbon (C), Hidrogen (H), oksigen (O), dan sulfur (S).

Ada dua basis analisis bahan bakar padat, secara analitis yaitu analisa *proximate* dan secara kimiawi yakni analisa *ultimate*. Kedua sistem analisa ini memberikan fraksi-fraksi massa dari komponen-komponen di dalam bahan bakar padat.

Beberapa macam pengujian untuk mengetahui kualitas dari bahan bakar padat, yaitu :

1. Analisa *Ultimate*

Analisa *ultimate* menentukan berbagai macam kandungan kimia unsur-unsur seperti karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O) dan sulfur (S). Analisa ini berguna dalam penentuan jumlah udara yang diperlukan untuk pembakaran, volume serta komposisi gas pembakaran. Informasi ini diperlukan untuk perhitungan suhu nyala dan perancangan saluran gas buang.

2. Analisa *Proximate*

Pada analisa *proximate* ini, parameter yang digunakan adalah :

- Kadar air

Kadar air akan menurunkan kandungan panas per kg bahan bakar padat.

Pengaruh kadar air terhadap proses pembakaran adalah :

1. Meningkatkan kehilangan panas, karena penguapan dan pemanasan yang berlebih dari uap.
2. Membantu peningkatan partikel halus pada tingkatan tertentu.
3. Membantu radiasi transfer panas.

- Bahan yang mudah menguap (*volatile matter*)

Volatile matter merupakan indeks dari kandungan bahan bakar dalam bentuk gas dalam bahan bakar padat.

- Kadar abu

Abu merupakan komponen dari bahan bakar yang tidak bisa terbakar dan hanya akan mengurangi nilai kalornya. Pengaruh abu terhadap proses pembakaran adalah :

1. mengurangi kapasitas pembakaran
2. mempengaruhi efisiensi pembakaran
3. Menyebabkan pengumpulan dan penyumbatan

- *Fixed carbon*

Fixed carbon merupakan bahan bakar padat yang tertinggal dalam tungku setelah bahan yang mudah menguap didestilasi. Kandungan

utamanya adalah karbon, tetapi juga mengandung hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen yang tidak terbawa gas. (Wardana, 2008 : 33)

2.3 Bahan Bakar Briket

Menurut Supriyono (1997) briket bioarang merupakan arang (salah satu jenis bahan bakar) yang dibuat dari aneka macam bahan hayati atau biomassa, misalnya kayu, ranting, daun-daunan, rumput, jerami, ataupun limbah pertanian lainnya. Bioarang ini dapat digunakan dengan melalui proses pengolahan, salah satunya adalah menjadi briket bioarang.

Adnan (1998) menyatakan, briket adalah gumpalan yang terbuat dari bahan lunak yang dikeraskan. Sedangkan briket bioarang adalah gumpalan-gumpalan atau batangan-batangan arang yang terbuat dari bioarang (bahan lunak). Bioarang sebenarnya termasuk bahan lunak yang dengan proses tertentu diolah menjadi bahan arang keras dengan bentuk tertentu. Kualitas bioarang ini tidak kalah dengan batubara atau bahan bakar jenis arang lainnya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat briket arang adalah berat jenis bahan bakar atau berat jenis serbuk arang, kehalusan serbuk, suhu karbonisasi, dan tekanan pengempaan. Selain itu, pencampuran formula dengan briket juga mempengaruhi sifat briket.

Menurut Mahajoeno (2005), syarat briket yang baik adalah briket yang permukaannya halus dan tidak meninggalkan bekas hitam di tangan. Selain itu, sebagai bahan bakar, briket juga harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

- a. Mudah dinyalakan
- b. Tidak mengeluarkan asap
- c. Emisi gas hasil pembakaran tidak mengandung racun
- d. Kedap air dan hasil pembakaran tidak berjamur bila disimpan pada waktu lama
- e. Menunjukkan upaya laju pembakaran (waktu, laju pembakaran, dan suhu pembakaran) yang baik.

2.3.1 Teknologi Pembriketan

Proses pembriketan adalah proses pengolahan yang mengalami perlakuan penggerusan, pencampuran bahan baku, pencetakan dan pengeringan pada kondisi tertentu, sehingga diperoleh briket yang mempunyai bentuk, ukuran fisik, dan sifat kimia tertentu. Pengembangan biobriket umumnya dilakukan untuk meningkatkan kualitas fisik dan keterbakarannya. Tujuan dari pembriketan adalah untuk meningkatkan kualitas bahan sebagai bakar, mempermudah penanganan dan transportasi serta mengurangi kehilangan bahan dalam bentuk debu pada proses pengangkutan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi pembriketan antara lain:

- (a) **Ukuran dan distribusi butir briket**, ukuran butir mempengaruhi kekuatan briket yang dihasilkan, karena ukuran yang lebih kecil akan menghasilkan rongga yang lebih kecil pula sehingga kuat tekan briket akan semakin besar. Sedangkan distribusi ukuran akan menentukan kemungkinan penyusunan (*packing*) yang lebih baik, akan makin kuat daya rekat antar butirnya apabila telah dicampurkan bahan perekat. Ukuran butir juga memengaruhi proses pembakaran karena ukuran butir semakin halus akan semakin memperbesar bidang sentuh pada permukaan sehingga kontak langsung dengan udara, maka akan semakin baik dan reaksi pembakaran dapat berlangsung dengan baik.
- (b) **Tekanan mesin pencetak**, proses pengempaan pada pembuatan briket ini akan menentukan ketangguhan dari briket yang dihasilkan. Idealnya suatu briket tidak rapuh dan tidak mudah pecah apabila dipindahkan. Disamping itu diusahakan masih terdapat pori-pori yang memungkinkan untuk dilalui udara (dalam hal ini oksigen untuk pembakaran). Pemberian tekanan yang optimum pada saat proses pembriketan akan mempengaruhi kerapatan serta mampu alir dari udara. Dimana seperti kita tahu keberadaan oksigen sangat penting dalam proses pembakaran.
- (c) **Kandungan air**, akan berpengaruh pada nilai kalor yang dihasilkan. Apabila kandungan airnya tinggi, maka panas yang dihasilkan briket saat pembakaran rendah, karena sebageian panas akan dipergunakan terlebih

dahulu untuk menguapkan air yang ada dalam briket. Kalor setelah dipergunakan menguapkan air, baru dapat dimanfaatkan sebagai penghasil energi. Macam – macam jenis air :

1. Air Bebas

Air yang mengisi celah-celah antara butiran briket yang akhirnya menguap pada waktu air tersebut dipanaskan.

2. Air Terikat

Air yang terikat pada perekat dan bila dipanaskan terus menerus akan menguap.

(d) **Komposisi penyusun briket**, seperti yang kita ketahui bahwa komposisi utama sebuah briket adalah bahan baku, bahan perekat dan air. Ketiga penyusun utama ini memberikan pengaruh terhadap nilai kalor, laju pembakaran, ketangguhan briket dll. Komposisi tambahan yang baik dan seimbang dapat menurunkan pencemaran/emisi seperti kadar belerang dalam pembakaran batu bara. Di samping itu dengan adonan yang baik dan bahan tambahan dengan jumlah yang tepat, akan meningkatkan kualitas briket seperti pembakaran dan kekuatan tekan sehingga briket tidak mudah hancur. Sehingga komposisi campuran dari briket akan banyak mempengaruhi sifat-sifat bahan bakar Misalnya, semakin besar prosentase bahan baku yang Semakin tinggi kandungan selulosa semakin baik kualitas briket karena selulosa meningkatkan nilai kalor.

Proses pembuatan briket bio arang secara umum melalui beberapa tahapan. Adapun tahapan tersebut dapat ditunjukkan dengan bagan alir sebagai berikut sesuai gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram Alir Pembuatan briket
Sumber : Achmad, 2000

Adapun penjelasan tahapan-tahapan tersebut didalam pembuatan briket sebagai berikut:

a) Penyiapan bahan baku

Bahan baku yang disiapkan dapat berupa sampah atau limbah pertanian, seperti bungkil biji jarak pagar tanah, sekam padi, serbuk gergaji, dll. Bahan utama yang harus terdapat didalam bahan baku adalah selulosa. Semakin tinggi kandungan selulosa semakin baik kualitas briket, briket yang mengandung zat terbang yang terlalu tinggi cenderung mengeluarkan asap dan bau tidak sedap. Bahan baku tersebut dikumpulkan dan dibersihkan dari material-material tidak berguna, seperti tanah liat, debu, serta material pengotor lainnya. Tujuannya agar selama proses pengrangan bahan baku dapat menjadi arang lebih sempurna, yakni dengan tidak terpengaruh zat-zat lainnya.

b) Penggilingan arang

Setelah drum dingin, seluruh arang yang dihasilkan dari proses karbonisasi yang masih berbentuk aslinya dituangkan. Selanjutnya, arang digiling sehalus mungkin. Untuk mendapatkan butir arang yang sesuai dengan meshing maka serbuk hasil penggilingan tadi kita ayak, sehingga dapat diperoleh butiran arang yang seragam.

c) Pencampuran bahan perekat

Serbuk arang yang telah seragam sesuai meshing dicampurkan dengan bahan perekat sampai membentuk semacam adonan. Dengan penggunaan bahan perekat ini dimaksudkan merekatkan partikel-partikel zat dalam bahan baku agar tidak mudah rontok atau pecah ketika diangkut. Namun, yang menjadi hal penting yakni jenis bahan perekat yang dipilih. Penentuan jenis bahan perekat ini akan berpengaruh terhadap kualitas dari briket arang yang dihasilkan. Penjelasan lebih detail tentang jenis perekat akan dibahas pada sub bab bahan perekat.

d) Pencetakan adonan

Pada proses pencetakan adonan ini, intinya membentuk adonan arang dan perekat hingga menjadi briket dengan bentuk dan dimensi yang diinginkan. Adapun proses pencetakannya yakni, adonan arang yang telah tercampur dengan perekat dimasukkan ke dalam cetakan, kemudian dilakukan proses pengempaan pada adonan tersebut hingga tekanan tertentu yang kita inginkan hingga mampat benar dan menjadi padat. Setelah adonan memadat adonan dikeluarkan dari cetakan dan siap untuk proses selanjutnya. Pengempaan dilakukan untuk membantu proses pengikatan dan pengisian ruang-ruang yang kosong. Adanya ukuran partikel yang kurang seragam akan menyebabkan ikatan antar partikel serbuk arang kurang sempurna. Ketangguhan dari briket arang akan meningkat seiring dengan meningkatnya kerapatan briket arang yang dihasilkan. Pengempaan bisa dilakukan baik dengan alat sederhana seperti alat pencetak dari paralon maupun kempa dengan sistem hidrolik. Proses pengempaan yang baik akan mempengaruhi kualitas dari briket arang.

e) Pengeringan briket

Briket arang yang telah terbentuk langsung dikeringkan di bawah sinar matahari. Tujuannya agar kandungan uap air yang terdapat dalam briket arang dapat menguap sehingga akan memudahkan saat dinyalakan serta kalor yang dihasilkan dari briket arang dapat lebih maksimal. Pengeringan ini biasanya dilakukan di bawah sinar terik matahari.

f) Pengujian mutu

Briket arang yang telah kering dapat diuji kualitasnya dengan cara dinyalakan. Jika briket arang dapat langsung menyala, sedikit keluar asap, dan tidak terlihat retak-retak, hal ini secara umum dapat dikatakan briket arang tersebut memiliki mutu yang cukup bagus.

Parameter-parameter lainnya untuk menentukan kualitas briket bermacam-macam seperti nilai kalor, laju pembakaran, kadar abu, dll.

2.3.2 Kualitas Briket

Briket yang bermutu baik sebagai bahan bakar memiliki sifat seperti dibawah ini, antara lain:

1. Tidak berasap dan tidak bau pada saat pembakaran. Dimana asap dapat dikurangi dengan menggunakan pengikat yang tidak berasap dan mampu menyerap bau. (Sukandarrumidi, 2006)
2. Mempunyai kekuatan tekan lebih dari 6 kgf/cm^2 , sehingga tidak mudah pecah saat dipindahkan atau diangkat. (Sukandarrumidi, 2006)
3. Mempunyai temperatur pembakaran tetap, dengan jangka waktu nyala yang relatif lama. (Sukandarrumidi, 2006)
4. Setelah pembakaran dan ada sisa, masih mempunyai kekuatan tekan sehingga mudah dikeluarkan dari dalam tungku atau dipindahkan ke tempat lain.
5. Gas hasil pembakaran tidak mengandung gas karbon monoksida (CO) dengan kadar yang tinggi. (Sukandarrumidi, 2006)
6. Tidak mengotori tangan, tidak terlalu cepat terbakar, dapat menyala terus tanpa dikipas. (Soedjoko dan Wardoyo, 1987)

Berikut ini ada syarat mutu briket tanpa karbonasi yang terdapat pada table 2.1.

