

**PENGARUH PENAMBAHAN RESIDU PADA BRIKET ARANG
TONGKOL JAGUNG TERHADAP NILAI KALOR**

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar sarjana teknik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun Oleh :

AGIB SUMINTO
NIM. 0210623004 - 62

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN MESIN
MALANG
2009**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH PENAMBAHAN RESIDU PADA BRIKET ARANG
TONGKOL JAGUNG TERHADAP NILAI KALOR**

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun oleh :

AGIB SUMINTO
NIM. 02106230004-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir Winarno Yahdhi Atmodjo, MT.
NIP. 131 280 655

Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc. CSE
NIP. 132 048 543

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PENAMBAHAN RESIDU PADA BRIKET ARANG
TONGKOL JAGUNG TERHADAP NILAI KALOR**

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

AGIB SUMINTO
NIM. 0210623004-62

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 03 Agustus 2009

Skripsi 1

Skripsi 2

Dr.Ir. Pratikto,MMT.
NIP. 130 928 864

Ir.Bardji Hadi Pranoto
NIP. 130 935 803

Komprehensif

Ir.Masduki,MM
NIP. 130 350 754

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST, MT,
NIP. 132 159 708

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat ALLAH S.W.T. atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul **“PENGARUH PENAMBAHAN RESIDU PADA BRIKET ARANG TONGKOL AGUNG TERHADAP NILAI KALOR”** dapat terselesaikan.

Penulis mengucapkan terima kasih pada semua pihak yang telah membantu dan mendukung tersusunnya skripsi ini hingga dapat terselesaikan dengan baik, terutama kepada :

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST, MT., selaku Ketua Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
2. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc. CSE., selaku Sekertaris Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya,serta selaku dosen pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktunya untuk saya dan banyak memberikan masukan dan bimbingan kepada saya.
3. Bapak, Ir. Marsoedi Wirohardjo, M. MT., selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Produksi Jurusan Mesin yang telah banyak memberikan bimbingan dan masukan dalam menyusun skripsi ini.
4. Bapak Ir. Winarno Yahdhi Atmodjo, MT selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu tercinta yang telah memberi dorongan material maupun spiritual.
6. Teman-teman angkatan 2002 yang secara langsung dan tidak langsung telah membantu dalam memberikan kritik dan saran untuk kelancaran penelitian maupun penulisan skripsi ini.
7. Semua pihak yang telah memberikan dorongan, semangat, serta do'a dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, karena itu kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan dalam kesempurnaan skripsi ini.

Malang,27juli 2009

Penuli

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2 Biomassa	4
2.2.1. Tongkol jagung	4
2.2.2. Arang.....	5
2.2.3. Arang Tongkol jagung	6
2.3. Metoda dan Pengolahan Pembuatan Briket Arang	6
2.3.1. Karbonisasi	7
2.3.2. Peralatan pembuatan arang tongkol jagung	9
2.4. Bahan pendukung (<i>binder</i>).....	9
2.4.1. <i>Residu</i>	10
2.4.2. <i>Lime</i>	10
2.4.3. Proses pembuatan <i>lime</i>	11
2.5. Proses pembuatan briket.....	11
2.5.1. Perlakuan Pada Briket.....	11
2.6. Kualitas Briket	13
2.7. Nilai Pembakaran (<i>Heating Value</i>).....	14
2.7.1.Klasifikasi proses pengepresan.....	16
2.8. Hipotesis.....	19

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian 20

3.2. Variabel Penelitian 20

 3.2.1. Variabel Bebas (*Independent Variable*) 20

 3.2.2. Variabel terikat 20

 3.2.3. Variabel Terkendali 20

3.3. Tempat dan Waktu Penelitian Pengambilan Data 21

3.4. Persiapan 21

 3.4.1. Bahan Penelitian 21

 3.4.2. Alat Yang Digunakan 21

 3.4.3. Bentuk dan ukuran cetakan (*die*) 24

3.5. Prosedur penelitian 24

3.6. Metoda Pengujian 25

3.7 Rancangan Penelitian 26

 3.7.1. Analisa Kecukupan Data 27

 3.7.2. Analisa Varian Satu Arah 29

3.8. Diagram Alir 32

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Pengujian 33

4.2. Pengolahan Data 33

 4.2.1. Analisa Statistik 34

 4.2.2. Analisis Varian Satu Arah 36

 4.2.2.1. Analisa Varian Satu Arah 36

4.3. Pembahasan 33

 4.3.1. Grafik hubungan antara residu dengan nilai kalor 38

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan 42

5.2. Saran 42

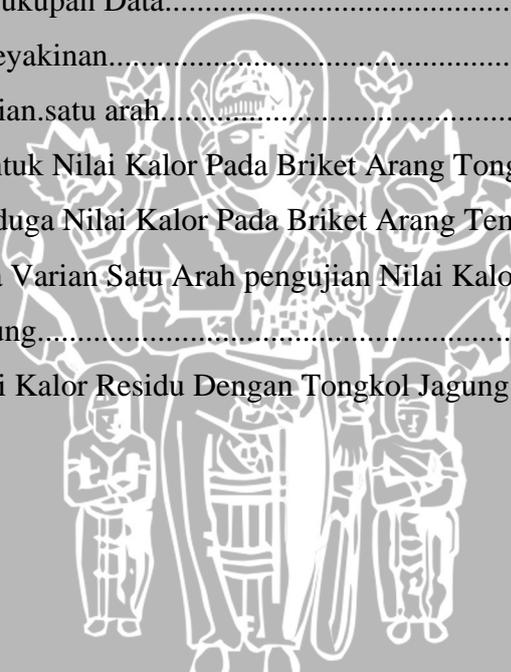
DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Komposisi Tongkol Jagung.....	5
Tabel 2.2	Perbandingan Produk Hasil Rata-rata Briket Arang Dengan Kayu.....	8
Tabel 2.3	Komposisi Arang Hasil Pirolisa Pada Beberapa Tingkat Temperatur..	13
Tabel 2.4	Sifat Fisik dan Kimia Briket Arang Komersial.....	14
Tabel 2.5	Nilai Kalor Beberapa Bahan Bakar.....	15
Tabel 2.6	Klasifikasi Dari Berbagai Mekanisme Penggerak Press Komersial.....	17
Tabel 3.1	Rancangan Penelitian Nilai Kalor Pada Briket Arang Tongkol Jagung.....	27
Tabel 3.2	Analisis Kecukupan Data.....	28
Tabel 3.3	Koefisien Keyakinan.....	29
Tabel 3.4	Analisis Varian.satu arah.....	31
Tabel 4.1	penelitian untuk Nilai Kalor Pada Briket Arang Tongkol Jagung.....	33
Tabel 4.2	Interval Penduga Nilai Kalor Pada Briket Arang Tempurung Kelapa..	36
Tabel 4.3	Data Analisa Varian Satu Arah pengujian Nilai Kalor briket arang tongkol jagung.....	38
Tabel 4.4	Analisa Nilai Kalor Residu Dengan Tongkol Jagung.....	40



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Diagram Alir Proses Pembuatan Briket Arang.....	7
Gambar 2.2	Skema Genahar Batu Bata.....	8
Gambar 2.3	Jenis-jenis Pengepresan.....	16
Gambar 3.1	Dimensi Spesimen.....	19
Gambar 3.2	bak plastik	22
Gambar 3.3	timbangan digital.....	22
Gambar 3.4	dongkrak hidrolis.....	22
Gambar 3.5	oven.....	23
Gambar 3.6	<i>adiabaticcalori</i> meter.....	23
Gambar 3.7	cetakan.....	24
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Antara Kandungan <i>Residu</i> Dengan Nilai Kalor...39	
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Antara <i>Residu</i> Dengan Nilai Kalor Rata-rata39	



Daftar Lampiran

1. Foto pembuatan spesimen
2. Foto Spesimen Briket Arang Tongkol Jagung
3. Briket
4. Penyalaan Briket Arang Tongkol Jagung
5. Foto Alat Yang Dipergunakan Untuk Membuat Briket
6. Gelas Ukur
7. Serbuk Arang Setelah di Hancurkan dan di Ayak
8. Timbangan digital
9. Alat untuk menghancurkan arang
10. Ayakan
11. Alat Press Hidrolik
12. Foto Instalasi Alat Pengujian Briket



RINGKASAN

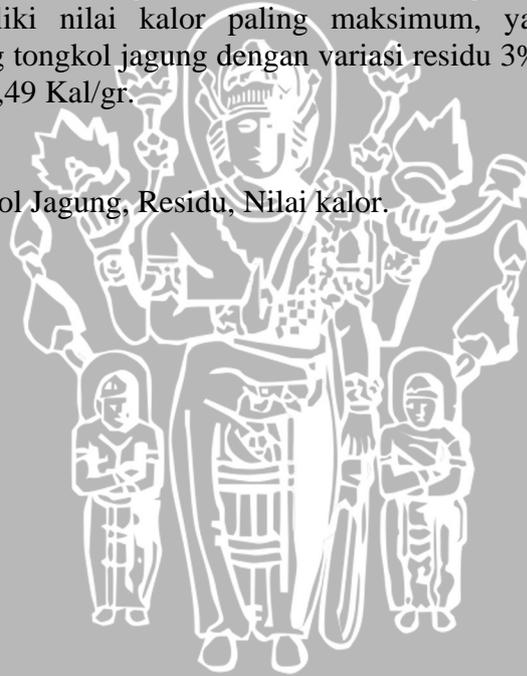
Agib Suminto, juni 2009. Program Studi Teknik Mesin S1, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, “**Pengaruh Penambahan Residu Pada Briket Arang Tongkol jagung Terhadap Nilai Kalor**”, Dosen Pembimbing : Ir. Winarno Yahdhi Atmodjo, MT., dan Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc. CSE.

Briket yang berasal dari biomassa sangat baik untuk di kembangkan di Indonesia tongkol jagung dapat dipilih sebagai bahan utama briket, Karena pemanfaatan tongkol jagung kurang maksimal. Sebelum di jadikan briket tongkol jagung di buat arang terlebih dahulu, Kemudian ditambahkan *residu* tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya pengaruh penambahan *residu* pada briket arang tongkol jagung terhadap nilai kalor.

Variasi yang digunakan adalah 3%, 6%, 9%, 12% dan 15% *residu*, briket dibuat dengan cara pencetakan kemudian dilakukan pengepresan spesimen di uji nilai kalornya dengan bom kalori meter.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa briket arang tongkol jagung dengan variasi residu 15% memiliki nilai kalor paling maksimum, yaitu 7366,99 Kal/gr. Sedangkan pada briket arang tongkol jagung dengan variasi residu 3% memiliki nilai kalor paling minimum, yaitu 6846,49 Kal/gr.

Kata Kunci : Briket, Tongkol Jagung, Residu, Nilai kalor.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam menghadapi krisis energi kalangan masyarakat banyak yang mencari energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak yang semakin menipis. Permintaan terhadap energi ini semakin meningkat seiring pergeseran orientasi dan ekonomi dari sektor pertanian ke industri. Dalam memenuhi kebutuhan energi telah banyak eksploitasi bahan bakar minyak secara besar-besaran tanpa memperhitungkan dampak yang akan terjadi dalam memenuhi kebutuhan energi dimasa mendatang. Pada saat ini Indonesia mulai menjadi negara pengimpor minyak padahal banyak sumber energi yang masih perlu dikembangkan selain bahan bakar minyak. Pemanfaatan energi terbaru seperti energi biomassa, energi angin dan energi matahari cenderung menjadi hal yang patut dipertimbangkan mulai sekarang.

Salah satu teknologi yang memungkinkan dapat merubah biomassa menjadi lebih praktis dan ekonomis yaitu briket (Panote wilaipon,2003). Teknologi ini memungkinkan untuk meningkatkan karakteristik bahan bakar biomassa. Yang terpenting pada briket adalah dapat mempengaruhi kualitas bahan bakar yang meliputi sifat fisik dan kimia. Karakteristik briket meliputi kepadatan, ukuran briket, kuat mampat, dan kandungan air, selain itu juga kandungan nilai kalornya. Tingginya kelembaban pada briket menyebabkan hasil pembakaran menjadi buruk, api yang seharusnya membakar briket berubah menjadi gas asap yang berlebihan sehingga nilai kalornya rendah (Felfi et,al 1998).

Dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Titis Priagung Stiono yang berjudul ” **Pengaruh Prosentase Tetes Tebu Sebagai Pengikat Pada Briket Atongkol jagung Terhadap Kekuatan Tekan Dan Nilai Kalor**”penulis akan membahas bila pada briket tersebut diperkaya atau ditambah dengan *residu* yang diharapkan akan menaikkan nilai kalor yang dihasilkan oleh briket tersebut.

Waktu dan temperatur selama pemanasan pada biomassa mempunyai efek yang besar terhadap briket yang dihasilkan sehingga dengan laju pemanasan yang sesuai maka akan memperbaiki kandungan energi dan mencegah penyerapan air selama penyimpanan (Suarez,J.A dan Beaton P.A 2005).

Penambahan minyak *residu* diperlukan untuk menjaga kestabilan kadar air bawaan arang tongkol jagung pasca proses. Tingginya kelembaban pada briket menyebabkan hasil pembakaran menjadi buruk, api yang seharusnya membakar briket berubah menjadi gas asap yang berlebihan sehingga nilai kalornya rendah (Felfi et,al 1998).