Tabel 2.1 Syarat mutu briket tanpa karbonasi

No	Parameter Uji	Persyaratan
1	Kadar Air	< 20 %
2	Kadar Abu	14 – 20 %
3	Zat Terbang	Sesuai Dengan Bahannya
4	Nilai Kalor	➤ 4000 kal/gram
5	Kadar Sulfur	< 1 %

Sumber : Surat keputusan direktur jendral pertambangan umum, 1993

Secara umum beberapa spesifikasi briket yang dibutuhkan oleh konsumen adalah sebagai berikut :

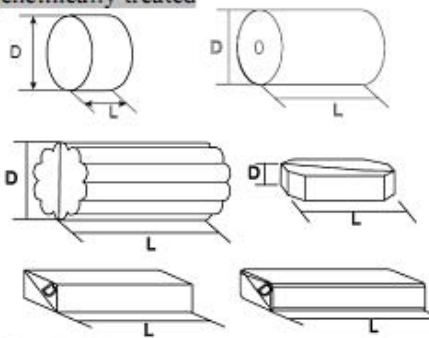
1. Daya tahan briket.

2. Ukuran dan bentuk yang sesuai untuk penggunaannya.
3. Bersih (tidak berasap), terutama untuk sektor rumah tangga.
4. Bebas gas-gas berbahaya.
5. Sifat pembakaran yang sesuai dengan kebutuhan (kemudahan dibakar, efisiensi energi, pembakaran yang stabil).

2.3.3 Bentuk Briket

Pada gambar 2.2 dan 2.3 dibawah ini dapat dilihat beberapa contoh dari bentuk briket biomassa berdasarkan standard eropa (CEN / *The European Committee For Standarization*)

Table for specification of Briquettes

Master Table		Briquettes
Origin: According to 6.1 and Table 1		Chemical treatment: To be stated if chemically treated
Dimensions [mm]		 <p>Examples of briquettes</p>
Diameter:	25 mm ≤ Diameter ≤ ∞ Average of xx randomly chosen samples	
Length:	50 mm ≤ Length ≤ ∞ Average of xx randomly chosen samples	
Net calorific value $q_{p,net,ar}$ [MJ/kg] or [kWh /kg] ^a		
Normative	Moisture content (w-% as received) ^a	Max. for household standard is XX w-%
	Ash content (w-% of dry basis) ^a	Max. for household standard XX w-%
	Ash deformation temperature	Min. for household standard XX °C
	Additives (w-% of pressing mass) ^a	Type and content of any additives to be stated
	Amount of fines (w-%, < 3.15 mm) ^a at the last possible place in the production site	Max. for household standard XX w-%

Gambar 2.2 Bentuk briket biomassa

Sumber : Belbo, H, 2006



Gambar 2.3 Contoh briket biomassa
Sumber : Belbo, H, 2006

2.4 Bahan Perekat

Perekat adalah suatu zat atau bahan yang memiliki kemampuan untuk mengikat dua benda melalui ikatan permukaan. Beberapa istilah lain dari perekat yang memiliki kekhususan antara lain: *glue*, *mucilage*, dan *paste*. *Glue* merupakan perekat yang terbuat dari protein hewani seperti kulit, kuku, urat, otot dan tulang yang secara luas digunakan dalam industri pengerjaan kayu. *Mucilage* adalah perekat dari getah tumbuh – tumbuhan dan dicampur air, diperuntukkan untuk perekat kertas. *Paste* merupakan perekat dari pati (*starch*) yang dibuat melalui pemanasan campuran pati dengan air dan digunakan sebagai perekat dalam bentuk pastanya.

Untuk merekatkan partikel-partikel zat dalam bahan baku pada proses pembuatan briket maka diperlukan zat pengikat sehingga butir-butir arang dapat disatukan dan dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Namun, permasalahannya terletak pada jenis bahan perekat yang akan dipilih. Penentuan jenis perekat yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kualitas briket ketika dibakar. Faktor ketersediaannya di pasaran serta karakteristik briket yang diinginkan menjadikan pertimbangan dalam memilih perekat karena setiap bahan perekat memiliki daya rekat serta komposisi yang berbeda-beda.

Berdasarkan fungsi dari pengikat dan kualitasnya, bahan perekat dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu:

- **Pengikat anorganik**

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

anorganik ini mempunyai kelemahan yaitu adanya tambahan abu yang berasal dari bahan pengikat sehingga dapat menghambat pembakaran dan menurunkan nilai kalor. Contoh dari pengikat anorganik antara lain sodium silikat, magnesium, *cement*, sulphite, natrium silikat.

- **Pengikat organik**

Pengikat organik menghasilkan abu yang relatif sedikit setelah pembakaran briket dan umumnya merupakan bahan perekat yang efektif kerugian yang dapat ditimbulkan adalah briket yang dihasilkan kurang tahan terhadap kelembaban. Contoh dari pengikat organik di antaranya kanji, tar, aspal, amilum, molase dan parafin.

- (a) **Clay (lempung)**

Clay atau yang sering disebut lempung umumnya banyak digunakan sebagai bahan pengikat briket. Jenis-jenis lempung yang dapat dipakai untuk pembuatan briket terdiri dari jenis lempung warna kemerah-merahan, kekuning-kuningan dan abu-abu. Caranya tanah liat kering tersebut diayak halus seperti tepung, lalu diberi air dan diaduk sampai lengket maka perekat tanah liat siap digunakan. Namun, perekat ini memiliki kelemahan yakni butuh waktu lama untuk menghilangkan kadar airnya dan agak sulit untuk dinyalakan.

- (b) **Tapioka**

Jenis tapioka beragam kualitasnya tergantung dari pemakaian. Jenis *Caustic Soda* yang dipergunakan memiliki konsentrasi 98 % dan berbentuk *Flake*. Apabila dicampur dengan tapioka akan membentuk sebagai perekat.

Tapioka ini nama lazim dipasarannya dikenal dengan tepung kanji. Cara mengaktifkan perekat ini cukup mudah, yakni dengan mencampurkan tepung tapioka dengan air, lalu mendidihkan campuran tersebut dengan air. Selama proses pemanasan, tepung diaduk terus-menerus agar tidak menggumpal. Warna tepung yang semula putih akan berubah menjadi transparan setelah beberapa menit dipanaskan dan

terasa lengket bila dipegang, hal ini menandakan perekat siap untuk digunakan.

Dari jenis-jenis bahan pengikat atau perekat di atas, yang paling umum digunakan adalah bahan perekat kanji.

2.5 Bungkil Biji Jarak Pagar

Bungkil jarak pagar merupakan limbah hasil pengepresan biji jarak untuk memproduksi biodiesel dari minyak jarak. Pada umumnya biji jarak yang melalui pengepresan hanya menghasilkan minyak sebanyak 30%, sedangkan 70% sisanya berupa bungkil. Jika tingkat produktivitas sekitar 510 ton biji/ha/tahun dan rendemen minyak sebesar 3596, maka dari bungkil biji jarak saja diperoleh 3.2-6.5 ton limbah. Kandungan kalor dari bungkil jarak pagar masih tinggi, sehingga bisa di manfaatkan sebagai bahan bakar biomassa sebagai bahan bakar alternatif.



Gambar 2.4 Bungkil Biji Jarak Pagar
Sumber : Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, 2010

Adapun dari analisa proximate, di dapat :

Tabel 2.2 Tabel Komposisi Bungkil Biji Jarak pagar

<i>Total carbon (%)</i>	50.9
<i>Hydrogen (%)</i>	5.8
<i>Sulphure (%)</i>	0.1
<i>Nitrogen (%)</i>	0.8
<i>Oxygen By difference (%)</i>	39.5

Sumber: Kraizetsen, 2009

Dengan melihat komposisi dari bungkil biji jarak diatas, terdapat cukup besar potensi pada bungkil biji jarak bila dimanfaatkan menjadi sumber energi biomassa. Nilai kalor yang dimiliki oleh bungkil biji jarak relatif mendekati dari nilai kalor batubara kualitas rendah, memang nilai kalor dari biomasa lebih rendah dari batubara, tetapi jika dilihat dari aspek polusinya jauh lebih rendah dibandingkan polusi dari pembakaran batubara. Kandungan dari bungkil biji jarak pagar juga mempunyai kadar sulfur yang rendah (kurang dari 1%), sehingga kadar pencemaran gas saat dibakar relatif kecil. Perlu diingat bahwa penggunaan biomasa tidak cocok digunakan pada pembakaran temperatur tinggi karena abu dari biomasa mempunyai titik leleh yang lebih rendah dibandingkan titik leleh batubara, sehingga penggunaan dari briket arang lebih cocok digunakan untuk skala rumah tangga.

Briket biomasa umumnya akan mengembang kembali (relaksasi) setelah proses pembriketan dan hasilnya mempunyai ketahanan yang rendah. Kedua sifat ini akan menimbulkan masalah pada pengepakan, transportasi, dan penyimpanan. Dengan melihat kelemahan tersebut, diambil solusi dengan memvariasikan kadar perekat dari briket arang dengan harapan mampu menghasilkan briket arang dengan ketahanan (durability) yang baik. Briket biomasa juga mempunyai sifat cepat terbakar dan mudah dinyalakan dibandingkan briket batubara namun, juga mudah habis saat proses pembakaran berlangsung. Hal ini disebabkan karena kadar volatile dari biomasa umumnya tinggi. Abu yang dihasilkan dari biomass juga lebih ramah dibandingkan abu dari batubara karena banyak mengandung mineral.

2.6 Perekat Tepung Tapioka

Tepung tapioka adalah tepung yang terbuat dari bahan dasar umbi akar ketela pohon/singkong. Tapioka memiliki sifat-sifat fisik yang serupa dengan tepung sagu, Pembuatan tapioka dilakukan dengan cara diparut, diperas, dicuci, diendapkan, diambil sari patinya, lalu dijemur/keringkan. Sifat tepung kanji, apabila dicampur dengan air panas akan menjadi liat/seperti lem.

Komponen terbesar yang terdapat dalam tepung tapioka adalah pati. Pati adalah homopolimer yang terdiri dari molekul-molekul glukosa melalui ikatan glikosida dengan melepaskan molekul air. Sebagian besar dari Pati digunakan sebagai bahan pangan namun,

dengan berbagai proses fisika, kimia dan biologi dapat dikonversi menjadi beragam produk lain. (Matz dalam Zulviani, 1992). Perekat pati dikelompokkan sebagai perekat alam dengan perekat dasar karbohidrat.

Singkong/ubi kayu, memiliki banyak karakteristik unggul sebagai bahan dasar perekat briket dikarenakan:

- Karakter pengental yang sangat baik.
- Merupakan bahan mentah yang murah sekaligus mengandung kadar pati yang tinggi. Pati yang sebagian besar penyusunnya adalah molekul glukosa, dapat memudahkan pembakaran karena glukosa mudah dibakar serta saat dibakar menghasilkan kandungan karbon terbanyak dari perekat lainnya
- Memiliki kadar keasaman / pH yang netral.
- Mudah diekstrak dengan proses yang mudah dibandingkan dengan sumber pati yang lain sehingga layak untuk diproduksi.
- Lebih diminati oleh industri perekat karena membuat perekat lebih cair, halus dan stabil.

2.6.1 Hubungan Perekat terhadap hasil pembriketan

Bila semakin tinggi kadar perekat, maka kerapatan dari briket akan semakin tinggi. hal ini disebabkan karena perekat akan masuk ke celah butiran butiran dari briket yang akan menyebabkan luasan permukaan kontak dengan udara mengecil. sehingga akan mempengaruhi karakteristik pembakaran.

Kadar perekat juga mempunyai pengaruh terhadap kekuatan tekan dari hasil pembriketan. dimana semakin tinggi kadar perekat maka akan menyebabkan daya rekat dari briket semakin tinggi. sehingga meningkatkan kekuatan tekan.

2.7 Pembakaran

Pembakaran merupakan reaksi oksidasi yang terjadi antara bahan bakar dan udara (oksigen) dengan bantuan energi luar (energi aktivasi) disertai timbulnya cahaya dan menghasilkan kalor (turns, 1996). Energi tersebut berfungsi sebagai pemutus ikatan – ikatan bahan bakar menjadi radikal (ion) dan sangat reaktif. Ion – ion bahan bakar akan bereaksi dengan oksigen berbentuk ikatan yang lebih kuat dan kelebihan – kelebihan energi ikatan

akan dilepas ke dalam sistem, sehingga menyebabkan kenaikan temperatur yang sangat tinggi.

Penyalaaan seperti pembakaran juga memerlukan syarat yang dikenal sebagai 3T atau *rule of thumb ignition* (Kuo, K.K, 1986) sebagai berikut:

1. Temperatur

Temperatur harus tinggi, agar timbul reaksi kimia yang signifikan antara bahan bakar dan oksidatornya. Karena dalam proses penyalaaan memerlukan tingkat energi tertentu yang biasanya disebut dengan energi aktivasi. Jika tingkat energi yang diperlukan tidak mencukupi, maka penyalaaan tidak akan terjadi, sekalipun telah ada cukup bahan bakar dan udara pembakaran. Sebagai suatu proses transisi, penyalaaan memiliki kondisi awal tanpa energi, yang berarti bahwa tingkat energi yang ada dilingkungan penyalaaan masih belum mencukupi untuk menimbulkan penyalaaan. Energi tersebut digunakan untuk memecah ikatan molekul bahan bakar menjadi radikal (ion) yang sangat reaktif. Ion-ion tersebut akan bereaksi dengan oksigen membentuk ikatan yang lebih kuat, sehingga terjadi reaksi termokimia antara bahan bakar dan udara.

2. Turbulensi

Turbulensi adalah suatu keadaan dimana partikel-partikel fluida bergerak dalam lintasan yang tidak teratur, yang mengakibatkan pertukaran momentum dari suatu bagian kebagian yang lainnya. Dalam pembakaran, turbulensi diperlukan untuk menjamin terjadinya pencampuran yang baik antara bahan bakar dan udara pembakaran sehingga panas dapat dipindahkan dari konstituen yang bereaksi ke konstituen yang belum bereaksi agar dapat meningkatkan kecepatan reaksi pembakaran.

3. Waktu

Waktu harus cukup lama agar panas masuk (yang berasal dari sebab eksternal) dapat diserap oleh reaktan sehingga proses termokimia yang mandiri dapat terjadi. Jika proses termokimia mandiri terjadi, maka pembakaran akan berlangsung secara terus menerus selama bahan bakar dan udara pembakaran masih tersedia.

2.8 Pembakaran Bahan Bakar Padat

Biomassa adalah salah satu jenis bahan bakar padat selain batubara. Biomassa diklasifikasikan menjadi dua golongan yaitu biomassa kayu dan bukan kayu (Borman dan

Ragland, 1998). Mekanisme pembakaran biomassa terdiri dari tiga tahap yaitu pengeringan, devolatilisasi, dan pembakaran arang.

2.8.1 Pengeringan

Tahap pertama yang terjadi adalah pengeringan, dimana ketika sebuah partikel dipanaskan dengan dikenai temperatur tinggi atau radiasi api, air dalam bentuk *moisture* di permukaan bahan bakar akan menguap, sedangkan yang berada di dalam akan mengalir keluar melalui pori-pori partikel dan menguap. *Moisture* 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).

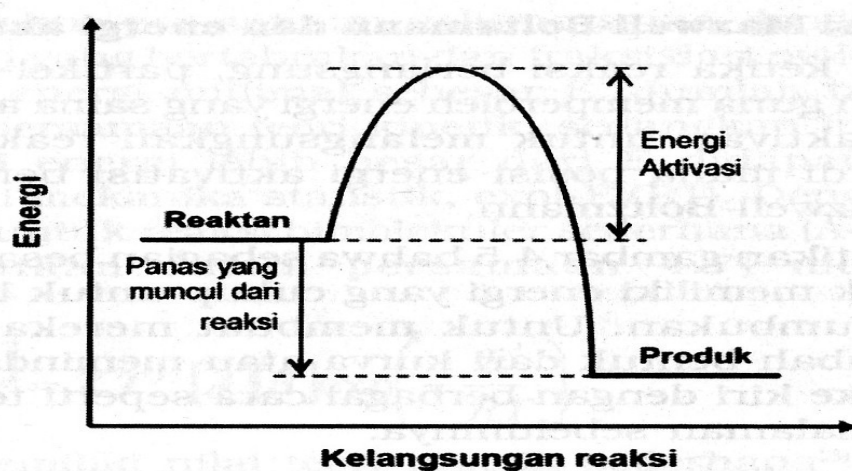
2.8.2 Devolatilisasi

Proses pengeringan akan dilanjutkan dengan proses devolatilisasi. Setelah proses pengeringan, bahan bakar mulai mengalami dekomposisi, yaitu pecahnya ikatan kimia secara termal dan zat terbang (*volatile matter*) akan keluar dari partikel. *Volatile matter* adalah hasil dari proses devolatilisasi. *Volatile matter* terdiri dari gas-gas *combustible* dan *non combustible* serta hidrokarbon. Untuk partikel yang besar hasil devolatilisasi berpindah dari pusat partikel ke permukaan untuk kemudian keluar. Selama perpindahan ini, hasil devolatilisasi bisa retak, mengembun, membentuk polimer dan mungkin membentuk endapan karbon sepanjang lintasannya. Ketika *volatile matter* keluar dari pori-pori bahan bakar padat, oksigen luar tidak dapat menembus ke dalam partikel.

2.8.3 Pembakaran arang

Sisa dari devolatilisasi adalah arang (*fixed carbon*) dan sedikit abu. Kemudian partikel bahan bakar mengalami oksidasi arang yang memerlukan 70 % - 80 % dari total waktu pembakaran.

2.9 Energi Aktivasi



Gambar 2.5 Energi aktivasi dalam proses reaksi
Sumber : ING Wardana, 2008: 105

Energi aktivasi merupakan jumlah energi minimum yang diperlukan untuk melangsungkan suatu reaksi. Jika molekul – molekul bertabrakan dengan energi yang lebih rendah dari energi aktivasi, maka reaksi tidak akan terjadi. Molekul – molekul tersebut akan kembali menuju ke keadaan semula. Hanya tumbukan antar molekul yang memiliki energi sama atau lebih besar dari energi aktivasi yang dapat menghasilkan reaksi. Di dalam reaksi kimia, ikatan – ikatan diputus dengan menggunakan sejumlah energi dan membentuk ikatan – ikatan baru yang melepaskan sejumlah energi. Umumnya ikatan – ikatan harus diputuskan sebelum ikatan yang baru terbentuk.

Energi aktivasi diperlukan untuk dapat memutuskan ikatan – ikatan yang baru tersebut. Apabila tumbukan – tumbukan antar molekul relatif lemah dan tidak cukup energi untuk memulai proses pemutusan ikatan, hal ini dapat mengakibatkan molekul – molekul tersebut tidak bereaksi. Dengan adanya penambahan renergi aktivasi, pemutusan ikatan – ikatan kimia menjadi lebih mudah dan reaksi pembakaran yang terjadi menjadi semakin cepat. (Soetiari, 1990: 35)

Persamaan reaksi pembakaran secara umum :

bahan bakar + oksidator + panas atau energi aktivasi produk pembakaran

2.10 Nilai kalor

Nilai kalor pembakaran adalah energi panas yang dilepaskan oleh satu satuan berat bahan bakar ketika terjadi pembakaran sempurna dalam keadaan dalam keadaan steady-flow (Cengel, 2002). Nilai kalor pembakaran diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu nilai kalor pembakaran tinggi (High Heating Value atau HHV) dan nilai kalor pembakaran rendah (Low Heating Value atau LHV).

Nilai kalor pembakaran ini dapat diukur sebagai nilai kalor kotor (*gross calorific value*) atau *higher heating value* (HHV) dan nilai kalor netto (*net calorific value*) atau *lower heating value* (LHV). Secara sederhana pengertian dari Nilai pembakaran tertinggi (HHV) adalah jumlah energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna setiap satu satuan massa bahan bakar tanpa memperhitungkan jumlah kalor yang dikeluarkan akibat terbentuknya uap air (H₂O). Sedangkan Nilai pembakaran terendah LHV adalah jumlah energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna setiap satu satuan massa bahan bakar dengan memperhitungkan kerugian panas akibat terbentuknya uap air (H₂O).

Dari definisi tersebut dapat diketahui perbedaan antara HHV dan LHV yakni:

- *Higher Heating Value* (HHV) adalah panas pembakaran dari bahan bakar yang didalamnya masih termasuk panas laten dari uap air hasil pembakaran. Panas pembakaran dapat dicari dengan menggunakan persamaan Dulong (*Dulong equation*).

$$\text{HHV} = 33950 C + 144200 (H-O/8) + 9400 S \text{ (kJ/Kg bahan bakar).} \dots\dots\dots (2-1)$$

(Wardana, 2008 : 32)

Dimana C, H, O, N, dan S merupakan prosentase massa dari bahan bakar yang diperoleh dari analisa *ultimate*.

- *Lower Heating Value* (LHV) adalah panas pembakaran dari bahan bakar setelah dikurangi panas laten dari uap air hasil pembakaran.

$$\text{LHV} = \text{HHV} - xLH \text{ panas laten dari uap air} \dots\dots\dots (2-2)$$

(Wardana, 2008 : 32)



Dimana:

x = massa H₂O yang terbentuk dalam proses pembakaran tiap satuan massa bahan bakar.

LH = panas laten penguapan H₂O
 = 1080 (Btu / lb H₂O)
 = 600 (kkal / Kg H₂O)
 = 2400 (kJ / Kg H₂O)

Contoh perhitungan nilai kalor dengan rumus Dulong - Petit

Dari komposisi bungkil biji jarak pagar pada table 2.3 didapatkan persentase dari

C = 50,9 % H = 5,8% O = 39,5% S = 0,1%

Sehingga didapatkan nilai HHV dari bungkil biji jarak pagar yaitu sebesar

$$\begin{aligned} \text{HHV} &= 33950 C + 144200 (H - O/8) + 9400 S \text{ (kJ/Kg bahan bakar)} \\ &= (33950 \times 0,509) + (144200 \times (0,058 - 0,395/8)) + (9400 \times 0,001) \\ &= 18533,68 \text{ kJ/kg bahan bakar} \\ &= 4412,118 \text{ kkal/kg bahan bakar} \end{aligned}$$

perhitungan nilai kalor menggunakan bomb kalorimeter dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Nilai kalor, HHV (cal/gr)} = \frac{[(\Delta t) \times \text{EEV}] - (e_1 + e_2 + e_3)}{m} \dots\dots\dots (2 - 3)$$

(Parr operating instructions, 1987 : 7)

Dimana =

t adalah kenaikan suhu pembakaran di dalam bom kalori meter (°C)

EEV adalah energi ekivalen dari kalorimeter (cal/°C)

e₁ adalah koreksi panas karena pembentukan asam (cal)

e₂ adalah koreksi panas pembakaran dari kawat pembakar (cal)

e₃ adalah koreksi panas dari sulfur yang ada dalam bahan bakar (cal)

m adalah massa dari sample bahan bakar (gr)



2.11 Kadar Abu

Kadar abu diukur dengan membakar sampel briket bungkil biji jarak pagar tanah secara keseluruhan pada tungku. Kemudian massa dari sisa pembakaran ditimbang .