Salah satu energi biomassa adalah tongkol jagung yang mempunyai kandungan energinya relatif rendah dibanding sumber energi yang lain, akan tetapi keberadaannya melimpah. Ini dikarenakan di Indonesia terdapat perkebunan atau ladang jagung dalam jumlah banyak

Sehingga pemanfaatan tongkol jagung sebagai bahan bakar untuk energi perlu dipertimbangkan karena nilai kalornya yang cukup tinggi. Berdasarkan hal di atas maka penulis melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan *residu* dalam briket tongkol jagung dapat menaikkan nilai kalor yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat disusun rumusan permasalahan yaitu bagaimana pengaruh penambahan *residu* terhadap nilai kalor yang dihasilkan pada briket arang tongkol jagung.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya permasalahan yang dibahas, maka perlu diambil batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Hanya membahas proses briket arang tongkol jagung .
2. Penambahan *residu* dengan variasi berat sebesar 3% , 6% , 9% , 12% , 15% .
3. Tongkol Jagung di Giling dengan ukuran 0-5 mm.
4. Perekat (*Hydrarate lime*) 4%

1.4 Tujuan penelitian.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui besarnya pengaruh penambahan *residu* pada briket arang tongkol jagung terhadap nilai kalor yang dihasilkan.

1.5 Manfaat Penelitian.

Dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain untuk memberikan informasi dalam pengembangan bahan bakar alternatif yang berasal dari alam dan menurunkan kebutuhan bahan bakar minyak dalam memenuhi kebutuhan energi sehari-hari.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Panote Wilaipon (2002) dalam jurnalnya tentang “*The Effects Of Moderate Die Pressure on Maizena Cob Briquettes : A Case Study in Phitsanulok, Thailand*” telah melakukan penelitian tentang pembuatan briket dari tongkol maize (sejenis jagung) dengan variasi tekanan kurang dari 15 MPa. Setelah dilakukan proses pengepressan, briket dibiarkan pada suhu kamar selama 96 jam.

Briket penelitian Wilaipon menggunakan pengikat *molasses* dengan jumlah tetap sebesar 23 % dan tanpa melalui proses karbonisasi. Hasilnya diketahui briket mengalami relaksasi pada panjangnya sebesar 15%-18% dan mengalami penambahan volume sebesar 20%-28%.

2.2 Biomassa

Merupakan limbah atau bahan buangan yang berasal dari tanaman, biomassa berpotensi sebagai bahan bakar alternatif, biomassa mempunyai sejumlah zat karbon (arang) yang berguna sekali dalam pembakaran. Makin besar kandungan karbon per satuan beratnya makin baik fungsi bahan sebagai bahan bakar oleh Karena itu biomassa ini dapat dikembangkan pemanfaatannya sebagai salah satu sumber energi alternatif untuk bahan bakar.

Sebagai sumber energi biomassa memiliki beberapa keuntungan antara lain dapat diperbaharui, mudah didapat dan memiliki nilai kalor yang relatif tinggi yaitu kurang lebih 4110 Cal/gr serta harganya yang lebih murah dibandingkan bahan bakar lain (Anonymous,1998).

2.2.1 Tongkol jagung

Merupakan salah satu material dari biomassa yang dapat diproses lebih lanjut menjadi energi alternatif, tongkol jagung memiliki nilai kalor yang tinggi yaitu sekitar 4110 Cal/gr. jumlah jagung yang diproduksi selama setahun adalah 1.25 juta ton dengan demikian maka ketersediaan jumlah energi dalam tongkol jagung sebanyak 5.125 triliun kkal selama setahun.(Kadir.A, 1996)

Namun bila tongkol jagung tersebut diproses dengan inovasi teknologi pengolahan lebih lanjut, diantaranya dengan diubah bentuknya menjadi briket arang maka akan mempunyai peningkatan nilai kalor yang signifikan yakni mencapai 6800 Cal/gr (Agro.R, 2005). Dalam tabel 2.1 tercantum persentase mengenai komposisi dari tongkol jagung.

Tabel 2.1 : Komposisi tongkol jagung

Komponen	%
<i>Sellulose</i>	26,6
<i>Pentosan</i>	27,7
<i>Lignin</i>	29,4
Abu	0,6
<i>Solvent Ekstraktif</i>	4,2
<i>Uronat Anhydrad</i>	3,5
Nitrogen	0,11
Air	8,0

Sumber : (Suhardiyono,L 1988)

Sehingga pemanfaatan dari tongkol jagung sering digunakan sebagai bahan bakar dalam bentuk arang tongkol jagung. Tongkol jagung, selain digunakan sebagai bahan bakar atau arang juga digunakan sebagai pengeras jalan, jagung inti jika diperlakukan dengan bahan-bahan kimia atau dipanaskan lebih lanjut, dapat dijadikan sebagai arang aktif.

2.2.2 Arang

Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika proses pemanasan berlangsung diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi (Tryana.M dan sarma.T, 2003: 1).

2.2.3 Arang tongkol jagung

Merupakan produk yang diperoleh dari pembakaran tidak sempurna terhadap tongkol jagung. Sebagai bahan bakar arang lebih menguntungkan dibanding tongkol jagung. Arang memberikan kalor pembakaran yang lebih tinggi dan asap yang lebih sedikit. Arang dapat ditumbuk, kemudian ditempa menjadi briket dalam berbagai macam bentuk. Briket lebih praktis dalam penggunaannya dibanding dengan penggunaan kayu bakar (Warintek.P, 2004)

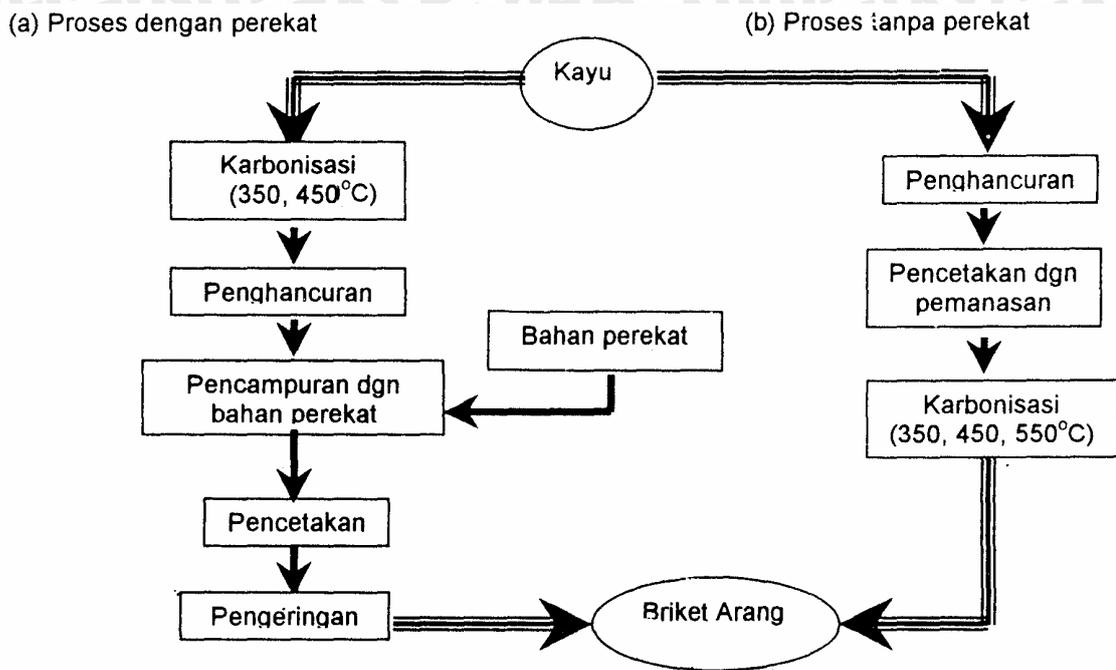
2.3. Metoda dan Pengolahan Pembuatan Briket Arang

Bahan baku digiling untuk mendapatkan partikel yang kecil. Kadar air material sebelum dilakukan proses pembriketan tidak lebih 12% dan ukuran partikel material maksimal sebesar 15 mm kemudian material yang sudah digiling dicampur dengan *binder*. (Pete Young dan Smail Khennas, 2003). Untuk meningkatkan besar nilai kalor briket yang dihasilkan dilakukan beberapa perlakuan misalnya karbonisasi (pengarangan), *charring*, *torrefied* maupun pengeringan biasa. Perlakuan tersebut bisa dilakukan sebelum maupun sesudah proses pengepressan.

kayu yang akan dijadikan briket arang mula-mula diarangkan (proses karbonisasi) kemudian dihancurkan dan dicampur dengan residu. Campuran residu pasta kanji dan serbuk arang dicetak menggunakan alat tekan. Briket arang hasil penekanan kemudian dikeringkan menggunakan alat pengering (oven).

Cara kedua adalah menghancurkan potongan kayu menjadi serbuk, kemudian ditekan pada keadaan panas (suhu 200°C). Briket yang dihasilkan kemudian dikarbonisasi. Besar butiran (serbuk) kayu dibuat seragam. Diagram pembuatan briket arang dapat dilihat dalam diagram alir berikut: (Samidi .A, 2000:41)

]Dalam Gambar 2.1 tercantum Diagram alir proses pembuatan



Gambar 2.1 Diagram alir proses pembuatan briket arang

Sumber : (Samidi.A, 2000:42)

2.3.1 Karbonisasi

Karbonisasi merupakan suatu proses pemanasan tongkol jagung (biomassa) pada suhu-suhu tertentu dengan penyediaan udara (oksigen) secara terbatas. Pada awal pemanasan terjadi proses pengeringan, yaitu penguapan air yang dikandung oleh biomassa tersebut dan apabila temperatur terus dinaikkan akan terjadi proses

2.3.1. Karbonisasi

Salah satu contoh karbonisasi adalah proses pembuatan arang tongkol jagung. Dalam pembuatan arang tongkol jagung, pada temperatur dibawah 100 °C terjadi proses pelepasan air murni dan pada temperatur diatasnya akan mulai terjadi karbonisasi. Jumlah bahan ini harus mencukupi untuk menurunkan kadar lembab kayu dan meningkatkan suhu. sampai mencapai tingkat karbonisasi sendiri.

Secara tradisional, pembuatan arang tongkol jagung dilakukan dengan membuat sebuah lubang besar di dalam tanah. Lubang itu diisi dengan yang kemudian dibakar. Agar tidak terjadi pembakaran sempurna lubang tongkol jagung itu ditutup dengan memberi sedikit lubang kecil untuk pemasukan udara secara terbatas dan memungkinkan asap keluar. (Abdul.K, 1996 : 240)

Dari literatur diketahui nilai kalor bermacam kayu sebelum diproses menjadi briket arang, kemudian dibandingkan dengan nilai kalor setelah diproses menjadi briket arang.

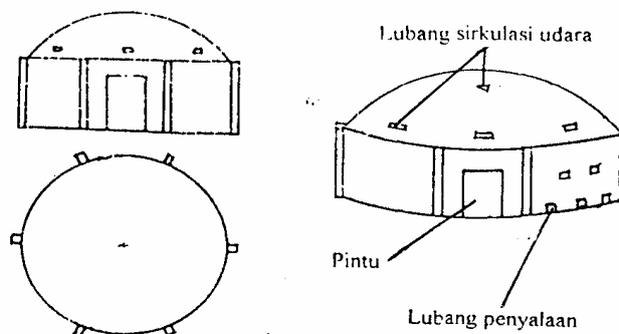
Berdasarkan hasil penelitian tersebut kemudian diputuskan tipe Tongkol jagung yang selanjutnya akan diproses menjadi briket arang. Seperti Tabel 2.2 di bawa ini.

Tabel 2.2. Produk- Perbandingan Hasil Rata Analisis Briket Arang Dengan Tongkol jagung.

Jenis kayu	Kandungan Air, %	Abu, %	Volatile Matter, %	Karbon, %	Nilai kalor, Cal/gr	
					Kayu	Briket
Merbau	4,40	2,30	21,91	71,40	4630	6883
Kempas	3,58	2,89	17,24	76,61	4605	7244
Ramin	4,18	3,44	21,06	71,31	4653	6960
Meranti	4,31	2,56	15,65	77,43	4385	7150
Pulai	3,58	1,51	20,86	74,06	4748	7149

Sumber: (Samidi.A, 2000 : 44)

Di Filipina arang tongkol jagung dibuat dengan menggunakan genahar batu bata (*brick klin*). Genahar ini memiliki sebuah lubang besar yang berfungsi sebagai suatu pintu yang ditutup dengan batu bata. dari pintu ini dilakukan pengisian tongkol jagung menggunakan kereta sorong (*wheel-barrow*). di negara-negara maju genahar dibuat dan besi yang dapat menghasilkan arang tongkol jagung bermutu tinggi



Gambar 2.2 Skema genahar batu bata

Sumber : (Abdul,K, 1996 : 242)

Dalam pembuatan arang tongkol jagung dengan menggunakan genahar batu bata untuk kayu sebesar 1 ton dapat menghasilkan arang tongkol jagung 0,2-0,3 ton dan gas 80-140 m³ Gas-gas tersebut antara lain CO₂ (59 %), CO (33 %), CH₄ (3,5 %), H₂ (3,0 %) dan lainnya 1,5 %.