Perhitungan :

$$Kadar\ abu = \frac{Berat\ residu}{Berat\ sampel\ bahan\ bakar} \times 100\% \dots\dots\dots (2 - 4)$$

(Sukandarrumidi, 2006 : 72)

2.12 Karakteristik Pembakaran

Karakteristik pembakaran ditentukan oleh faktor waktu, suhu, dan kualitas udara. Karakteristik pembakaran bahan bakar padat dipengaruhi oleh jumlah bahan bakar yang dibakar dan jenis tungku yang digunakan.(Wijayanti, W, 2003)

2.12.1 Laju pembakaran

Pada kecepatan difusi laju pembakaran dapat didefinisikan banyaknya massa bahan bakar yang terbakar tiap satuan waktu. Dimana besarnya laju pembakaran dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$Laju\ Pembakaran = \frac{Massa_{bb\ awal} - Massa_{bb\ akhir}}{Waktu\ Pembakaran} \dots\dots\dots (2 - 5)$$

(Hudaya, 1981)

2.12.2 Temperatur Pembakaran

Temperatur pembakaran adalah temperature yang dihasilkan oleh produk pembakaran bila reaksi berlangsung secara sempurna dan semua panas yang dilepaskan digunakan sebagai produk. Untuk memperoleh temperature maksimum, bahan bakar harus direaksikan dengan oksigen secara stoichiometri dan reaksi pembakaran harus sempurna. Bila pembuatan dilakukan dengan mereaksikan bahan bakar dan udara (O₂ dan N₂), maka temperature yang dipeoleh lebih rendah karena sejumlah panas digunakan untuk meningkatkan temperatue nitrogen dan kerugian karena pembakaran tidak sempurna (

Wijayanti, W, 2003). Temperatur pembakaran dipengaruhi oleh jenis bahan bakar, besarnya udara atau banyaknya oksigen dan jenis pembakarannya.

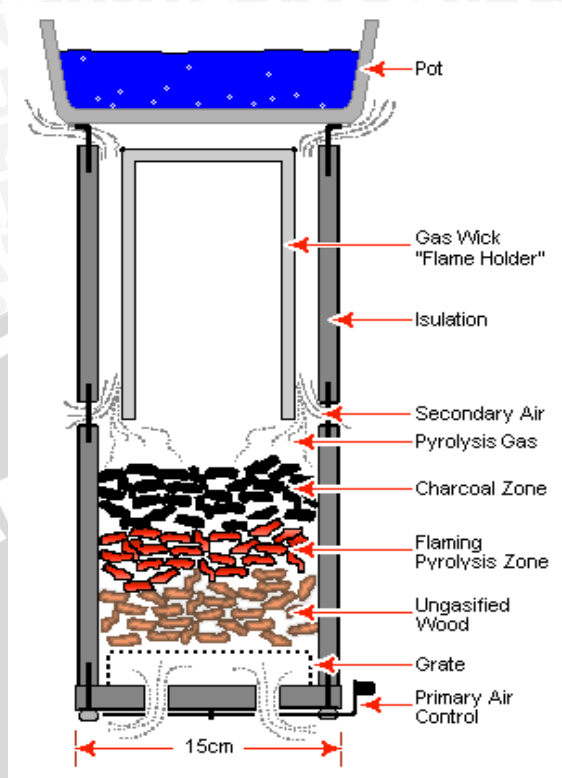
2.13 Tungku Biomassa Tipe *Inverted Downdraft Gasifier*

Tungku biomassa tipe *inverted downdraft gasifier* awal mulanya dikembangkan oleh T. B. Reed dan Ronal Larson (Reed, 1966). Tungku ini memakai prinsip *gasifier* sederhana yakni *inverted downdraft gasifier* untuk menghasilkan gas yang mudah terbakar yang digunakan untuk pembakaran pada tungku. Tungku ini mempunyai sistem pembakaran *closed-coupled* dimana gas hasil gasifikasi tidak disimpan untuk penggunaan lebih lanjut, akan tetapi langsung dibakar. Dengan menerapkan gasifikasi bahan bakar biomassa untuk menghasilkan gas yang mudah terbakar dan pembakaran *close-coupled* maka pembakaran yang terjadi lebih bersih dibandingkan tungku konvensional.

Pada tungku tipe *inverted downdraft* terdapat beberapa bagian – bagian dan zona pembakaran bahan bakar. Tungku *inverted downdraft gasifier* terdiri dua bagian, yakni *gasifier* dan *gas burner*. *Gasifier* digunakan untuk menghasilkan yang mudah terbakar yakni CO, H₂ dan CH₄ dari proses gasifikasi bahan bakar biomassa. *Gas burner* digunakan untuk membakar gas yang dihasilkan oleh *gasifier* dengan cara mencampur gas dengan udara sekunder.

Zona pembakaran bahan bakar pada tungku tipe *inverted downdraft gasifier* terdiri dari tiga zona (gambar 2.6), yaitu :

1. *Ungasified* : zona terbawah dimana bahan bakar belum tergasifikasi
2. *Flaming pryrolysis gas* : zona nyala api dari bahan bakar di mana terjadi proses pemisahan uap air, cairan organik, dan gas dari bahan bakar menjadi arang.
3. *Charcoal Zone* : Zona terbentuknya arang.



Gambar 2.6 Tungku type *inverted downdraft gasifier*
Sumber : T.B. Reed (1996)

2.10 Hipotesa

Dengan meningkatnya temperatur udara masuk akan menambah energi aktivasi pada pembakaran briket dan mempercepat pemutusan ikatan kimia, sedangkan semakin banyak kadar tapioka yang ditambahkan akan meningkatkan kerapatan hasil briket sehingga akan mempengaruhi karakteristik pembakarannya

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental. Metode ini dilakukan dengan pengamatan secara langsung untuk mengetahui pengaruh temperatur udara masuk dan persentase kadar perekat terhadap karakteristik pembakaran yang meliputi nilai kalor, kadar abu, dan kecepatan pembakaran dari bahan bakar briket bungkil biji jarak pagar.

3.2 Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang tidak dipengaruhi oleh variabel lain, besarnya ditentukan oleh peneliti dan harganya diubah-ubah untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dari obyek penelitian. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah temperatur udara masuk pembakaran dalam derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$) yaitu: 30; 40; 50; 60; 70

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini adalah:

- a. Kecepatan Pembakaran (g/menit)
- b. Temperatur pembakaran ($^{\circ}\text{C}$)

3. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya tetap dan ditentukan sebelum penelitian. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah persentase kadar perekat yaitu tepung tapioka dalam komposisi briket. Dalam penelitian ini perbandingan kadar perekat (tapioka), yaitu 2%; 4%; 6% dalam persentase berat.

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2010 sampai selesai. Tempat yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

- a. Laboratorium Proses Produksi I, Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang, untuk melakukan pengepresan briket
- b. Laboratorium Motor Bakar, Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang, untuk menguji nilai kalor.
- c. Badan Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat (Balittas) untuk melakukan pengolahan awal bahan baku briket.

3.4 Alat - alat yang digunakan

3.4.1 Alat utama

1. Tungku tipe *inverted downdraft gasifier*



Gambar 3.1 Tungku Pembakaran
Sumber : Dokumentasi Pribadi

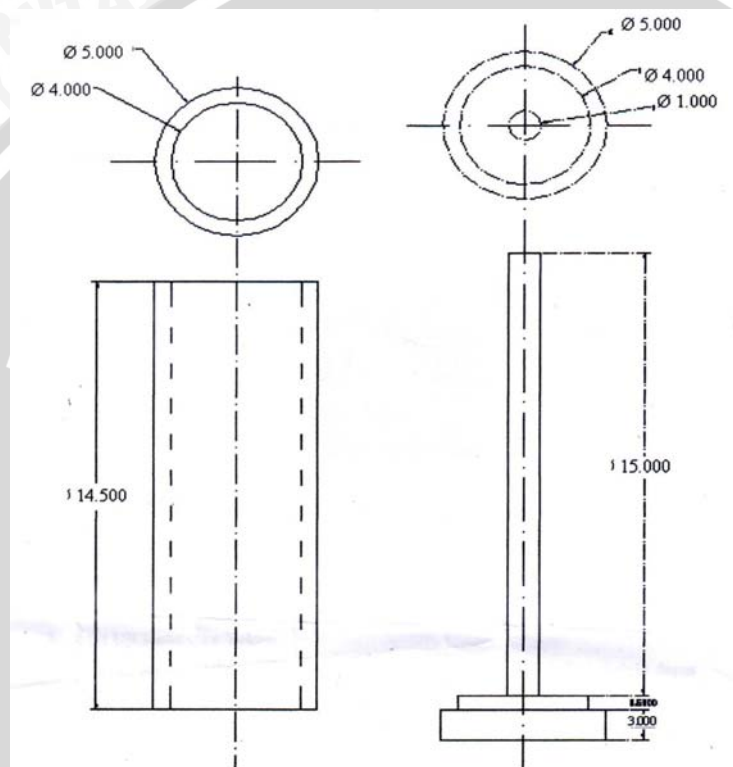
2. Blower

Digunakan untuk menyuplai udara pembakaran

1.4.2 Peralatan bantu

1. Cetakan

Cetakan ini digunakan untuk membuat serbuk bungkil biji jarak pagar dan tapioka menjadi briket. Pada penelitian ini menggunakan cetakan briket yang berbentuk silinder, cetakan bahan dari baja, seperti terlihat pada gambar 3.2 dibawah ini dan memiliki dimensi sebagai berikut:



Gambar 3.2 Cetakan

Sumber : Laboratorium Motor Bakar Universitas Brawijaya Malang, 2010

Keterangan :

Tinggi(h)	= 14.5 cm
Diameter dalam	= 4cm
Diameter luar	= 5cm
Diameter poros	= 1cm

2. Alat Press Hidrolik

Alat press ini digunakan dalam proses pembuatan briket, alat ini terdapat di Laboratorium Proses Produksi I Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya. Serbuk bungkil biji jarak pagar tanah dimasukkan kedalam cetakan, kemudian ditekan menggunakan alat seperti terlihat pada gambar 3.3 dibawah ini, sehingga dihasilkan briket bungkil biji jarak pagar dalam bentuk padat. Spesifikasi dari alat press yang digunakan dalam pembuatan briket bungkil biji jarak pagar:



Gambar 3.3 Alat pres hidrolik

Sumber : Laborotorium Proses Produksi I Universitas Brawijaya Malang, 2010

Merk	: Hydraulic Press Nagasaki Jack Co.,LTD
Type	:NSP-15
Kapasitas	: 15 ton
Buatan	: Nagasaki Jack Co.,LTD, Japan

3. Timbangan Digital

Timbangan pada gambar 3.3 dibawah ini dgunakan untuk mengukur berat dari bahan yang digunakan dalam pembuatan briket bungkil biji jarak pagar yang terdiri dari bungkil biji

jarak pagar dan tapioka. Serta digunakan untuk menimbang berat briket yang telah dibakar untuk diketahui pengurangan massanya. Berikut gambar dan spesifikasi dari timbangan digital yang digunakan:



Gambar 3.4 Timbangan Digital

Sumber : Laborotorium Pengecoran Logam Universitas Brawijaya Malang, 2010

Merk	: METTLER
Tipe	: PJ 3000
Frekwensi	: 50 – 60Hz
Daya	:100-120 V 80mA 200-240V 45mA
Buatan	: Gemany

4. *Adiabatic Calorimeter*

Alat alat pada gambar diawah ini digunakan untuk menguji nilai kalor dari komposisi briket bungkil biji jarak pagar yang dihasilkan, sehigga dapat diketahui berapa nilai kalor dari briket bungkil biji jarak pagar tersebut. Berikut gambar dan spesifikasi dari *adiabatic calorimeter* yang digunakan:



Gambar 3.5 *Adiabatic Calorimeter*

Sumber : Laborotorium Motor Bakar Universitas Brawijaya Malang, 2010

Merk : PARR
Daya : 1000 W
Frekwensi : 115 V 60 Hz
115 V 50 Hz
230 V 50Hz
Buatan : Parr Instrument Company, Moline-Illinois, USA

5. Anemometer

Digunakan untuk mengukur kecepatan udara masuk yang dihembuskan blower.



Gambar 3.6 Anemometer

Sumber : Laboratorium Motor Bakar Universitas Brawijaya Malang, 2010

6. Stop watch

Digunakan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk proses pembakaran.