2.3.2 Peralatan Pembuatan Arang Tongkol jagung

Ruang pembuatan arang tongkol jagung digunakan untuk pirolisis atau pembakaran tongkol jagung secara tidak sempurna sehingga pembakaran terhenti sampai pembentukan molekul karbon atau arang. Ruang pembakaran dapat berupa lubang didalam tanah, dapur pengarangan, drum pengarangan dan alat pengarangan.

- Lubang di dalam tanah. Di tanah yang air tanahnya tidak dangkal, dapat digali sebagai ruang pengarangan. Jika tanah berstruktur kuat, dinding dan lantai lubang tidak perlu diperkuat dengan semen dan batu bata. Jika struktur tanah tidak kuat, misalnya mudah longsor karena banyak berpasir, maka dinding dan lantai perlu diperkuat dengan semen dan batu bata. Lubang ini dapat dibuat dalam berbagai bentuk.
- Dapur pengarangan adalah ruangan yang bentuknya sama dengan lubang pengarangan. Dapur pengarangan dibuat diatas jika tidak memungkinkan menggali lubang karena air tanah terlalu dangkal.
- *Kiln* merupakan alat khusus untuk *pirolisis*. *Klin* sederhana terbuat dari drum bekas. *Pirolisis* berlangsung di dalam drum dengan membatasi pasokan udara terhadap bahan yang sedang dibakar. Pasokan udara diberikan melalui lubang udara pada badan drum. Pada awal pembakaran, lubang udara ditutup segera setelah seluruh bahan terbakar, lubang udara ditutup untuk mengurangi pasokan oksigen. Panas dari pembakaran sebelumnya pada kondisi kekurangan oksigen sudah cukup untuk *pirolisis* (Dewan Iptek Sumbar,1998)

2.4 Bahan Pendukung (*Binder*)

Menurut L.H. Reineke (1964) dalam jurnalnya yang berjudul "*Briquets From Wood Residue*" menyatakan bahwa berbagai macam variasi pengikat pada briket yang mempengaruhi terhadap nilai kalor yang dihasilkan, *residu* merupakan salah satu dari berbagai jenis *binder* yang mempunyai nilai kalor besar. Akan tetapi sebagian dari

binder ini tidak mengurangi pembakaran, serta untuk meningkatkan ketahanan dari penyerapan air, briket perlu ditambahkan *lime* .

Menurut Irena Grigorova dan Lubomir Kuzev (2003) dalam jurnalnya yang berjudul “*Briquetting Of Brown Coal With A Binding Agent Modified Amyum With Soluble Colophony*”, penambahan *hydrated lime* pada briket yang optimal adalah 2-4%. Briket akan memiliki ketahanan terhadap kelembaban dan meningkatkan kekuatan mekanik, tingginya kelembaban pada briket menyebabkan hasil pembakaran menjadi buruk. Akan tetapi dengan penambahan *residu* akan meningkatkan nilai kalor pada briket tersebut.

2.4.1 *Residu*

Residu merupakan minyak sisa hasil penyulingan akhir yang terdiri dari campuran metanol dan asam asetat. *Residu* yang dihasilkan bukan merupakan karbon murni, tetapi masih mengandung abu dan ter yang mempunyai nilai kalor 9128 Cal/gr. Dimana dengan penambahan minyak *residu* diperlukan untuk menjaga kestabilan kadar air bawaan arang tongkol jagung dalam pemrosesan. Irena Grigorova dan Lubomir Kuzev (2003)

2.4.2 *Lime*

Lime (CaCO_3) adalah sebuah batuan sedimen terdiri dari mineral *calcite* (kalsium carbonate). Sumber utama dari *calcite* ini adalah organisme laut. Organisme ini mengeluarkan “*shell*” yang keluar ke air dan terdeposit di lantai samudra sebagai *pelagic*.

Berdasarkan hasil uji laboratorium analisa kimia terhadap bahan galian batu gamping diperoleh komposisi sebagai berikut :

- Magnesium Oksida (MgO) = 14,05 %
- Kalsium Oksida (CaO) = 52,00 %
- Ferri Oksida (Fe_2O_3) = 0,42 %
- Aluminium Oksida (Al_2O_3) = 0,32 %
- Silica (SiO_2) = 1,85 %
- LOI = 30,48 %

2.4.3 Proses Pembuatan *lime*

- Proses *kalsinasi* yaitu proses yang berlangsung pada vertikal kiln sampai temperatur 898 °C, untuk batu gamping dan temperatur 725 °C untuk batu gamping dolomitan dengan tekanan 1 atm. Produk yang dihasilkan adalah kapur tohor (*Quick Lime*) berbentuk gumpalan. Reaksi kimia yang terjadi adalah :



- Proses pemberian air yaitu dengan tujuan pembuatan *lime* menjadi lebih stabil dan merupakan menjadi hidrat lime atau kapur padam. Reaksi kimia yang terjadi adalah



- Proses pengeringnya yaitu proses yang dilakukan untuk tujuan mengurangi kadar air yang menggunakan *rotary drying*. Temperatur yang dipakai antara 110 °C sampai 150 °C (Anonymous, 2004)

2.5 Proses Pembuatan Briket

Pada prinsipnya proses Pembuatan briket adalah campuran antara bahan dasar dengan pengikat kemudian dimasukkan kedalam cetakan dan dipadatkan dengan cara di tekan dengan menggunakan piston. (Panote wilaipon, 2003). Dalam membuat briket harus menentukan besar tekanan, jenis dan jumlah *binder*, kadar air dan temperatur (Gulhan Ozbazoglu dan Kejhanak Rowshan Tabari, 2003).

Menurut Achmad Zubir Ula (2000) pembuatan briket pada dasarnya terdiri dari tahapan-tahapan proses yang sama. Tahapan proses tersebut adalah :

- a. Penyiapan bahan dasar untuk briket.
- b. Penggerusan bahan dasar.
- c. Pencampuran bahan dasar dengan pengikat.
- d. Pencetakan (pembriketan)
- e. Pengeringan (karbonisasi)

2.5.1 Perlakuan pada Briket

Berbagai macam cara untuk meningkatkan nilai kalor briket biomassa antara lain:

- Pengeringan.

Pengeringan briket bertujuan menguapkan air yang terkandung pada briket. Pengeringan pada suhu $\pm 450^{\circ}\text{C}$ reaksi berjalan sangat cepat sehingga tidak mungkin pemanasan biomassa dilakukan diatas temperatur ini (Abdullah.dkk,1991). tongkol jagung dengan tingkat kebasahan 0%-20% memiliki nilai kalor sangat kompetitif dengan batu bara kelas *lignite* dengan mengeringkan briket pada suhu kira-kira 335°C selama 3-4 jam akan menghasilkan briket dengan kadar air 5% (Masri.W Z, 2003).

- Karbonisasi (pengarangan)

Karbonisasi merupakan suatu proses pemanasan tumbuh-tumbuhan (biomassa) pada suhu tertentu dengan penyediaan udara (oksigen) secara terbatas. Pada awal pemanasan (dibawah 170°C) terjadi pengeringan yaitu penguapan air yang terkandung pada biomassa. Diatas suhu itu, mulai terjadi karbonisasi peningkatan kalor setelah bahan yang mengandung karbon diarangkan. Peningkatan kalor pada tongkol jagung berkisar 1,33-2,03 kali dan limbah pertanian antara 1,11-3,05 kali dari nilai kalor bahan sebelum diarangkan.

Perubahan komponen tongkol jagung dalam proses karbonisasi terjadi pada suhu $100-1000^{\circ}\text{C}$. Perubahan terbesar terjadi pada suhu $200-500^{\circ}\text{C}$. Reaksi pada proses karbonisasi adalah eksoterm yaitu jumlah panas yang dikeluarkan lebih besar dari yang diperlukan. Semakin tinggi suhu pengarangan akan semakin banyak zat-zat yang menguap sehingga kadar karbonnya tinggi dan sifat arangnya menjadi baik tetapi jumlah arangnya menjadi berkurang. (Abdullah dkk,1991)

Pada Tabel 2.3 ditunjukkan beberapa komposisi arang dari hasil Pirolisa yang dilakukan pada beberapa tingkat temperatur.

Tabel 2.3 Komposisi arang hasil *Pirolisa* pada beberapa tingkat temperatur.

Suhu (°C)	Komposisi arang (%)			Rendemen arang/berat kayu kering (%)
	C	H	O	
200	52,3	6,3	41,4	98,8
250	70,6	5,2	24,2	65,2
300	73,6	4,9	21,9	51,2
400	77,7	4,5	18,1	40,6
500	89,2	3,1	6,7	31,0
600	92,2	2,6	5,2	29,1
700	92,8	2,4	4,8	27,8
800	95,7	1,0	3,3	26,7
900	96,1	0,7	3,2	26,6
1000	96,6	0,5	2,9	26,3
1100	96,4	0,4	2,2	26,1

Sumber : (Abdullah,dkk, 1991)

2.6 Kualitas Briket

Kualitas briket ditentukan oleh kekuatan tekan, *index abrasi* dan ketahanan terhadap perubahan suhu (Gulhan Ozbazoglu dan Kejhanak Rowshan Tabari,2003). Pada umumnya kualitas briket yang diharapkan oleh konsumen adalah tingkat penguapan rendah, kadar abu rendah, waktu pembakaran lama, mudah menyala dan nilai kalor yang tinggi. (Abdullah dkk,1991)

Briket yang bermutu baik sebagai bahan bakar memiliki sifat sebagai berikut.:

- Tidak berasap dan tidak berbau. Dimana asap ini dapat dikurangi dengan melakukan karbonisasi (Mengarangkan) atau menggunakan pengikat yang tidak berasap dan mampu menyerap bau. (sukandarrumidi, 1995)
- Mempunyai kekuatan tertentu sehingga tidak mudah pecah waktu diangkat atau dipindah-pindah.(Sukandarrumudi,1995).
- Mempunyai kekuatan tekan lebih dari 6 kg/cm² sehingga tidak mudah pecah saat dipindah atau diangkat. (Abdullah dkk,1991)
- Mempunyai temperatur pembakaran tetap (350°C) dalam waktu yang lama 8-10 jam. Lama pembakaran dalam temperatur tetap (350°C) dapat diusahakan

- e. dengan mengatur pemasukan udara dalam batas tertentu akan memperlama waktu pembakaran tanpa menurunkan temperatur (sukandarrumidi,1995)
- f. Gas hasil dari proses pembakaran tidak mengandung CO yang tinggi.(Abdullah dkk,1991)
- g. Tidak mengotori tangan, tidak terlalu cepat terbakar, dapat menyala terus tanpa dikipas dan tidak memercik.(Abdullah dkk,1991

Pada tabel 2.4 dapat dilihat kualitas briket arang yaitu meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat, kerapatan, kekuatan tekan dan nilai kalor dari beberapa negara.

Tabel 2.4 Sifat fisik dan kimia briket arang komersial.

Sifat-sifat briket arang	Standar		
	Jepang	Inggris	USA
Kadar air (%)	6-8	3-4	6
Kadar abu (%)	3-6	8-10	18
Kadar zat terbang (%)	15-20	16	19
Kadar karbon terikat (%)	60-80	75	58
Kerapatan (gr/cm ²)	1-2	0,84	1
Kekuatan tekan Kg/cm ²)	60	12,7	62
Nilai kalor (kal/gr)	6000-7000	7300	6200

Sumber : (Abdullah,dkk, 1991)

2.7 Nilai Pembakaran (*Heating Value*)

Nilai pembakaran adalah suatu sifat yang menunjukkan jumlah energi kimia yang terkandung dalam suatu massa atau volume bahan bakar. Nilai bakar ini dinyatakan dalam satuan *British thermal unit per pound massa* (Btu/Ibm) atau dalam kiloJoule per kilogram (kJ/kg).

Pada tabel 2.5 ditunjukkan angka-angka dari nilai kalor yang terkandung dalam berbagai bahan bakar.