Gambar 3.7 Stopwatch

Sumber : Laboratorium Motor Bakar Universitas Brawijaya Malang, 2010

7. Pemanas awal

Digunakan untuk menaikkan temperature udara yang akan masuk tungku pembakaran



Gambar 3.8 Alat Pemanas awal
Sumber : Dokumentasi pribadi

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Pembuatan Briket Bungkil Biji Jarak Pagar

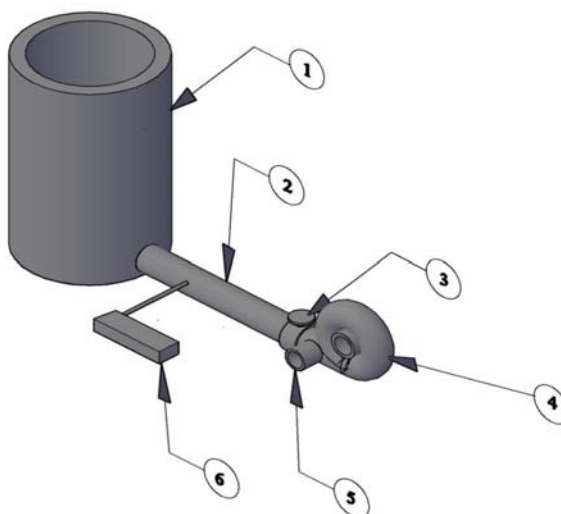
Dalam melakukan pembuatan briket bungkil biji jarak pagar ini, maka langkah-langkah yang harus dilakukan antara lain :

1. Proses Persiapan awal bahan baku
 - a. Setelah bungkil biji jarak pagar dipres, bungkil biji jarak pagar dicuci bersih sehingga terbebas dari debu, tanah dan zat pengotor lainnya. Bungkil biji jarak pagar yang sudah dicuci ini dikeringkan dengan cara dijemur dengan sinar matahari kurang lebih selama 4 jam untuk memastikan bahwa bungkil biji jarak pagar sudah benar-benar kering.
2. Penggilingan serta Pengayakan bungkil biji jarak pagar
 - a. Bungkil digiling hingga sehalus mungkin sehingga memungkinkan untuk diayak pada mesh yang telah ditentukan.
 - b. Hasil penggilingan arang bungkil biji jarak pagar lalu diayak dengan besar mesh 0,4mm.
3. Pencampuran dengan Bahan Perikat
 - a. Siapkan tepung Tapioka berasal dari pati singkong, kemudian timbang seberat 1 gr; 2 gr; 3 gr.
 - b. Larutkan tepung tapioka yang telah ditimbang tersebut dengan air hangat sebanyak 10% dari massa total sehingga membentuk semacam adonan.

- c. Kemudian mencampur serbuk arang dengan tapioka yang telah membentuk adonan, dengan kadar Tepung Tapioka dalam prosentase berat yang telah ditetapkan yaitu adalah: 2%; 4%; 6%.
4. Ulangi proses 3 hingga diperoleh sebanyak 30 spesimen, dengan spesifikasi masing-masing 3 spesimen untuk tiap variasi kadar tapioka
5. Bahan baku bungkil biji jarak pagar yang telah dicampur dengan perekat kemudian dimasukkan ke dalam cetakan, masing-masing campuran tadi lalu dikempa dengan tekanan pengempaan sebesar 10 kg/cm^2 .
6. Briket yang telah terbentuk lalu dikeringkan selama kurang lebih 4 jam pada sinar matahari yang terik. Setelah kering briket siap digunakan sebagai bahan bakar.

3.5.2 Instalasi Penelitian yang Digunakan

Instalasi dan alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 3.9 Susunan instalasi penelitian

Keterangan gambar :

1. Tungku pembakaran
2. Saluran udara pembakaran
3. Katub pengatur debit udara pembakaran

4. Blower
5. saluran penghubung
6. alat pemanas awal

3.6 Prosedur Penelitian:

Prosedur pengambilan data :

1. Temperatur udara masuk dipanaskan dengan suhu 30°C , yang ditunjukkan dalam *termocouple* dan persentase kadar perekat dalam briket 2%
2. Setelah suhu ruang pemanas awal mencapai suhu yang di inginkan, blower di hidupkan dengan debit udara dijaga konstan $8,9 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$.
3. Mengambil data waktu pembakaran, massa awal dan akhir dari bahan dan abu sisa pembakaran dari briket bungkil biji jarak pagar.
4. Setelah pengujian dengan temperatur udara masuk 30°C dan persentase kadar perekat 2 %, dilanjutkan dengan pengujian dengan beberapa variasi yang akan diujikan.
5. Data yang diperoleh kemudian diolah, dilakukan pembahasan dan diambil kesimpulan.

Pengujian Kecepatan Pembakaran

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur massa bahan bakar awal dan massa bahan bakar akhir (setelah dilakukan pembakaran jam). Kemudian besarnya nilai kecepatan pembakaran dihitung berdasarkan persamaan (2 – 5)

Pengujian Temperatur Pembakaran

Pengujian Kadar CO dilakukan dengan membaca data hasil Suhu Temperatur pembakaran pada *Termometer Digital*. Temperatur akan diukur tiap 5 menit. Kemudian diambil rata – rata dari 10 besar temperatur pembakaran tertinggi.

3.7 Pengujian Nilai Kalor

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai kalor dari briket, maka dilakukan pengujian dengan menggunakan alat adiabatic kilometer, prosedur yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Sampel yang berupa briket, diserbukan dan ditimbang dengan berat 1 gr.

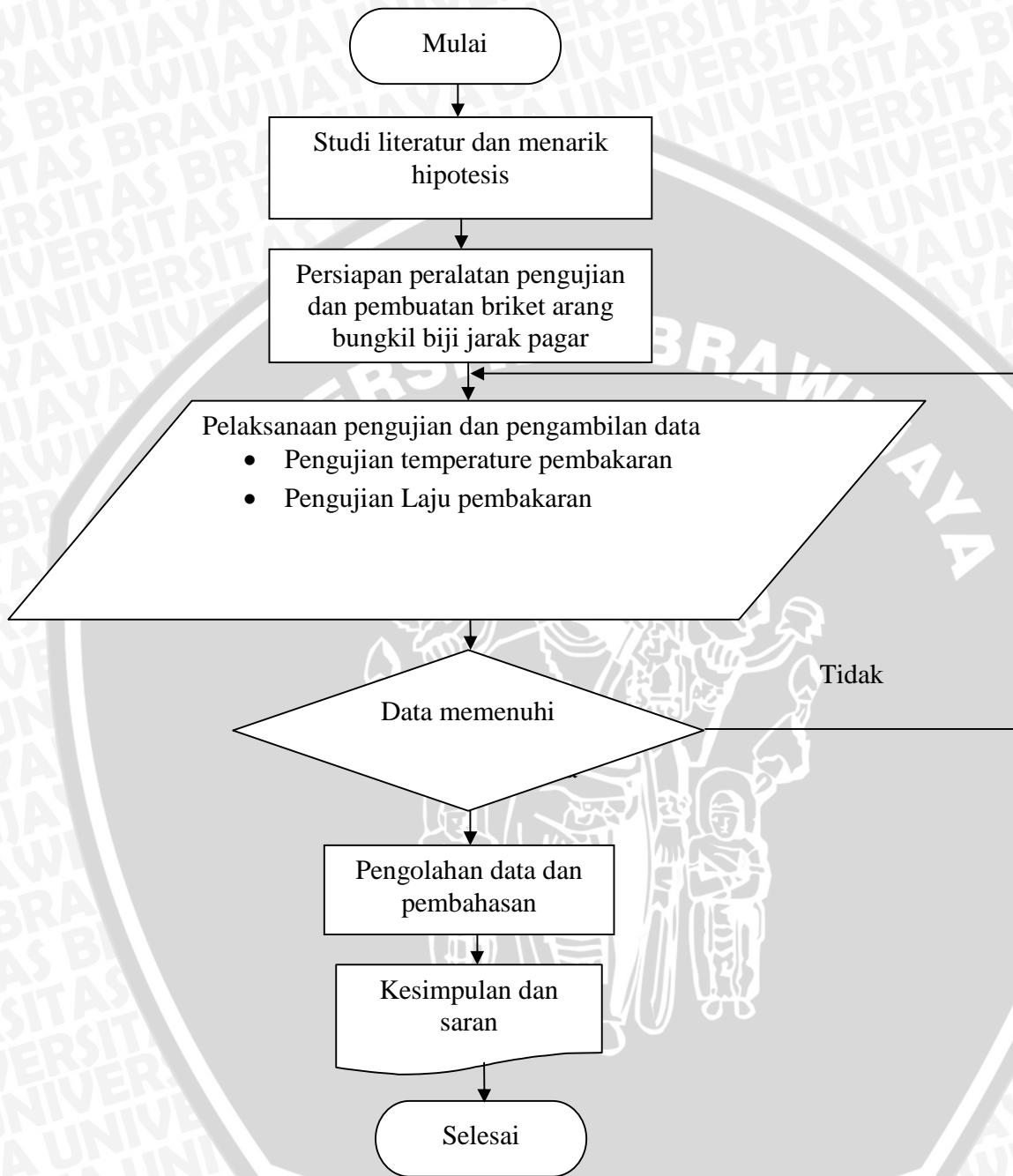
2. Kawat pembakar dipotong sepanjang 10 cm.
3. Ujung-ujung kawat dipasang berhubungan dengan spesimen dalam bom kalorimeter. Pemasangan kawat tidak boleh sampai menyentuh dinding kapsul.
4. Air sebanyak 2000 cc dimasukkan ke dalam tabung.
5. Bom kalorimeter yang telah terisi sampel ditutup rapat
6. *Oxygen Combustion Bomb* diisi dengan O_2 secara otomatis dengan tekanan kurang lebih 15-20 atm
7. *Oxygen Combustion Bomb* dimasukkan kedalam tabung yang telah terisi air 2000 cc.
8. Aliran listrik dihubungkan kedalam bom kalorimeter
9. Tabung (*bucket*) dimasukkan kedalam *jacket* kemudian ditutup.
10. Stirer dipasang dan dihubungkan dengan aliran listrik.
11. Suhu awal dicatat setelah temperature air pada *bucket* sama dengan temperatur pada *jacket*.
12. Setelah suhu awal dicatat, kemudian ditekan tombol pembakaran
13. Suhu akhir dicatat setelah kenaikan temperatur *bucket* maksimal.
14. Aliran listrik dimatikan
15. Tutup *jacket* di buka dan bomkalori meter dikeluarkan.

Dengan mengetahui besar selisih antara suhu awal (T_o), suhu akhir (T_i) kemudian dikalikan dengan nilai kalor benzoid acid per 1° (2402,28 kal / gr), maka diketahui nilai kalor dari bahan yang diuji

Pengujian Kadar Abu

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan abu dari briket arang bungkil biji jarak pagar tanah. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur massa bahan bakar awal dan massa bahan bakar akhir (setelah dilakukan pembakaran sampai seluruh briket terbakar menjadi abu). Kemudian besarnya Kadar Abu dihitung berdasarkan persamaan (2 – 4)

3.9 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.10 Diagram Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Temperatur Udara Masuk (° C)	Waktu Pembakaran (menit)		
	Kadar Perekat		
	2 %	4 %	6 %
30	92,08	91,24	94,16
	89,36	92,06	91,08
40	81,56	86,8	88,28
	79,44	85,6	86,50
50	78,24	80,4	81,04
	78,02	80,4	82,82
60	71,42	77,08	79,74
	73,50	80,02	81,56
70	69,4	72,24	77,51
	69,2	74,18	76,33

- Laju pembakaran

Laju pembakaran dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\text{Laju Pembakaran} = \frac{\text{Massa}_{bb \text{ awal}} - \text{Massa}_{bb \text{ akhir}}}{\text{Waktu Pembakaran}}$$

Berikut contoh perhitungan laju pembakaran pada temperatur udara masuk 30°C dengan variasi persentase kadar perekat 2%.