Tabel 2.5 Nilai Kalor beberapa bahan bakar

No	Bahan Bakar	Nilai Kalor cal/gr	BTU/LBS
1	Tongkol jagung	3.990 – 4.420	7.182 – 7.956
2	Arang jagung (Rata-rata)	7.260	13.068
3	Lignit/Batu bara muda	3.328 – 3.339	5.440 – 6.010
4	Batu bara Subbitumina	5.289 – 5.862	9.520 – 10.550
5	Batu bara Bitumina	5.650 – 8.200	10.240 – 14.620
6	Lemak Hewan (Rata-rata)	9.500	17.100
7	Minyak Nabati	9.300 – 9.500	16.740 – 17.100
8	Alkohol/ Etil	6.456	11.620
9	Aspal	5.295	9.530
10	Minyak mentah	10.419 – 10.839	18.755 – 19.510
11	Minyak bunker	10.283 – 10.764	18.510 – 19.516
12	Solar (<i>Diesel Fuell</i>)	10.667	19.200
13	Minyak tanah	11.006	19.810
14	Bensin (<i>Gasoline</i>)	11.528	20.750

Sumber : (Koesoemadinata, 1980)

1 BTU = 252.000 Kalori

1 LBS = Pound = 459 gram

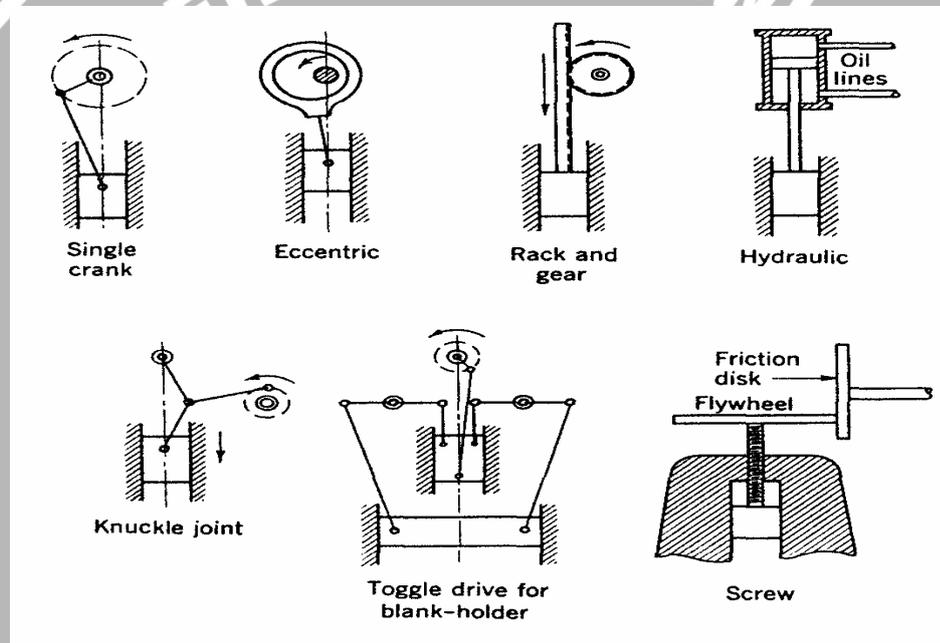
Nilai pembakaran diklasifikasikan menjadi 2 macam, yaitu nilai pembakaran tertinggi (*Higher Heating Value/HHV*) dan nilai pembakaran terendah (*Lower Heating Value/LHV*). Nilai pembakaran tertinggi (HHV) adalah jumlah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna setiap satu satuan massa bahan bakar tanpa memperhitungkan jumlah kalor yang diperlukan untuk penguapan gas H₂O. Nilai pembakaran terendah (LHV) adalah jumlah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna setiap satu satuan massa bahan bakar dengan memperhitungkan jumlah kalor yang diperlukan untuk penguapan gas H₂O. Dari definisi tersebut dapat diketahui bahwa perbedaan HHV dan LHV adalah pada penguapan gas H₂O.

Jadi dapat disimpulkan perbedaan nilai pembakaran ini adalah sama dengan panas laten penguapan dari uap air yang terdapat dalam gas buang ketika bahan bakar dibakar dengan udara kering.

2.7.1 Klasifikasi Proses Pengepresan

Dalam proses produksi digunakan bermacam-macam proses pengepresan sehingga dalam memilih proses pengepresan yang tepat harus mempertimbangkan beberapa hal antara lain (E. Paul Dergamo, et al ,1979: 546) : Pada Gambar 2.3 Ditunjukkan beberapa Peralatan mesin press Di bawah ini.

- Peralatan press, misalnya : manual, mekanik atau hidrolirik.
Bentuk dari benda kerja



Gambar 2.3 Jenis-jenis pengepresan

Sumber : (Dergamo.E.Paul.et al,1979)

Pada gambar diatas dapat kita ketahui berbagai macam mekanisme dari mesin press yang ada. Pada umumnya dengan menggunakan mekanisme mekanik didapatkan pencerahan yang cepat dan mudah dalam mengontrol perpindahan/pergeseran, akan tetapi bagaimanapun juga mesin press manual biasanya digunakan untuk proses produksi yang kecil, ringan dan kapasitas kecil. Dapat ditunjukkan pada tabel 2.6 di bawah ini.

Tabel 2.6 Klasifikasi dari berbagai mekanisme penggerak press komersial.

Manual	Mekanik	Hydraulic
<i>Kick press</i>	<i>Crank Single Double Eccentric Cam Knuckle joint Toggle Screw Rack and pinion</i>	<i>Single-slide Multiple-slide</i>

(Dergamo E. Paul, et al. 1979, 546).

Mesin manual yang banyak digunakan adalah *crank-driven presses* atau mesin pres yang menggunakan batang penghubung untuk menggerakkan piston guna memberikan gaya penekanan pada benda kerja, mesin jenis ini sangat cocok untuk proses pelubangan dan pemotongan. *Eccentric drives* merupakan suatu alat press yang digerakkan oleh putaran roda untuk mendapatkan arah naik turun yang nantinya digunakan untuk menggerakkan piston, jenis ini dibutuhkan untuk mendapatkan gaya tekan yang pendek dan cepat. Biasanya mesin ini digunakan untuk membuat lubang pada proses *deep drawing*. *Knuckle joint drives* adalah jenis lain dari mesin press manual dimana mempunyai keuntungan mekanik yang sangat besar dengan gerak naik turun yang cepat, sangat cocok digunakan untuk sizing. Jenis lainnya yang banyak digunakan adalah *screw mechanism*. Mekanisme ini menggunakan ulir untuk mendapatkan gaya pengepressan, selain mudah dalam pengoperasionalnya didapat hasil yang cepat dan praktis, akan tetapi daya penekanan yang diperoleh dari mekanisme ini paling kecil.



Menurut Sugihartono 1988, gaya penekanan yang diperlukan dapat dicari menggunakan rumus :

$$P = \frac{F}{A} \quad (2-1)$$

Keterangan:

P = Tekanan (kg.f/m²)

F = Gaya Penekan (kg.f)

A = Luasan Permukaan punch (m²)

Pada mesin press, tekanan yang diberikan merupakan tekanan yang diperoleh dari hidrolik sehingga :

$$P_{Hidrolik} = \frac{F_{Hidrolik}}{A_{Hidrolik}} \quad (2-2)$$

Keterangan :

$$A_{Hidrolik} = \frac{1}{4} \pi D_{Hidrolik}^2 \quad (2-3)$$

Sehingga di dapat

$$F_{Hidrolik} = \frac{1}{4} \pi D_{Hidrolik}^2 \cdot P_{Hidrolik} \quad (2-4)$$

Dikarenakan punch berhubungan langsung dengan hidrolik. Jadi gaya yang bekerja pada punch sama dengan gaya yang diberikan hidrolik sehingga.

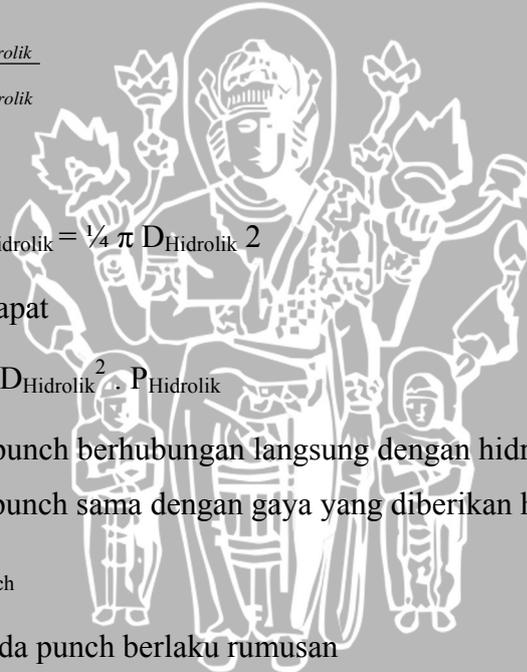
$$F_{Hidrolik} = F_{Punch}$$

Sedangkan pada punch berlaku rumusan

$$P_{Punch} = \frac{F_{Punch}}{A_{Punch}}$$

dari persamaan 2 – 3 disubsitusikan ke persamaan 2 – 4 diperoleh

$$P_{Punch} = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot D_{Hidrolik}^2 \cdot P_{Hidrolik}}{\frac{1}{4} \pi D_{Punch}^2}$$

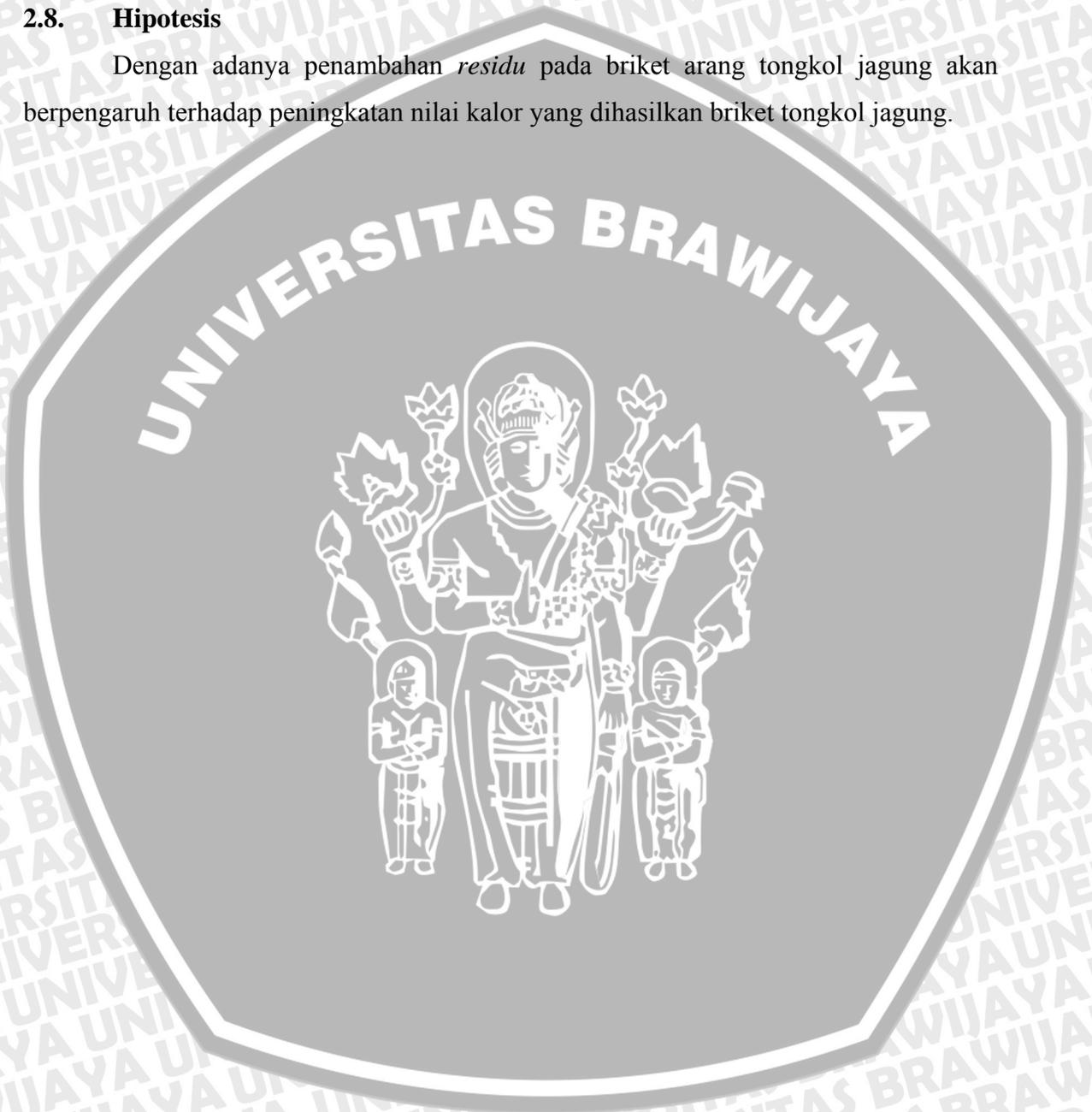


Sehingga

$$P_{\text{Punch}} = \frac{D_{\text{Hidrolik}}^2 \cdot P_{\text{Hidrolik}}}{D_{\text{Punch}}^2} \quad (2-5)$$

2.8. Hipotesis

Dengan adanya penambahan *residu* pada briket arang tongkol jagung akan berpengaruh terhadap peningkatan nilai kalor yang dihasilkan briket tongkol jagung.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen nyata (*true experiment research*). Penelitian ini ditujukan untuk mendapatkan data-data langsung melalui eksperimen untuk mendapatkan perbandingan data dari hubungan antara satu atau lebih variabel yang telah ditentukan. Untuk pengkajian lebih lanjut digunakan literatur dari buku, jurnal-jurnal dan penelitian sebelumnya sebagai acuan.

3.2 Variabel Penelitian

3.2.1 Variabel Bebas (*Independent variable*)

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian. Variabel bebas diubah-ubah untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat, dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah perbandingan besarnya pengikat *residu* dengan arang tongkol jagung, yaitu $\{(3:93), (6:90), (9:87), (12:84), (15:81)\}$.

3.2.2 Variabel Terikat (*Dependent variable*)

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya bergantung dari variabel bebas dalam penelitian ini adalah

1. Nilai kalor (kal/gr)

3.2.3 Variabel Terkendali

Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah

1. Penambahan *hydrarate lime* sebesar 4% .
2. Gaya pengepressan sebesar 200 kg/cm²
3. Pemanasan pada 105°C selama 1 jam

3.3 Tempat dan Waktu Pengambilan Data

Penelitian dilakukan pada bulan Mei 2009 - selesai. Tempat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Laboratorium Motor Bakar Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.