Massa awal bahan bakar : 50 gram

Massa akhir bahan bakar : 0 gram

Waktu Pembakaran : 92 menit 5 detik

$$\begin{aligned} \text{Maka Laju pembakaran} &= \frac{50}{92,08} \\ &= 0.543 \text{ gram /menit} \end{aligned}$$

Setelah itu dari hasil perhitungan laju pembakaran dimasukkan kedalam tabel 4.1

4.2 Data Hasil Perhitungan dan Hasil Pengujian

Data hasil penelitian pengaruh temperatur udara masuk pada karakteristik pembakaran briket bungkil biji jarak pagar dengan persentase kadar perekat. Diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data hasil perhitungan laju pembakaran briket bungkil biji jarak pagar



Temperatur Udara Masuk (° C)	Laju pembakaran (g / menit)		
	Kadar Perekat		
	2 %	4 %	6 %
30	0,543	0,548	0,531
	0,557	0,512	0,549
40	0,613	0,576	0,562
	0,627	0,584	0,578
50	0,639	0,62	0,617
	0,641	0,62	0,603
60	0,70	0,642	0,627
	0,68	0,618	0,613
70	0,716	0,695	0,645
	0,744	0,665	0,655

Tabel 4.2 Data hasil pengujian temperatur pembakaran briket bungkil biji jarak pagar

Temperatur Udara Masuk (° C)	Temperatur Pembakaran (° C)		
	Kadar Perekat		
	2 %	4 %	6 %
30	449	433	406
	451	437	404
40	474	443	411
	472	445	409
50	478	456	415
	482	458	415
60	489	459	416
	487	459	418
70	498	464	434
	496	466	432

Perhitungan Kadar Abu dan pengujian nilai kalor

Kadar abu dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{Berat residu}}{\text{Berat sampel bahan bakar}} \times 100\%$$

Berikut contoh perhitungan kadar abu :

Berat Residu : 3,69 gram

Berat Sampel Bahan bakar : 50 gram

$$\begin{aligned} \text{Kadar Abu} &= \frac{3,69}{50} \times 100 \% \\ &= 7,38 \% \end{aligned}$$

Setelah itu data hasil perhitungan kadar abu dimasukkan dalam tabel 4.3

Tabel 4.3 Data hasil perhitungan kadar abu rata – rata dan nilai kalor rata – rata briket bungkil biji jarak pagar

Kadar Perekat	Kadar Abu (%)	Nilai kalor (kal / gr)
2 %	7.38	4642.995
4 %	6.72	4562.426
6 %	5.986	4515.315

4.3 Analis Statistik

Contoh analisa statistik untuk mengetahui pangaruh temperatur udara masuk dan persentase kadar tapioka terhadap karakteristik pembakaran briket bungkil biji jarak pagar :

Pada Pengujian ini menggunakan variasi temperatur udara masuk sehingga didapatkan data pengujian karakteristik Pembakaran Briket bungkil biji jarak pagar sebagaimana terlihat pada tabel 4.1. Data yang diperoleh kemudian dilakukan analisi statistik yaitu analisa varian untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh temperatur udara masuk dan persentase kadar tapioka terhadap laju pembakaran briket bungkil biji jarak pagar.

Analisis statistik karakteristik pembakaran diambil salah satu contoh pada laju pembakaran dengan temperatur udara masuk 30°C, kadar tapioka 2% sebagai berikut :

- Data rata-rata

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{\sum x}{n} \\ &= \frac{1,1}{2} \\ &= 0,55 \end{aligned}$$

- Standar Deviasi

$$\begin{aligned}\delta &= \sqrt{\frac{\sum |x - \bar{x}|^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,007}{2-1}} \\ &= 0,083\end{aligned}$$

- Standar Deviasi Rata-Rata

$$\begin{aligned}\bar{\delta} &= \frac{\delta}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{0,083}{\sqrt{2}} \\ &= 0,059\end{aligned}$$

- $$\begin{aligned}KR (\%) &= \frac{\mu}{\bar{x}} \times 100\% \\ &= \frac{0,083}{0,55} \times 100\% \\ &= 0,15\% < 5\%\end{aligned}$$

Karena nilai KR kurang dari 5 %, maka jumlah pengulangan dalam penelitian memenuhi.

4.3.2 Analisis Varian

Hasil pengolahan data pengujian pengaruh temperatur udara masuk terhadap karakteristik pembakaran briket bungkil biji jarak pagar dengan variasi persentase kadar perekat kemudian dilakukan analisis statistik dengan menggunakan analisis varian dua arah. Dengan analisa varian dua arah akan diketahui ada tidaknya pengaruh persentase temperatur udara masuk, persentase kadar perekat dan interaksi keduanya terhadap karakteristik pembakaran briket bungkil biji jarak pagar. Hipotesis yang digunakan dalam analisis statistik ini adalah:

- I. $H_0^1: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_i$ (tidak ada pengaruh variasi temperatur udara masuk terhadap karakteristik pembakaran)
- H_1^1 : paling sedikit satu $\mu_i \neq 0$ (ada pengaruh variasi temperatur udara masuk terhadap karakteristik pembakaran)

- II. $H_0^2: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_j$ (tidak ada pengaruh variasi persentase kadar perekat terhadap karakteristik pembakaran)
 H_1^2 : paling sedikit satu $\mu_j \neq 0$ (ada pengaruh persentase kadar perekat terhadap karakteristik pembakaran)
- III. $H_0^3: (\mu)_{11} = (\mu)_{12} = \dots = (\mu)_{ij}$ (tidak ada pengaruh variasi temperatur udara masuk dan persentase kadar perekat terhadap karakteristik pembakaran)
 H_1^3 : paling sedikit satu $(\mu)_{ij} \neq 0$ (ada pengaruh variasi temperatur udara masuk dan persentase kadar perekat terhadap karakteristik pembakaran)

4.3.2.1 Analisis Varian Laju pembakaran

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh Temperatur udara masuk, persentase kadar perekat dan interaksi keduanya terhadap laju pembakaran briket bungkil biji jarak pagar.

Tabel 4.4 Laju pembakaran

Variabel		Persentase Kadar Perekat (%)			Σ	
		2	4	6		
Temperatur Udara Masuk (°C)	30	0,543	0,548	0,531	3.24	
		0,557	0,512	0,549		
	40	0,613	0,576	0,562	3.54	
		0,627	0,584	0,578		
	50	0,639	0,62	0,617	3.738	
		0,641	0,62	0,603		
	60	0,70	0,642	0,627	3.88	
		0,68	0,618	0,613		
	70	0,716	0,695	0,645	4.12	
		0,744	0,665	0,655		
	Σ		6,46	6.08	5.978	18,518

Dengan menggunakan perhitungan statistik diperoleh data sebagai berikut :

- Faktor koreksi (FK) :

$$FK = \frac{\left[\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \right]^2}{rcn}$$

$$= \frac{18,518^2}{5 \times 3 \times 2} = 11,43054$$

- Jumlah Kuadrat Total (JKT) :

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \text{FK} \\ &= [(0,543)^2 + (0,557)^2 + \dots + (0,66)^2] - 11,43054 \\ &= 11,52376 - 11,43054 \\ &= 0,09322 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat pengaruh A (JKA) :

$$\begin{aligned} \text{JKA} &= \frac{\sum_{i=1}^r T_{i\dots}^2}{cn} - \text{FK} \\ &= \frac{\{3,24^2 + (3,54)^2 + (3,738)^2 + (3,88)^2 + (4,12)^2\}}{3 \times 2} - 11,43064 \\ &= 11,50511 - 11,43064 \\ &= 0,074563 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat pengaruh B (JKB) :

$$\begin{aligned} \text{JKB} &= \frac{\sum_{j=1}^c T_{j\dots}^2}{rn} - \text{FK} \\ &= \frac{\{(6,46)^2 + (6,08)^2 + (5,978)^2\}}{5 \times 2} - 11,43064 \\ &= 11,44345 - 11,43064 \\ &= 0,0129 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP) :

$$\begin{aligned} \text{JKP} &= \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c T_{ij}^2}{n} - \text{FK} \\ &= \frac{\{(1,1)^2 + 1,24^2 + (1,28)^2 + \dots + (1,3)^2\}}{2} - 11,43064 \\ &= 11,52156 - 11,43064 \\ &= 0,091018 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat pengaruh interaksi A dan B (JKAB) :

$$\begin{aligned} \text{JKAB} &= \text{JKP} - \text{JKA} - \text{JKB} \\ &= 0,091018 - 0,074563 - 0,0129 \\ &= 0,00355 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Galat (JKG) :

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKA} - \text{JKB} - \text{JKAB} \\ &= 0,09322 - 0,074563 - 0,0129 - 0,00355 \\ &= 0,002202 \end{aligned}$$

- Nilai varian dari masing-masing perlakuan sebagai berikut :

$$1. S_A^2 = \frac{\text{JKA}}{r-1} = \frac{0,074563}{5-1} = 0,0186$$

$$2. S_B^2 = \frac{\text{JKB}}{c-1} = \frac{0,0129}{3-1} = 0,006$$

$$3. S_{AB}^2 = \frac{\text{JKAB}}{(r-1)(c-1)} = \frac{0,00355}{(5-1)(3-1)} = 0,00044$$

$$4. S^2 = \frac{\text{JKG}}{r c (n-1)} = \frac{0,002202}{5 \times 3 (2-1)} = 0,00014$$

- Nilai F hitung dari masing-masing sumber keragaman sebagai berikut:

1. Untuk faktor A :

$$F_{A \text{ hitung}} = \frac{S_A^2}{S^2} = \frac{0,0186}{0,00014} = 126,98$$

2. Untuk faktor B :

$$F_{B \text{ hitung}} = \frac{S_B^2}{S^2} = \frac{0,006}{0,00014} = 43,951$$

3. Untuk faktor AB :

$$F_{AB \text{ hitung}} = \frac{S_{AB}^2}{S^2} = \frac{0,00044}{0,00014} = 3,023$$

Dari perhitungan statistik didapatkan tabel 4.5

Tabel 4.5 Analisa varian dua arah untuk laju pembakaran briket bungkil biji jarak pagar

Sumber keragaman	JK	db	KT	Fhitung	Ftabel
Temperatur Udara Masuk (faktor A)	0.0746	4	0.0186	126.98	3.06
Persentase Perekat (faktor B)	0.0129	2	0.0065	43.95	3.68
Interaksi faktor A dan B	0.0036	8	0.0004	3.02	2.64
Galat	0.0022	15	0.0001		
Total	0.0932	29			

Dari tabel 4.5 diatas, dapat diperoleh kesimpulan:

- I. $F_A \text{ hitung} > F_A \text{ tabel}$ maka H_0^1 ditolak dan H_1^1 diterima, ini berarti bahwa temperatur udara masuk berpengaruh terhadap laju pembakaran briket bungkil biji jarak pagar.
- II. $F_B \text{ hitung} > F_B \text{ tabel}$ maka H_0^2 ditolak dan H_1^2 diterima, ini berarti bahwa variasi persentase kadar perekat berpengaruh terhadap laju pembakaran briket bungkil biji jarak pagar.
- III. $F_{AB} \text{ hitung} > F_{AB} \text{ tabel}$ Maka H_1^3 diterima dan H_0^3 ditolak, ini berarti bahwa interaksi antara variasi temperatur udara masuk dan persentase kadar perekat berpengaruh secara nyata terhadap laju pembakaran briket bungkil biji jarak pagar.

Dari kesimpulan diatas terlihat bahwa variasi temperatur udara masuk, persentase kadar perekat mempunyai pengaruh yang nyata terhadap laju pembakaran dengan tingkat keyakinan 95%.

4.3.2.2 Analisis Varian Temperatur pembakaran briket bungkil biji jarak pagar.

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur udara masuk dan persentase kadar perekat terhadap temperatur pembakaran yang didapatkan dari pembakaran briket bungkil biji jarak pagar.