3.4 Persiapan

3.4.1 Bahan Penelitian

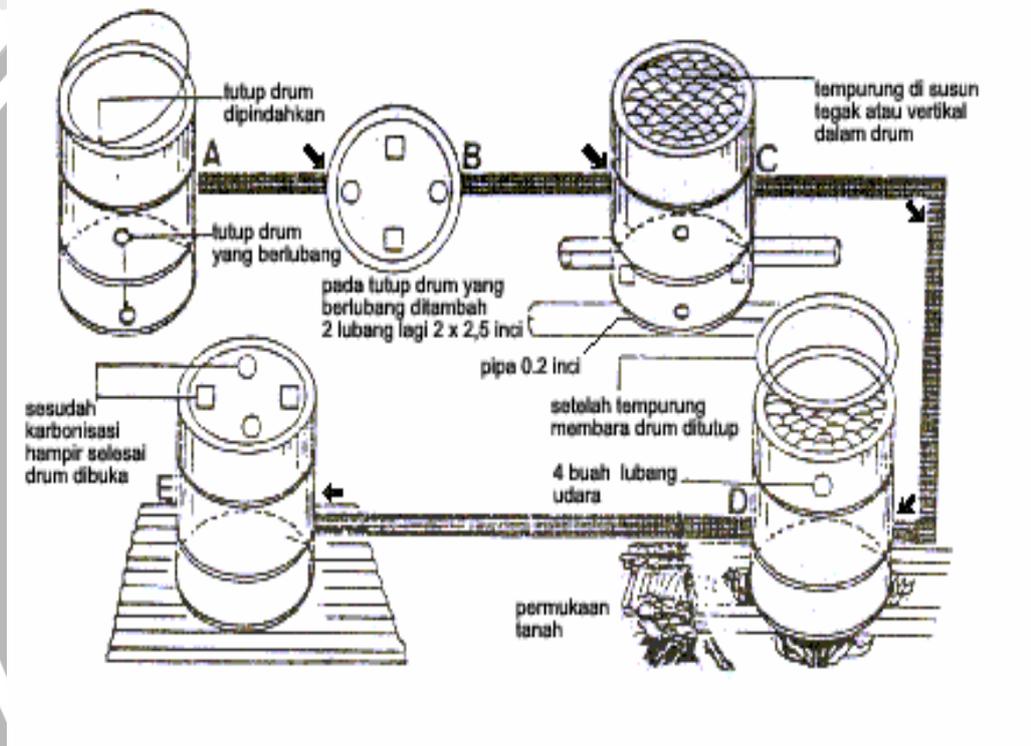
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Arang tongkol jagung yang digiling/dihaluskan dengan ukuran 5 mm.
- Perekat *residu* dengan variasi penambahan 3%, 6%, 9%, 12%, 15%.
- *Hydrarate lime* sebesar 4%.

3.4.2 Alat-alat yang Digunakan dalam Pembuatan Briket

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Drum untuk membuat arang, digunakan untuk membuat arang tongkol jagung.



Gambar 3.1. Drum untuk membuat arang

2. Bak plastik, digunakan untuk mencampur bahan baku.

3. Timbangan digital, digunakan untuk menimbang bahan baku.



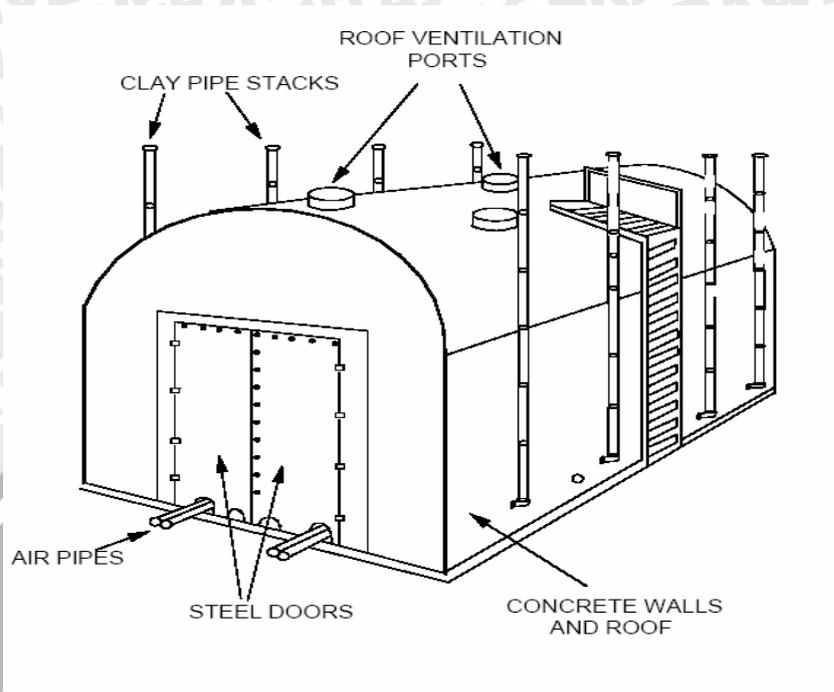
Gambar 3.2

4. Dongkrak hidrolik.



Gambar 3.3. Dongkrak hidrolik

- Oven, untuk mengeringkan briket setelah dicetak.



Gambar 3.4 *The Missouri -Type charcoal kiln*
 Sumber: (Keeling, B.F. 1976).

Laboratorium Motor Bakar Teknik Mesin Unibraw

Alat-alat yang digunakan untuk menguji spesimen :

1. *Adiabatic calorimeter.*



Gambar 3.5 Bomb calorimeter
 Sumber: Laboratorium Motor Bakar Teknik Mesin Unibraw

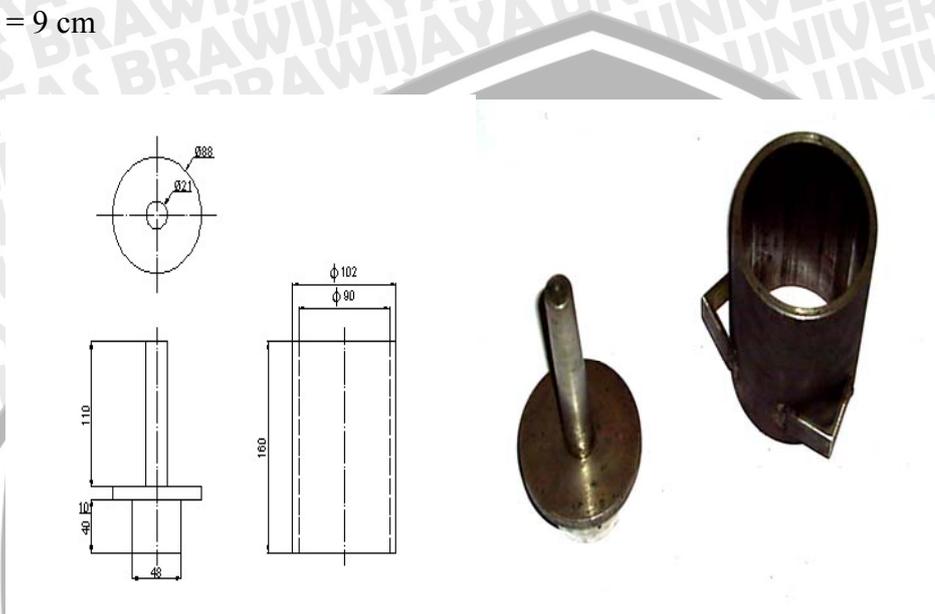
3.4.3 Bentuk dan Ukuran cetakan (*die*)

Pada penelitian ini cetakan berbentuk silinder dengan dimensi seperti pada gambar berikut :

Dengan :

$h = 14 \text{ cm}$,

$d = 9 \text{ cm}$



Gambar 3.6 Cetakan (*die*)

3.5.1 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah pembuatan spesimen :

1. Tongkol jagung dikeringkan dengan sinar matahari, kemudian dilakukan karbonisasi dengan cara memanaskan tongkol jagung dalam drum pengarang dengan penyediaan oksigen secara terbatas.
2. Tongkol jagung yang sudah menjadi arang kemudian ditumbuk dan diayak untuk mendapatkan butiran dengan ukuran 5 mm.
3. Serbuk arang tongkol jagung yang sudah menjadi partikel-partikel kecil dicampur dengan *residu* dengan variasi kadar tertentu sesuai dengan perbandingan fraksi volume (%) dan kemudian ditambahkan *hydrarate lime* dengan besar komposisi yang telah ditentukan.
4. Bahan baku tersebut kemudian diaduk dalam bak sampai tercampur merata.
5. Campuran bahan baku yang sudah homogen kemudian ditimbang kurang lebih 300 gr untuk setiap briket.
6. Setelah ditimbang kemudian bahan dimasukkan ke dalam cetakan yang berbentuk silinder.

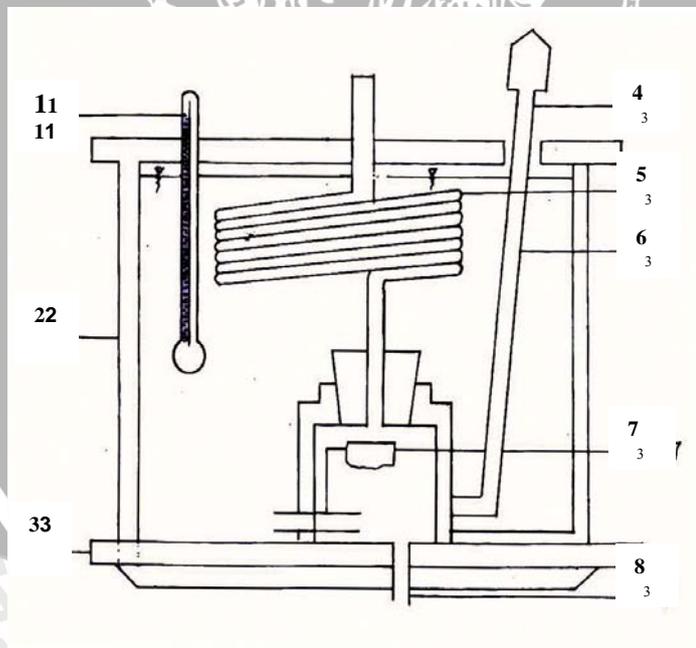
7. Selanjutnya dilakukan proses pengepressan dengan gaya 200 kg/cm^2 .
8. Spesimen dikeluarkan dari cetakan kemudian dikeringkan dengan oven selama 1jam pada suhu 105° C .
9. Pengambilan data spesimen dengan uji nilai kalor.
10. Pengolahan data dengan menggunakan uji statistik yaitu dengan menggunakan analisis varian.

3.6 Metode Pengujian.

3.6.1 Pengujian Nilai Kalor

Nilai kalor pembakaran adalah suatu sifat yang menunjukkan jumlah energi kimia yang terkandung dalam suatu massa atau volume bahan bakar. Nilai bakar ini dinyatakan dalam satuan British thermal unit per pound massa (Btu/lbm) atau dalam kilojoule per kilogram (kJ/kg).

Untuk mengetahui besar nilai kalor dari briket dengan pengujian bom kalori meter menggunakan alat pengukur nilai kalor *Parr adiabatic oxygen Bomb calorimeter*. Dari pengujian tersebut dapat diketahui nilai kalor (HHV) dari pembakaran spesimen briket untuk masing-masing komposisi.



Gambar 3.7. Instalasi *Bomb Calorimeter*

Keterangan Gambar 3.7.

1. Termometer
2. Bejana Air
3. Asbes tempat penunjang
4. Pengaduk
5. Pipa Spiral
6. Air
7. Bejana Bahan Bakar
8. Lubang Masuk Oksigen

3.7 Rancangan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh hubungan antara variasi pengikat terhadap nilai kalor briket, maka langkah pertama yang dilakukan adalah terlebih dahulu merencanakan model rancangan penelitiannya (*experimental design*) agar hasil atau data yang diperoleh berguna untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi. Rancangan penelitian ini merupakan cara untuk menentukan keberhasilan suatu penelitian dan juga menentukan analisa yang tepat sehingga didapat suatu analisa dan kesimpulan yang tepat.

Rancangan penelitian yang dipergunakan adalah metode acak lengkap dengan satu faktor karena ada satu faktor yang diamati yaitu spesimen berupa variasi jumlah pengikat pada briket.

Hasil pengukuran dan pengambilan data dari masing-masing spesimen dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini

Tabel 3.1. Rancangan penelitian untuk nilai kalor pada briket arang tongkol jagung yang diperkaya *residu* (Cal/gr)

Ulangan	Variasi penambahan <i>Lime</i>				
	3%	6%	9%	12%	15%
	Nilai kalor				
1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	Y_{15}
2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{24}	Y_{25}
3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	Y_{34}	Y_{35}
Jumlah	$\sum Y_{i1}$	$\sum Y_{i2}$	$\sum Y_{i3}$	$\sum Y_{i4}$	$\sum Y_{i5}$
Rata-rata	\bar{Y}_{i1}	\bar{Y}_{i2}	\bar{Y}_{i3}	\bar{Y}_{i4}	\bar{Y}_{i5}

Keterangan : $Y_{11}, Y_{12}, \dots, Y_{35}$ adalah nilai kalor.

Y_{ij} = Data pengamatan yang berupa nilai kalor briket pada ulangan ke j variasi jumlah *residu* ke i .

3.7.1 Analisis Statistik

Analisis kecukupan data adalah metode statistik yang digunakan untuk menyatakan apakah data yang telah diperoleh dapat diproses secara langsung atau perlu diadakan penambahan data untuk proses selanjutnya. Untuk melakukan uji analisis statistik kecukupan data dibuat tabel sebagai berikut :

Tabel 3.2 Analisis statistic

No. sampel (n_i)	Data observasi (X_i)	$(X_i)^2$	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	X_1	X_1^2	$X_1 - \bar{X}$	$(X_1 - \bar{X})^2$
2	X_2	X_2^2	$X_2 - \bar{X}$	$(X_2 - \bar{X})^2$
3	X_3	X_3^2	$X_3 - \bar{X}$	$(X_3 - \bar{X})^2$
n	X_n	X_n^2	$X_n - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
Total $\left(\sum_{i=1}^n n_i\right)$	$\sum(X_i)$	$\sum(X_i)^2$	$\sum(X_i - \bar{X})$	$\sum(X_i - \bar{X})^2$

- Data rata-rata (\bar{x})

$$= \frac{\sum x}{n} \dots\dots\dots(3-1)$$

(Sumber : Hifni. M, 1991)

- Standar deviasi (δ)

$$= \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots(3-2)$$

(Sumber : Hifni. M, 1991)

- Standar deviasi rata-rata ($\bar{\delta}$)

$$= \frac{\delta}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots(3-3)$$

(Sumber : Hifni. M, 1991)

- Interval penduga

$$= \bar{x} - \left[t\left(\frac{\alpha}{2}, db\right) \cdot \bar{\delta} \right] < \mu < \bar{x} + \left[t\left(\frac{\alpha}{2}, db\right) \cdot \bar{\delta} \right] \dots\dots\dots(3-4)$$

(Sumber : Hifni. M, 1991)

3.7 Analisis Varian Satu Arah

Analisis statistik yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis statistik varian satu arah. Analisis varian satu arah yaitu semua perlakuan dianggap sama, apabila nilai rata-rata dari masing-masing sampel sangat berbeda antar satu dengan yang lainnya maka varian antara seluruh sampel akan jauh lebih besar bila dibandingkan dengan varian dari satu kelompok sampel. Dari data tersebut maka akan diketahui ada tidaknya pengaruh variasi penambahan *residu* terhadap nilai kalor briket arang tongkol jagung.

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya ada pengaruh nyata akibat dari variasi penambahan *residu* pada briket arang tongkol jagung terhadap nilai kalor briket. Berdasarkan tabel 3.1 dan 3.2 diatas dapat dihitung



- Jumlah seluruh perlakuan

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \dots\dots\dots(3-5)$$

(Sumber : Hifni. M, 1991)

- Jumlah kuadrat seluruh perlakuan

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \dots\dots\dots(3-6)$$

(Sumber : Hifni. M, 1991)

- Faktor koreksi (*fk*)

$$= \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right)^2}{\sum ni} \dots\dots\dots(3-7)$$

(Sumber : Hifni. M, 1991)

- Jumlah kuadrat total (JKT)

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - fk \dots\dots\dots(3-8)$$

(Sumber : Hifni. M, 1991)

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$= \frac{\sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^n Y_{ij} \right)^2}{ni} - fk \dots\dots\dots(3-9)$$

(Sumber : Hifni. M, 1991)

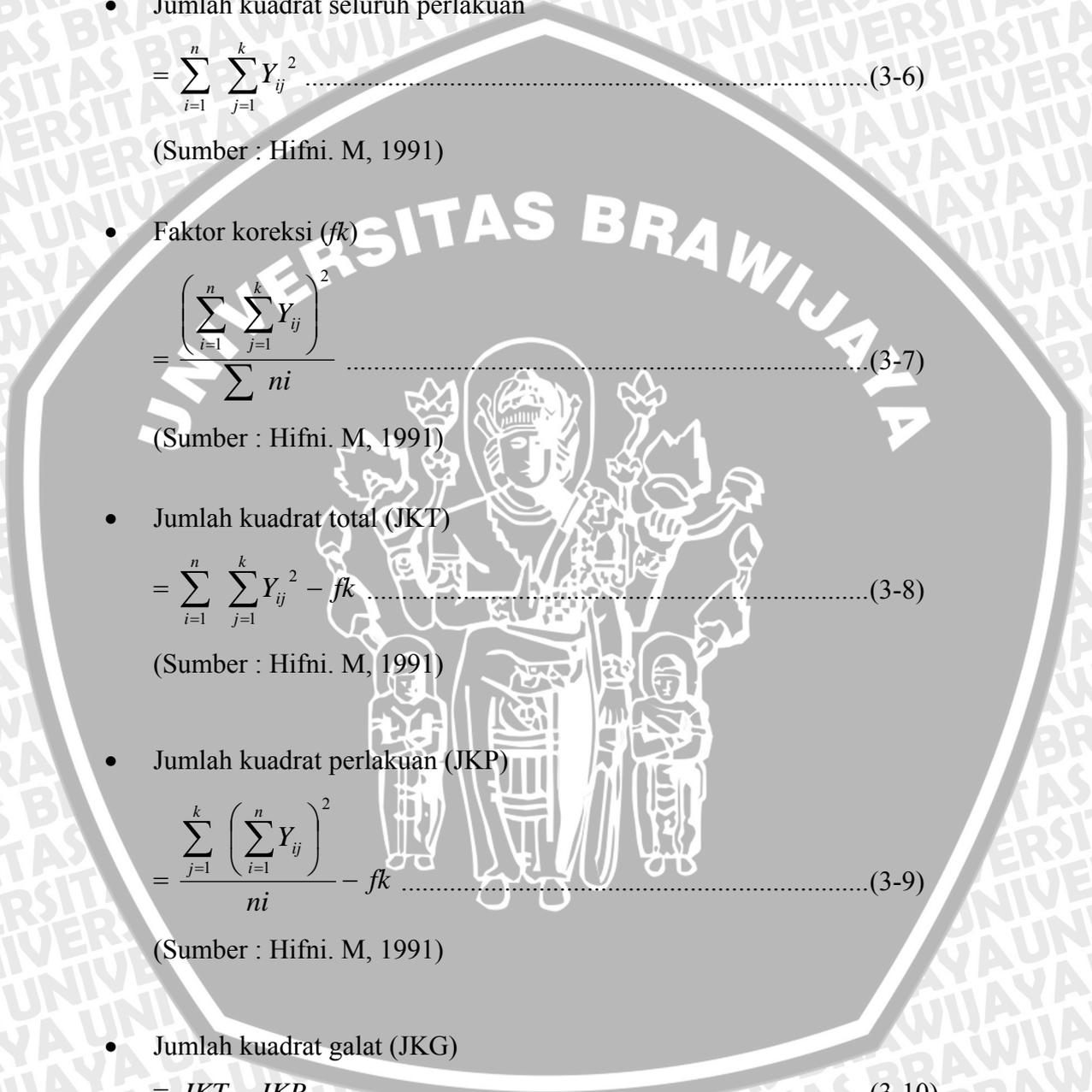
- Jumlah kuadrat galat (JKG)

$$= JKT - JKP \dots\dots\dots(3-10)$$

(Sumber : Hifni. M, 1991)

- Kuarat tengah perlakuan (KTP)

$$= \frac{JKP}{k-1} \dots\dots\dots(3-11)$$



(Sumber : Hifni. M, 1991)

- Kuadrat tengah galat (KTG)

$$= \frac{JKG}{n - k} \dots\dots\dots (3-12)$$

(Sumber : Hifni. M, 1991)

Dari data perhitungan di atas dapat dicari besarnya nilai F_{hitung} dengan rumus sebagai berikut :

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} \dots\dots\dots (3-13)$$

(Sumber : Hifni. M, 1991)

Tabel 3.4 Tabel analisis varian satu arah

Sumber Varian	Db	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan	(k-1)	JKP	$KTP = \frac{JKP}{dbperlak}$	$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG}$	$F(\alpha, k, db)$
Galat	K(n-1)	JKG	$KTG = \frac{JKG}{dbgalat}$		
Total	(kn-1)	JKT			

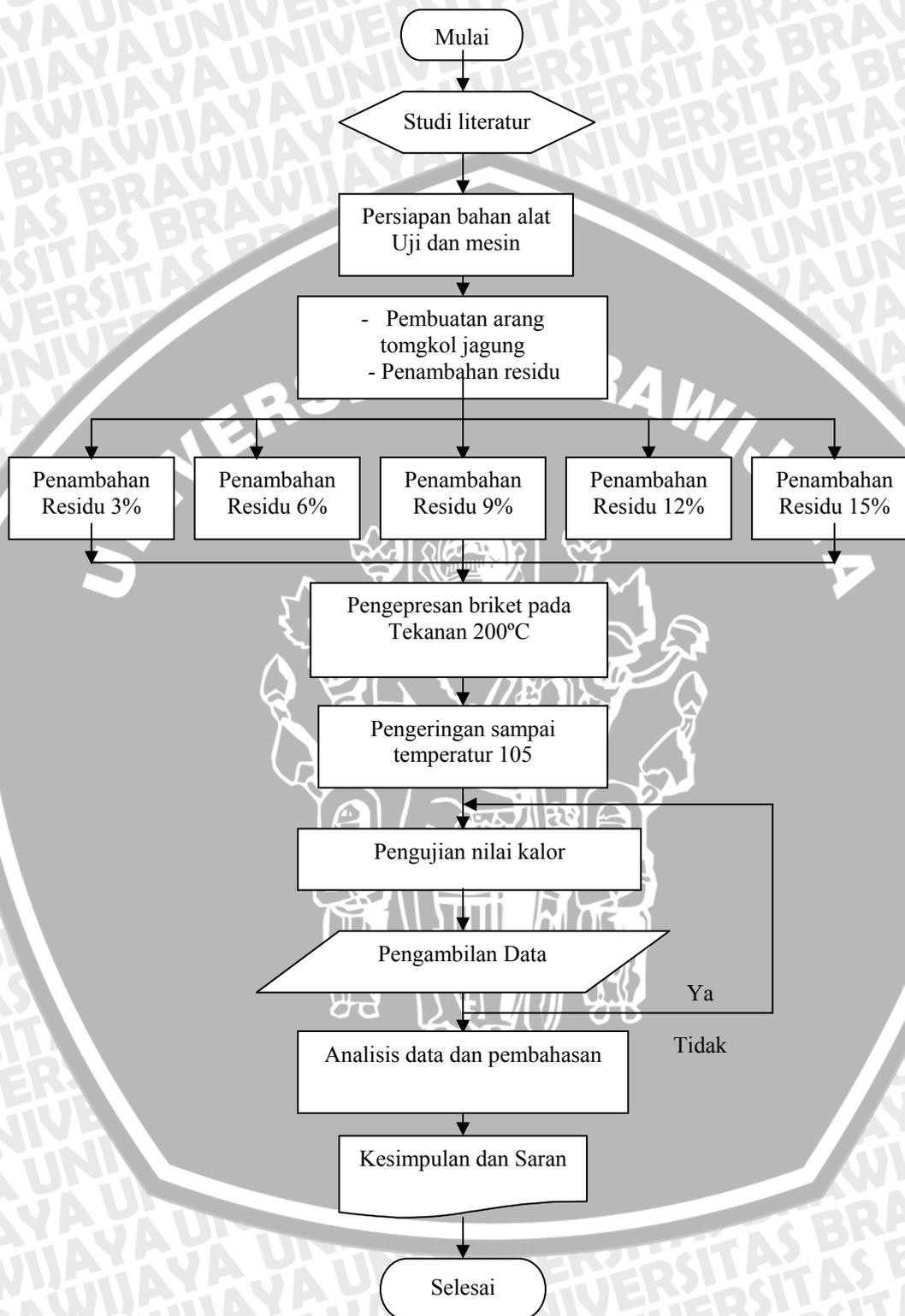
(Sumber : Hifni. M, 1991,23)

Pengujian ada tidaknya pengaruh perlakuan adalah dengan cara membandingkan F_{hitung} dengan F_{tabel} sehingga :

- Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ berarti H_0^1 ditolak dan H_1^1 diterima, ini menyatakan bahwa faktor A (variasi jumlah binder) berpengaruh terhadap nilai kalor briket.
- Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ berarti H_0^2 ditolak dan H_1^2 diterima, ini menyatakan bahwa faktor B (variasi jumlah binder) berpengaruh terhadap nilai kalor briket.



3.9 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram alir pengerjaan skripsi

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Pengujian.

. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan data nilai kalor (Cal/gr) pada tabel 4.1 dan setiap kali pengamatan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

Untuk mempermudah perhitungan data hasil pengujian tersebut ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Penelitian untuk nilai kalor pada briket arang tongkol jagung

Replikasi Pengujian Nilai Kalor (Kal/gr)	Perbandingan residu arang tongkol jagung , Dan Perekat				
	A (3:93:4)	B (6:90:4)	C (9:87:4)	D (12:84:4)	E (15:81:4)
1	6822,47	6966,61	6726,38	7146,50	7375
2	6894,54	6822,47	6918,57	7218,57	7399,02
3	6822,47	6918,57	7206,84	7038,68	7326,95
Jumlah	20539,48	20707,65	20851,79	21403,37	22100,97
Nilai Rata-rata	6846,49	6902,55	6950,597	7134,583	7366,99

4.2. Pengolahan Data

Berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat dilakukan analisis data dari hasil pengujian. Analisis yang dilakukan antara lain adalah analisis untuk mengetahui interval penduga rata-rata, analisis varian satu arah untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh yang nyata dari variasi kadar *residu* dalam briket, untuk mengetahui kecenderungan variasi kandungan *residu* dalam briket arang tongkol jagung terhadap nilai kalor.