Tabel 4.6 Analisa varian dua arah untuk temperatur pembakaran briket

Sumber keragaman	JK	db	KT	Fhitung	Ftabel
Temperatur Udara Masuk (faktor A)	4171.47	4	1042.87	411.66	3.06
Persentase Perekat (faktor B)	19153.07	2	9576.53	3780.21	3.68
Interaksi faktor A dan B	462.93	8	57.87	22.84	2.64
Galat	38.00	15	2.53		
Total	23825.47	29			

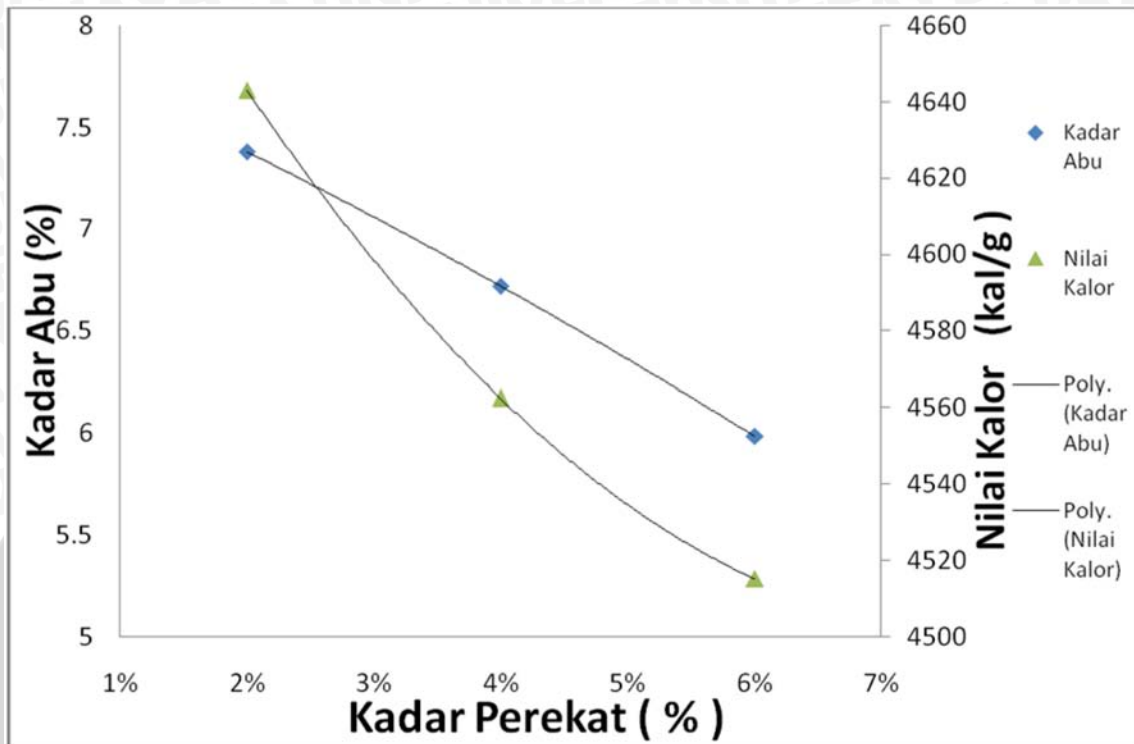
Dari tabel 4.5 diatas, dapat diperoleh kesimpulan:

- I. $F_A \text{ hitung} > F_A \text{ tabel}$ maka H_0^1 ditolak dan H_1^1 diterima, ini berarti bahwa variasi temperatur udara masuk berpengaruh terhadap temperatur pembakaran hasil pembakaran briket bungkil biji jarak pagar
- II. $F_B \text{ hitung} > F_B \text{ tabel}$ maka H_0^2 ditolak dan H_1^2 diterima, ini berarti bahwa variasi persentase kadar perekat berpengaruh terhadap temperatur pembakaran hasil pembakaran briket bungkil biji jarak pagar.
- III. $F_{AB} \text{ hitung} > F_{AB} \text{ tabel}$ Maka H_0^3 ditolak dan H_1^3 diterima, ini berarti bahwa interaksi antara temperatur udara masuk dan persentase kadar perekat berpengaruh terhadap temperatur pembakaran hasil pembakaran briket bungkil biji jarak pagar.

Dari kesimpulan diatas terlihat bahwa variasi temperatur udara masuk dan persentase kadar perekat mempunyai pengaruh yang nyata terhadap temperatur pembakaran dengan tingkat keyakinan 95%

4.4 Pembahasan

4.4.1 Grafik hubungan persentase perekat terhadap kadar abu nilai kalor briket bungkil biji jarak pagar



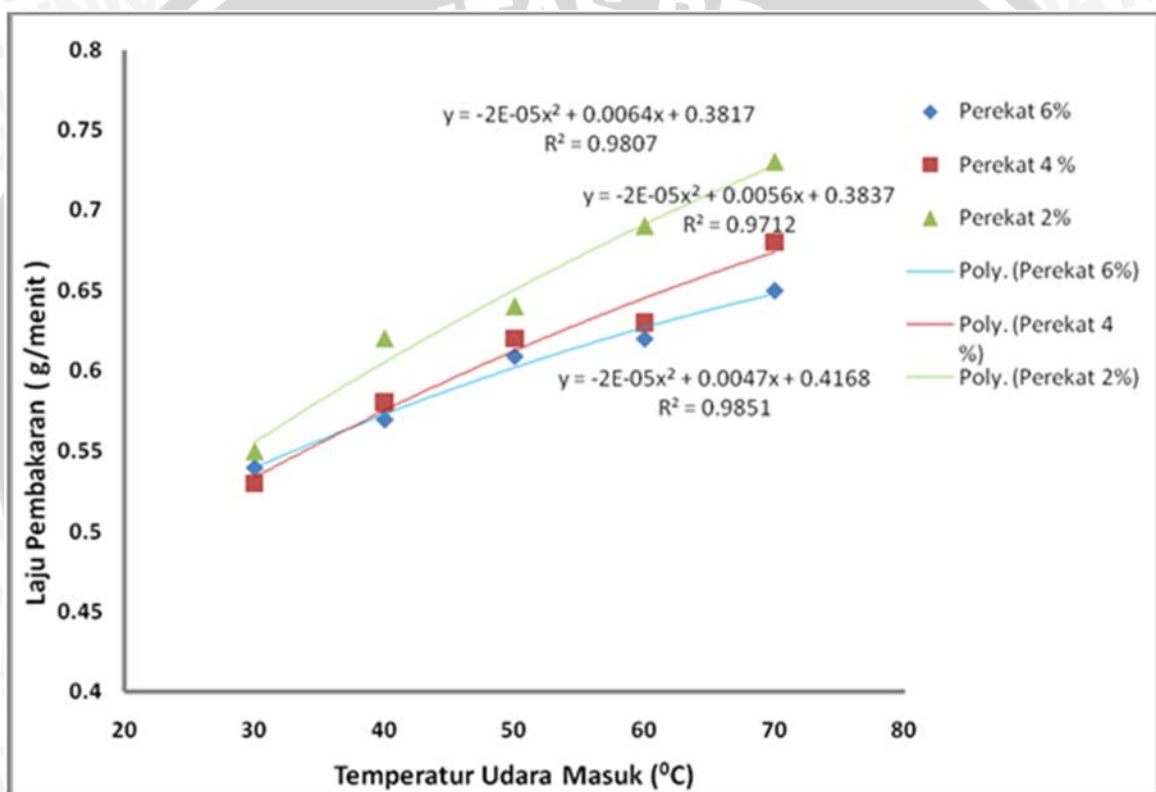
Gambar 4.1 Grafik hubungan persentase perekat terhadap kadar abu briket bungkil biji jarak pagar

Pada gambar 4.1 menunjukkan grafik hubungan kadar tapioka terhadap kadar abu briket bungkil biji jarak pagar dengan variasi persentase kadar tapioka 2%, 4% dan 6%. Kadar abu terendah diperoleh pada grafik persentase kadar perekat 6 % sebesar 5,98 % dan kadar abu tertinggi diperoleh pada grafik variasi persentase kadar perekat 2 % sebesar 7,38%. Pada grafik variasi persentase perekat 6 %, diperoleh kadar abu yang relatif rendah. Hal ini disebabkan perekat tepung tapioka memiliki kadar abu yang rendah. Sehingga seiring dengan penambahan persentase kadar perekat, akan menurunkan kadar abu yang terkandung pada pembakaran briket.

Pada gambar 4.1 terlihat adanya kecenderungan penurunan nilai kalor seiring bertambahnya persentase perekat pada briket. Pada pengujian nilai kalor ini didapatkan nilai kalor tertinggi pada persentase perekat 2% yaitu sebesar 4642,995 kalori/gram dan nilai kalor terendah pada persentase perekat 6 % yaitu sebesar 4515,315 kalori/gram. Hal ini disebabkan karena nilai kalor perekat yang berupa tepung tapioka lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai kalor dari bungkil biji jarak pagar sehingga semakin

sedikit persentase dari perekat maka akan menghasilkan nilai kalor yang semakin tinggi pula. Hasil dari pengujian nilai kalor dari perekat yang berupa tepung tapioka sebesar 3515.64 kalori/gram sedangkan nilai kalor dari bungkil biji jarak pagar sebesar 4668,85 kalori/gram. Adanya perbedaan nilai kalor dari bungkil biji jarak pagar dan perekat yang cukup besar ini menyebabkan penurunan nilai kalor dari briket dengan semakin bertambahnya persentase bahan perekat.

4.4.2 Grafik hubungan Temperatur udara masuk terhadap laju pembakaran briket bungkil biji jarak pagar

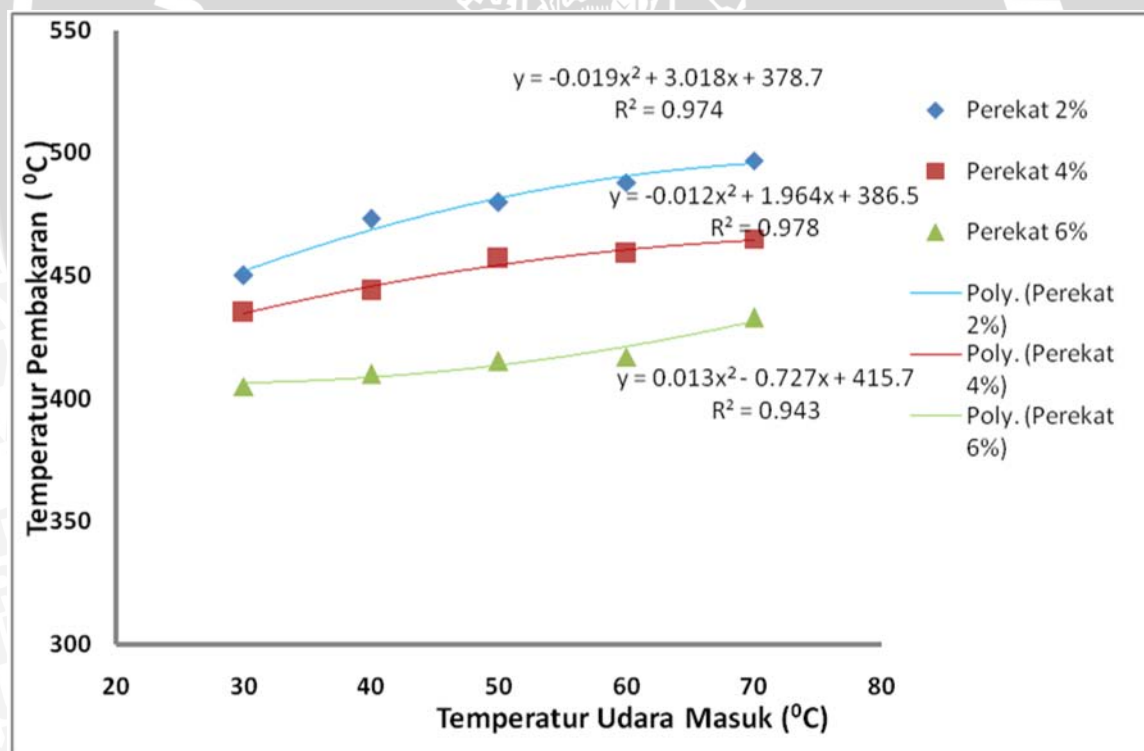


Grafik 4.2 Gambar hubungan Temperatur udara masuk terhadap laju pembakaran briket bungkil biji jarak pagar dengan variasi persentase kadar perekat

Gambar 4.2 menunjukkan grafik hubungan antara temperatur udara masuk dan laju pembakaran briket bungkil biji jarak pagar dengan variasi persentase kadar perekat 2%, 4% dan 6%. Laju pembakaran tertinggi diperoleh pada grafik variasi persentase kadar perekat 2% pada temperatur udara masuk 70 °C sebesar 0,73 g/menit. Hal ini dikarenakan dengan semakin tingginya temperatur udara masuk akan meningkatkan energi aktivasi dalam pembakaran briket. Meningkatnya energi aktivasi ini akan menyebabkan pemutusan ikatan kimia menjadi lebih mudah, sehingga reaksi

pembakaran yang terjadi menjadi semakin cepat. Pada grafik persentase kadar perekat 6% diperoleh laju pembakaran yang rendah yaitu antara 0,54 – 0,65 g/menit. Hal ini disebabkan kerapatan antara partikel briket akan meningkat. Dengan semakin rapatnya partikel briket, akan mengecilkan rongga - rongga briket yang mengakibatkan distribusi udara pembakaran dalam briket akan menurun. Sehingga waktu pembakaran yang diperlukan menjadi semakin lama. Pada grafik di atas, terjadi penyimpangan dimana laju pembakaran pada variasi temperatur udara 30°C dan persentase perekat 6% lebih tinggi daripada variasi persentase perekat 4%. Hal ini bisa disebabkan karena masih terdapatnya kadar air terikat pada perekat. Seperti yang kita ketahui, kandungan pati pada perekat tapioca memiliki sifat untuk mengikat air. Sehingga dimungkinkan pada saat proses pengeringan briket, masih terdapat air terikat yang tersisa pada briket.

4.4.3 Grafik hubungan temperatur udara masuk dengan temperatur pembakaran briket bungkil biji jarak pagar.



Gambar 4.2 Grafik hubungan temperatur udara masuk dengan temperatur pembakaran briket bungkil biji jarak pagar dengan variasi persentase kadar perekat

Gambar 4.2 menunjukkan hubungan temperatur udara masuk dengan temperatur pembakaran briket bungkil biji jarak pagar dengan variasi persentase kadar perekat 2%, 4% dan 6%. Pada grafik persentase kadar perekat 2%, diperoleh temperatur pembakaran tertinggi pada temperatur udara masuk 70°C yaitu 497°C dan temperatur

pembakaran terendah diperoleh pada grafik persentase kadar perekat 2 % dengan temperatur udara masuk 30°C yaitu 405°C . Pada variasi persentase kadar perekat 2 %, diperoleh temperatur pembakaran tertinggi yaitu antara $450 - 497^{\circ}\text{C}$. Hal ini disebabkan dengan semakin tinggi persentase kadar perekat yang ditambahkan pada briket, akan menurunkan nilai kalor. Pada persentase kadar perekat 2%, nilai kalor yang terdapat pada briket relatif lebih tinggi daripada penambahan persentase kadar perekat 4% dan 6%, Sehingga ketika briket dibakar, akan menghasilkan temperatur pembakaran yang tinggi pula. Temperatur pembakaran tertinggi diperoleh pada temperatur udara masuk 70°C dan variasi persentase kadar perekat 2 % dikarenakan peningkatan temperatur udara masuk menyebabkan suhu ruang bakar menjadi tinggi. Suhu yang tinggi ditambah dengan nilai kalor yang tinggi akan menyebabkan temperatur pembakaran menjadi maksimal.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari grafik dan analisa terhadap grafik hasil penelitian, maka kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah, semakin tinggi temperatur udara akan meningkatkan karakteristik pembakaran. Yaitu dengan meningkatnya laju pembakaran dan semakin tingginya temperatur pembakaran sedangkan dengan semakin banyaknya persentase perekat yang ditambahkan, akan mempengaruhi karakteristik pembakaran. Yaitu meningkatkan laju pembakaran dan mengurangi temperatur pembakaran yang dihasilkan.

Pada variasi temperatur udara masuk dan persentase kadar perekat 2 % diperoleh kecepatan pembakaran 0,744 gr/menit, temperatur pembakaran 497°C dan kadar abu < 8 %, yaitu 7,74 %.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian untuk variasi temperatur udara masuk dengan temperatur yang lebih tinggi untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik pembakaran briket bungkil biji jarak pagar.
2. Perlu dilakukan penelitian untuk pemanfaatan sisa panas pembakaran briket, agar tetap bisa meningkatkan karakteristik pembakaran briket tanpa mengalami kerugian energi pada instalasi penelitian.
3. Bungkil Biji Jarak Pagar merupakan limbah dari minyak jarak pagar hendaknya dapat dimanfaatkan untuk pembuatan briket sehingga meningkatkan nilai tambah untuk tanaman jarak pagar dan menambah penghasilan bagi para petani jarak pagar..

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K., A . K . Irwanto, N. Siregar; 1991: *Energi dan Listrik Pertanian*; IPB, Bogor.
- Adnan, I.U; 1998: *Membuat Briket Bioarang*; Kanisius, Yogyakarta.
- Achmad, Zubir Ula;2000: *Briket Arang* , P2B2, Bogor.
- Anderson, P. dan Reed, T. 2004: *Biomass Gasification: Clean Residential Stoves, Comercial Power Generation, and Global Impact*; LAMNET Project International workshop on "Bioenergy for a Sustainable Development," 8-10 Nov 2004; Vina del Mar, Chile.
- Annurada, Ganesh; 2006: *Biomass Resource Characterisation And Technologies*; Energy System Engineering, Bombay.
- BB-Pascapanen; 2009: *Teknologi Pemanfaatan Biji Jarak Pagar*; Departemen Pertanian.
- Bhattacharya, S.C; 1990: *A Study On Improved Biomass Briquetting*; Energy Progam School Of Environment Asian Institute Of Technology, Bombay.
- Belbo, Helmer; 2006: *Technical Specification For Solid Biofuls*, Swedia.
- Borman, Gary L. & Ragland, Kenneth W; 1998: *Combustion engineering*; McGraw-Hill, Singapore.
- Cengel, Yunus A. dan Michael A. Boles; 2002: *Thermodynamics An Engineering Approach; Fourth Edition*; Mc Graw-Hill Higher Education, New York.
- Glassman, Irvin; 1987: *Combustion*; Academic Press INC, London.
- Hambali, E, S. Mujdalifah, G. Sulistiyanto dan T. Lesmana; 2006: *Diversifikasi Produk olahan Jarak Pagar dan Kaitannya dengan Corporate Social Responsibility (CSR) Perusahaan Swasta di Indonesia*; Eka Tjipta Foundation, www.mediaindo.co.net.
- Hudaya, K. dan K. M. Winarto. 1981. *Fisika Umum*; Armico, Bandung
- Husada, Teguh Ibnu; 2009: *Pengaruh Aliran Massa Udara Terhadap Karakteristik Pembakaran Arang Briket Tongkol Jagung*; Fakultas Teknik; UNS,
- Kadir, Abdul; 1996: *Energi: Sumberdaya, Inovasi, Tenaga Listrik, Potensi Ekonomi*; Universitas Indonesia, Jakarta.
- Kirana, M;1995: *Pengaruh Tekanan Pengempaan dan Jenis Perekat Dalam Pembuatan Briket Arang Dari Tempurung Kelapa Sawit*;IPB, Bogor.

- Kuo, Keneth K; 1996: *Principle Of Combustion*; Jon Wiley & Sons, Inc, New York.
- Kratzeisen dan Muller; 2009: *Energy from Seed Shells of Jatropha Curcas*; Universitas Hohenheim, Jerman
- Kurniawan Oswan., Marsono; 2008: *Superkarbon Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah dan Gas*; Penebar Swadaya, Depok.
- Mahajoeno; 2005: *Pemanfaatan Serbuk Gergaji Limbah Industri Sebagai Kompos*; Buletin Penelitian Hasil Hutan 14
- Mirmanto; 2009: *Pengaruh Variasi Campuran Perekat Kanji Terhadap Nilai Kalor Briket Bungkil Biji Jarak Pagar*; Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Özbayo lu ,Gulhan; 2003: *Briquetting Of Iran-Angouran Smithsonite fines*;Departemen of Mining Engineering, Turkey.
- Reed, T. B. and Larson, R; 1996: *A wood-Gas Stove for Developing Countries*; in Developments in Thermochemical Biomass Conversion Conference, Canada.
- Shvet, Ivan; 1966: *Thermal Engineering*; Peace Publisher, Moscow.
- Soedjoko dan Wardoyo; 1987: *Teknik Pembakaran Briket Batubara Tanpa Karbonasi*; Buletin Pusat Pengembangan Teknologi dan Mineral.vol.15 nomor 11.
- Strehlow, R. A; 1984: *Combustion Fundamentals*; Mc Graw-Hill Higher Education, New York.
- Sukandarrumidi; 1995: *Batubara dan Gambul*; Gajah Mada University, Yogyakarta.
- Surdia, Tata; *Teknik Pengecoran Logam*; Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Wardana, I Nyoman Gede; 2003: *Bahan Bakar & Teknik Pembakaran*; PT. Danar Wijaya-Brawijaya University Press, Malang.
- Wicaksono, Satrio; 2010 : *Pengaruh Kadar Tapioka Terhadap Karakteristik Pembakaran Briket Kulit Kacang Tanah*; Universitas Brawijaya, Malang
- Wijayanti, Widya; 2003: *Bahan bakar dan Teknik Pembakaran*; Universitas Brawijaya, Malang.
- Esdm; 2009; *Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005 – 2025*.
www.esdm.go.id/publikasi/lainlain/doc_download/714-blue-print-pengelolaan-energi-nasional-pen.html, diakses tanggal 2 Agustus 2010.
- <http://www.litbang.co.id>; *Biomassa Sebagai Energi Alternatif* di akses pada Juli 2010

Lampiran 1

Data hasil Pengujian karakteristik Pembakaran briket bungkil biji jarak pagar

Data hasil perhitungan laju pembakaran briket bungkil biji jarak pagar

Temperatur Udara Masuk (° C)	Laju pembakaran (g / menit)		
	Persentase Perekat		
	2 %	4%	6%
30	0,543	0,548	0,531
	0,557	0,512	0,549
40	0,613	0,576	0,562
	0,627	0,584	0,578
50	0,639	0,62	0,617
	0,641	0,62	0,603
60	0,70	0,642	0,627
	0,68	0,618	0,613
70	0,716	0,695	0,645
	0,744	0,665	0,655

Data Hasil pengujian temperatur pembakaran briket bungkil biji jarak pagar

Temperatur Udara Masuk (° C)	Temperatur Pembakaran (° C)		
	Persentase Perekat		
	2 %	4 %	6 %
30	449	433	406
	451	437	404
40	474	443	411
	472	445	409
50	478	456	415
	482	458	415
60	489	459	416
	487	459	418
70	498	464	434
	496	466	432

Data hasil perhitungan kadar abu dan nilai kalor rata - rata briket bungkil biji jarak pagar

Persentase Perekat	Kadar Abu (%)	Nilai kalor (kal / gr)
2 %	7.38	4642.995
4 %	6.72	4562.426
6 %	5.986	4515.315

Data hasil pengujian permeabilitas briket bungkil biji jarak pagar

Data Pengujian	Persentase Perekat		
	2 %	4 %	6 %
Permeabilitas (ml / cm ²)	40,2	23,7	4,8

Data hasil pengujian kekuatan tekan briket bungkil biji jarak pagar

Data Pengujian	Kekuatan Tekan (kgf / cm ²)		
	Persentase perekat (%)		
	2 %	4 %	6 %
Pengulangan 1	13.23518	15.05177	19.72301
Pengulangan 2	14.27323	14.79225	17.12787
	13.7542	14.92201	18.42544

Lampiran 2

Standar Briket

No	Parameter Uji	Persyaratan
1	Kadar Air	< 20 %
2	Kadar Abu	14 – 20 %
3	Zat Terbang	Sesuai Dengan Bahannya
4	Nilai Kalor	➤ 4000 kal/gram
5	Kadar Sulfur	< 1 %

Sumber : Surat keputusan direktur jendral pertambangan umum, 1993



Lampiran 3

Foto – foto Hasil Penelitian



Foto Pengepresan Briket



Foto Hasil Briket



Foto Hasil Pengujian Kekuatan Tekan



Foto Pengujian Kadar Abu





Foto Pengujian Nilai kalor



Foto Perekat tapioka



Foto Instalasi Penelitian

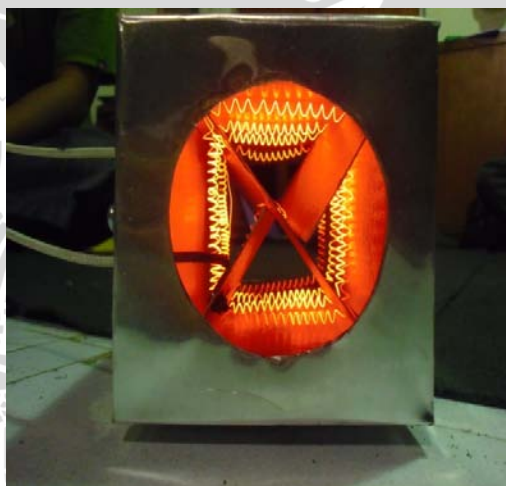


Foto Alat Pemanas



Foto Pengujian Temperatur pembakaran

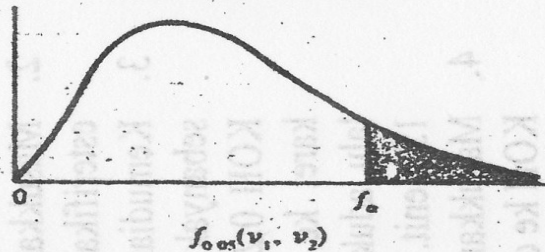


Foto Pembakaran Briket

Lampiran 4

Tabel F

TABEL A.7
Nilai Kritik Sebaran F



v_2	v_1								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88

*Direproduksi dari Tabel 18 *Biometrika Tables for Statisticians*, Vol. I, dengan izin dari E. S. Pearson dan Biometrika Trustees.