4.2.1. Analisis Statistik

No. Sampel	Data Observasi			
n_i	x_i	x_i^2	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	6822,47	46546096,9	-24,023	577,120544
2	6894,54	47534681,81	48,047	2308,48218
3	6822,47	46546096,9	-24,023	577,120544
Total	20539,48	140626875,6	0	3462,72327

1). Analisis nilai kalor untuk *residu* 3%

➤ Nilai Kalor rata-rata :

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{\sum x}{n} \\ &= \frac{20539,48}{3} \\ &= 6846,493\end{aligned}$$

➤ Standar deviasi :

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{3462,72327}{2}} \\ &= 1731,36\end{aligned}$$

➤ Standar deviasi rata-rata:

$$\begin{aligned}\bar{\sigma} &= \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{1731,36}{\sqrt{3}} \\ &= 999,60\end{aligned}$$

➤ Interval penduga rata-rata:

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5\%$ maka $t(\alpha/2, db) = (0,015; 3) = 3,0075$

$$\bar{x} - t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \bar{\sigma} < x < \bar{x} + t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \bar{\sigma}$$

$$6848,493 - (3,0075 \cdot 999,60) < X < 6848,493 + (3,0075 \cdot 999,60)$$

$$3842,196 < X < 9854,79$$

Jadi nilai kalor dengan pengikat *residu* 3% berkisar antara 3842,196 Cal/gr sampai dengan 9854,79 Cal/gr dengan tingkat keyakinan 95 %

Dengan cara yang sama maka hasil interval penduga rata-rata jumlah nilai kalor pada briket arang tongkol jagung dengan variasi *residu* dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini :

Tabel 4.2 Interval penduga nilai kalor pada briket arang tongkol jagung

Variasi <i>Residu</i> (%)	(3:93) %	(6:90) %	(9:87) %	(12:84) %	(15:81) %
Interval Penduga					
Nilai Kalor rata-rata (\bar{X}) (Kalori)	6848,493	6902,55	6950,596	7134,6	7366,99
Standar deviasi (σ)	1731,36	5386,565	58479,733	8196,108	1346,641
Standar deviasi rata-rata ($\bar{\sigma}$)	999,60	3109,934	33763,289	4716,436	777,483
Interval penduga rata-rata	3842,196 <X< 9854,79	2450,576 <X< 16255,676	94592,494 <X< 108493,688	7050,098 <X< 21319,264	5028,71 <X< 9705,27

4.2.2. Analisa Varian Satu Arah

Dari data hasil perhitungan nilai kalor pada briket arang tongkol jagung diatas dapat dilakukan analisa varian satu arah untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh kadar *residu* sebagai pengikat terhadap nilai kalor yang terjadi yang mana hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

4.2.2.1. Analisa Varian Satu Arah.

- Jumlah seluruh perlakuan (JSP)

$$\begin{aligned}
 JSP &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \\
 &= 6822,47 + 6894,54 + \dots + 7326,47 \\
 &= 105603,64
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat seluruh perlakuan (JKSP)

$$\begin{aligned}
 JKSP &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \\
 &= 6822,47^2 + 6894,54^2 + \dots + 7326,47^2 \\
 &= 744166129,3
 \end{aligned}$$

- Faktor koreksi (FK)

$$\begin{aligned}
 FK &= \frac{\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2}{n.k} \\
 &= \frac{105603,64^2}{3.5} \\
 &= 743475252,1
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat total (JKT)

$$\begin{aligned}
 JKT &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - FK \\
 &= 744166129,3 - 743475252,1 \\
 &= 669820877,2
 \end{aligned}$$



- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$JKP = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^k Y_{ij} \right)^2}{n} \right] - FK$$

$$= \frac{20539,48^2 + 20707,65^2 + 20851,79^2 + 21403,75^2 + 22100,97^2}{3} - 743475252,1$$

$$= 540595,36$$

- Jumlah kuadrat galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKP$$

$$= 669820877,2 - 540595,36$$

$$= 669280281,8$$

- Kuadrat tengah perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{JKP}{k-1}$$

$$= \frac{540595,36}{5-1}$$

$$= 135148,84$$

- Kuadrat tengah galat

$$KTG = \frac{JKG}{N-k}$$

$$= \frac{669280281,8}{15-5}$$

$$= 66928028,18$$

- $F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG}$

$$= \frac{66928028,18}{135148,84}$$

$$= 495,21$$



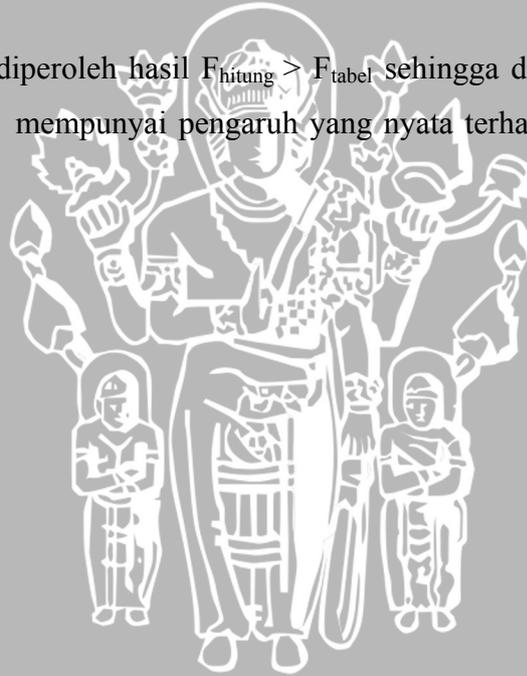
$$\begin{aligned} \blacktriangleright F_{\text{tabel}} &= F(\text{db}; N-k; \alpha) \\ &= F(3; 10; 0,05) \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, dihasilkan tabel sebagai berikut :

Tabel 4.3. Data analisa varian satu arah pengujian nilai kalor briket arang tongkol jagung

Sumber varian	Db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}
Perlakuan	3	540595,36	135148,84	495,21	3,48
Galat	8	669280281,8	66928028,18		
Total	11	669820877,2	67063177,02		

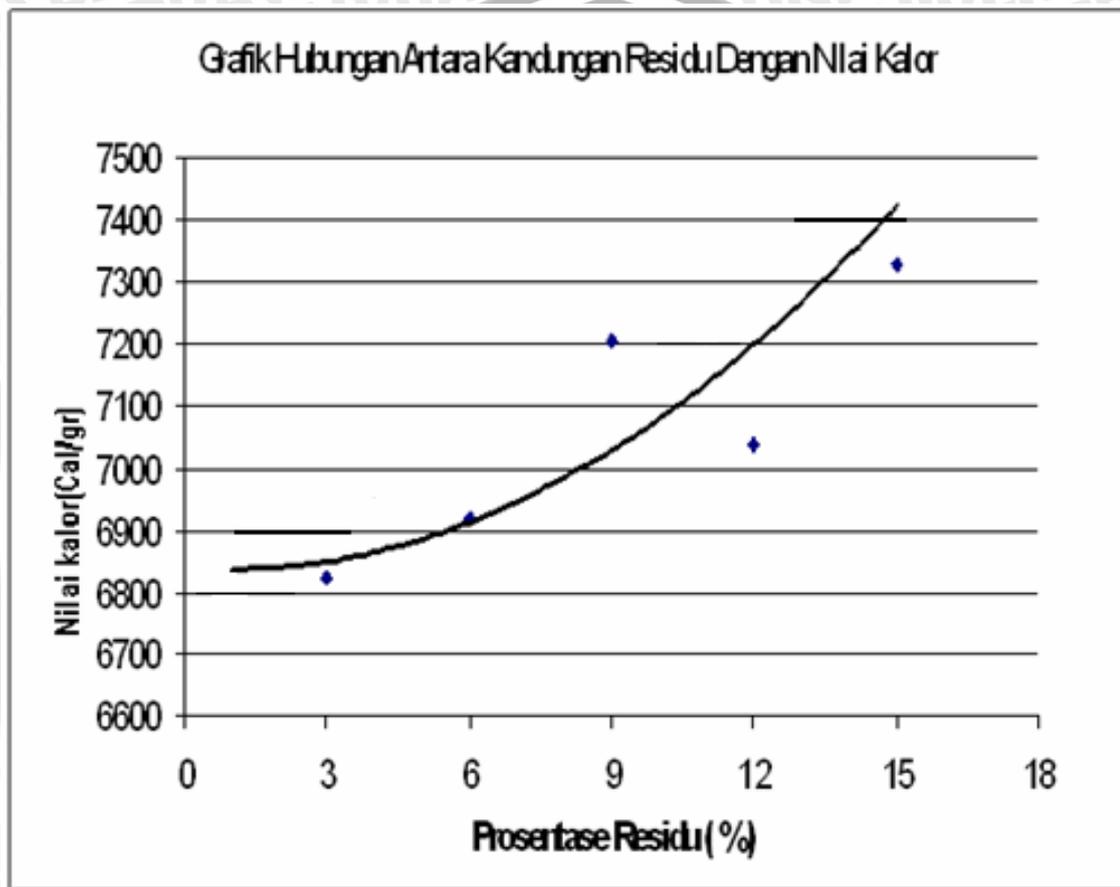
Dari tabel diatas diperoleh hasil $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ sehingga dapat diketahui bahwa variasi prosentase *residu* mempunyai pengaruh yang nyata terhadap nilai kalor briket arang tongkol jagung.



4.3. PEMBAHASAN

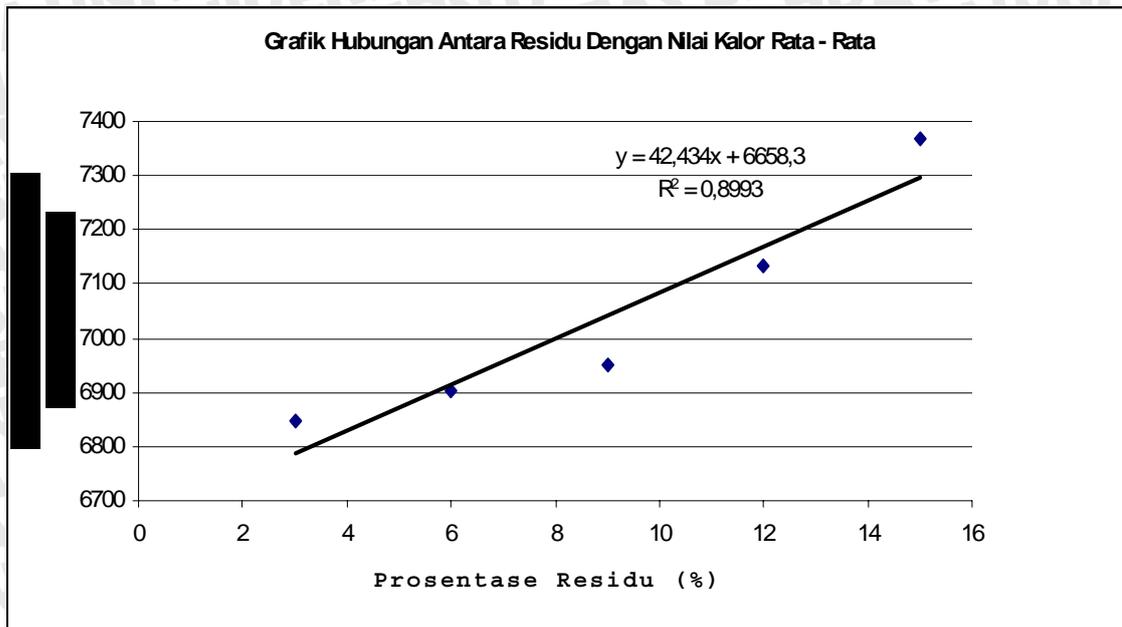
4.3.1 Grafik Hubungan antara Kandungan Residu dengan Nilai Kalor

Dari perhitungan data hasil pengamatan dengan nilai kandungan *residu* yang bervariasi didapatkan besarnya nilai kalor sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4.1



Gambar 4.1. Grafik hubungan antara kandungan *residu* dengan nilai kalor

Dari data hasil analisa varian satu arah untuk pengujian nilai kalor pada briket dapat diketahui bahwa variasi prosentase campuran *residu* berpengaruh nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel yaitu $495,21 > 3,10$. Pengaruh nyatanya adalah berupa peningkatan nilai kalor seiring dengan meningkatnya prosentase dari *residu* yang ditunjukkan pada grafik diatas. Pada regresi linear $Y = 4,43x + 6696,67$ dengan $R^2 = 0,899$



Gambar 4.2. Grafik hubungan antara kandungan *residu* dengan nilai kalor rata-rata

Dari grafik di atas ditunjukkan bahwa seiring dengan penambahan *residu* selalu diikuti dengan kenaikan nilai kalor yang dihasilkan, artinya semakin besar prosentase *residu* dalam briket akan menghasilkan nilai kalor yang semakin tinggi pula. Ini disebabkan bahwa nilai kalor *residu* lebih tinggi dari pada nilai kalor arang tongkol jagung. Yang mana nilai kalor *residu* sendiri adalah 9128 kal/gr sedangkan nilai kalor arang tongkol jagung adalah 6800 kal/gr.

Hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan pada prosentase *residu* 3% didapatkan nilai kalor rata-rata yaitu 6846,493 kal/gr dan pada prosentase *residu* 15% nilai kalor rata-rata 7366,99 kal/gr.

Dari setiap penambahan fraksi *residu*, selalu terjadi peningkatan pertambahan nilai (nominal) kalor yang dihasilkan. Nilai fraksi *residu* maksimal adalah 95%. Oleh karena itu, jumlah berat atau massa setiap peningkatan *residu*. Selanjutnya nilai kalor yang dihasilkan untuk fraksi tongkol jagung cenderung menurun.

Namun perubahan dari nilai nominal peningkatan *residu* nilai kalor lebih besar dari nilai nominal penurunan tongkol jagung pada tiap kenaikan prosentase *residu*. Sehingga secara akumulasi dalam briket setiap perubahan nilai kalor *residu* lebih dominan dari pada nilai penurunan nilai kalor pada tongkol jagung. Hal ini bisa

dianalisa dari data penelitian, untuk menghitung pada setiap fraksi residu dan tongkol jagung. Dan dapat dilihat pada gambar grafik 4.2.

Tabel 4.4 Analisa Nilai Kalor *Residu* dan Tongkol Jagung

Prosentase (%) <i>Residu</i>	Nilai Kalor <i>Residu</i>	Nilai Kalor Tongkol Jagung	Total
3%	273,84	6324	6597,84
6%	547,68	6120	6667,68
9%	821,52	5916	6737,52
12%	1095,36	5712	6807,37
15%	1369,2	5508	6877,2

Dari tabel diatas tampak bahwa laju (gradien) perubahan nilai kalor residu selalu lebih besar dari pada laju perubahan nilai kalor Tongkol Jagung yang cenderung menurun



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis hasil pengambilan data di Laboratorium Motor Bakar Universitas Brawijaya Malang tentang Pengaruh Kadar *Residu* pada Briket Arang Tongkol Jagung terhadap Nilai Kalor, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

Dalam penelitian uji nilai kalor, kandungan *residu* pada briket arang tongkol jagung sebagai pengikat akan berpengaruh terhadap nilai kalor, komposisi *residu* yang terendah dengan prosentase 3% memiliki nilai rata-rata 6846.493 kal/gr akan mengalami kenaikan secara bertahap sesuai dengan bertambahnya kandungan *residu* sampai prosentase 15% dengan nilai kalor rata-rata 7366.99 kal/gr.

5.2 Saran

1. Hasil penelitian ini bisa digunakan untuk pembuatan briket dengan prosentase diatas 3% *residu* sudah cukup baik untuk bahan bakar alternatif.
2. Bentuk geometri briket perlu dibuat variasi sedemikian, agar supaya waktu penyalaan/ waktu pembakaran awal lebih cepat terbakar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, dkk. 1991, *Energi dan Listrik Pertanian*. IPB Bogor.hal 353.
- Anonymous, 1998. *Pengembangan Biomassa Sebagai Energi Alternatif di Indonesia*, Energi dan Kita, Edisi Khusus, 1988/1989, Direktorat Jendral Listrik dan Energi, Depratemen Energi, Jakarta
- Anonymous, 2004, *Proyek Kerja Dinas Pertambangan Sumatera Utara*, Dinas Pertambangan dan Energi Sumatera Utara
<http://www.distam-propsu.go.id>
- Anonymous, 2005, *Energi dari Lahan*,Indonesia
<http://www.Briquette-Magazine-content.com>
- Amin, Samidi. 2000, *Penelitian Berbagai Jenis Kayu Limbah Pengolahan Untuk Pemilihan Bahan Baku Briket Arang*. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia Vol. 2 No. 1 (April 2000). Halaman : 41- 46. BPPT
- E Paul, Degarmo.1979, *Material and Processes In Manufacturing*. Addison-wesley Publising Company.
- El Fitri, Ikhwan. ST. 2006. *Pengaruh Kadar Molasses Binder Pada Briket Arang Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Kalor Dan Kekuatan Tekan*. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya, Malang.
- Felfli, Felix Fonseca,2005, *Wood briquette torrefaction*,Bioware Tecnologia Centro de Tecnologia da UNICAMP, Campinas - SP, Brazil.
- Grigorova,Irena , 2003, *Briquetting of Brown Coals of With a Binding Agent Modified Amilum With Soluble Colophony*.University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski” “St. Ivan Rilski” Sofia 1700, Bulgaria
www.annual.mgu.bg/2003/en/svityk2/dokladi/pdf/grigorova.en.pdf
- Hifni, M. 1992, *Analisis Varian dan Penerapannya*. Malang : Kopma Press Universitas Brawijaya.
- Kadir, Abdul, 1996, *Energi : Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi*. Edisi kedua, UI Press. Jakarta.
- Koesoemadinata,R.P. 1980 .*Geologi Minyak dan Gas Bumi*, jilid 1 ,edisi ke 2 , ITB Bandung
- L.H Reineke,1964, *Briquets From Wood Residue*, Technologist Forest Products laboratory ,Forest Service U.S. Department of Agriculture.
(www.fu.in/forestserviceresearch/Pdf1964.nov/fpl075.pdf)
- ÖZBAYOĞLU, Gulhan dan Kejhanak Rowshan,2003, Tabari, *Briquette Of Iran AngouranSmithSonite Fines*, Middle East Technical University, Dept.of Mining Engineering, Ankara-Turkey
www.gulhano@metu.ed.tr

Progressio, Warintek, 2004, *Arang Tempurung Kelapa*, Dewan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Industri Sumatera Barat, Padang Baru, Padang
(<http://www.warintek.progressio.or.id>)

Restu, Agro, 2005, *Wood And Charcoal Exporter*, Product Info, Jakarta Timur
(<http://www.Agrorestu.com>)

Spigel, Murray R. 1994. *Teori dan Soal- Soal Statika*. Jakarta: Erlangga.

Sukandarrumidi, Ir. Msc. Ph.D. 1995. *Batu Bara dan Gambut*. FT UGM. Gajah Mada University Press, Jogjakarta.

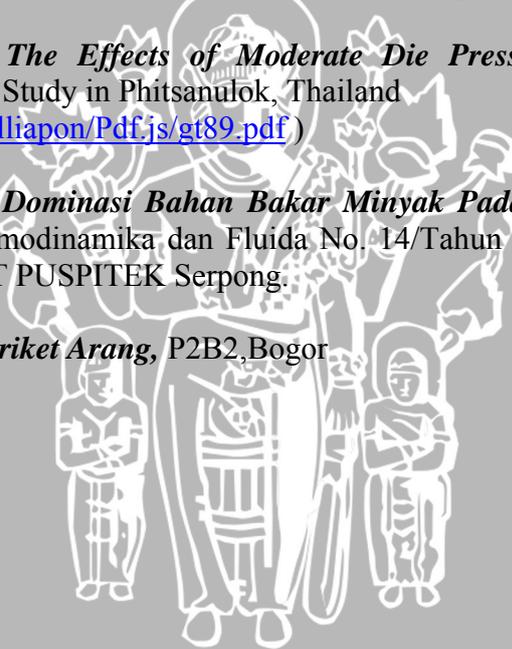
Suhardiyono, L 1988, *Tanaman Kelapa* Penerbit Kanisius Jogjakarta.

Tryana, Melita, ST dan Sarma, Tuti, ST, 2003, *Arang Aktif Pengenalan dan Proses Pembuatannya*. Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara
(www.kd.jer./industri-melitaarangaktif/Pdf.fy/sf2003.pdf)

Wilaipon, Panote, 2002, *The Effects of Moderate Die Pressure on Maize Cob Briquettes*. A Case Study in Phitsanulok, Thailand
(www.hj.on.ca/willaipon/Pdf.js/gt89.pdf)

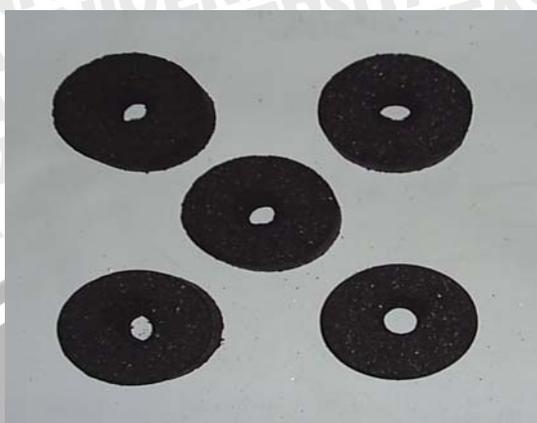
Zulfikar, Masri W. 2003, *Dominasi Bahan Bakar Minyak Pada Kebutuhan Energi Publik*. Jurnal Termodinamika dan Fluida No. 14/Tahun VII Vol.2. Desember 2003. BTMP-BPPT PUSPITEK Serpong.

Zubir Ula, Ahmad, 2000, *Briket Arang*, P2B2, Bogor

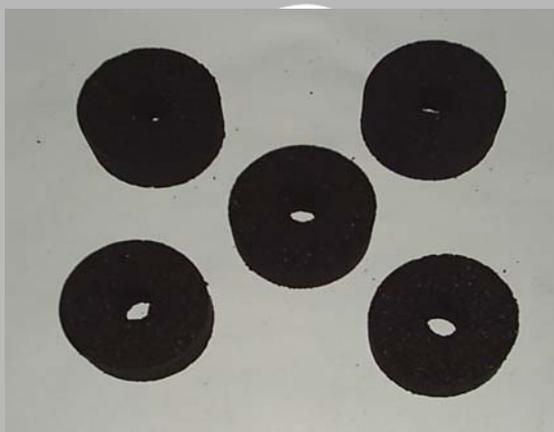


LAMPIRAN

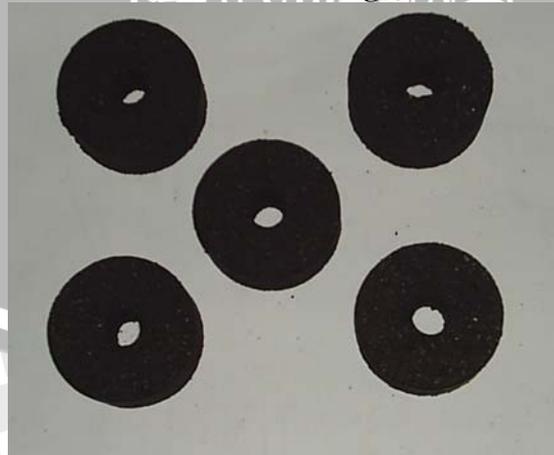
1. Foto Spesimen Briket Arang Tongkol Jagung



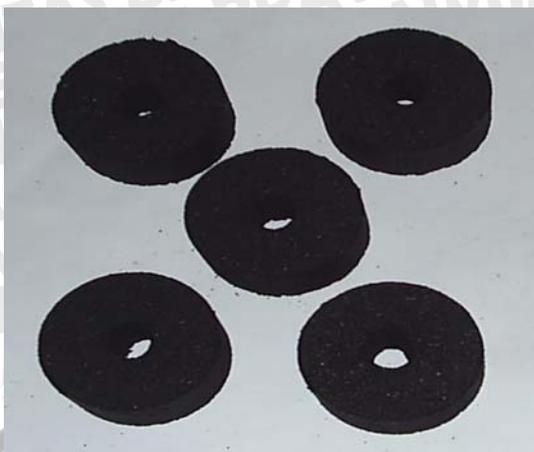
Gambar 1. Briket Kandungan *Residu* 3%



Gambar 2. Briket Kandungan *Residu* 6%



Gambar 3. Briket Kandungan *Residu* 9%



Gambar 4. Briket Kandungan *Residu* 12%



Gambar 5. Briket Kandungan *Residu* 15%



Gambar 6. Penyalaan Briket Arang Tongkol Jagung

2. Foto Alat Yang Dipergunakan Untuk Membuat Briket



Gambar 7. Gelas Ukur



Gambar 8. Serbuk Arang Setelah di Hancurkan dan di Ayak



Gambar 9. Timbangan digital



Gambar 10. Alat untuk menghancurkan arang



Gambar 11. Ayakan



Gambar 12. Cetakan Briket dan Punch



Gambar 13. Alat Press Hidrolik

3. Foto Instalasi Alat Pengujian Briket



**Gambar 14. Instalasi Bom Kalorimeter
(Adiabatic Calorimeter)**

LAMPIRAN

Foto pembuatan spesimen



Gambar 1. Foto pembuatan spesimen

Foto Spesimen Briket Arang Tongkol Jagung





Gambar 2. Briket Kandungan



Gambar 6. Penyalan Briket Arang Tongkol Jagung

Foto Alat Yang Dipergunakan Untuk Membuat Briket



Gambar 7. Gelas Ukur



Gambar 8. Serbuk Arang Setelah di Hancurkan dan di Ayak



Gambar 9. Timbangan digital



Gambar 10. Alat untuk menghancurkan arang



Gambar 12. Cetakan Briket dan Punch



Gambar 13. Alat Press Hidrolik

Foto Instalasi Alat Pengujian Briket



**Gambar 14. Instalasi Bom Kalorimeter
(Adiabatic Calorimeter)**