



**UJI VARIASI KOMPOSISI BAHAN PENYUSUN BRIKET
MENGUNAKAN KULIT KOPI DAN SEKAM PADI**

SKRIPSI

Oleh:

**Ridho Riskiyanto
NIM 091710201052**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2017



**UJI VARIASI KOMPOSISI BAHAN PENYUSUN BRIKET
MENGUNAKAN KULIT KOPI DAN SEKAM PADI**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

Oleh:

Ridho Riskiyanto
NIM 091710201052

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk Ayahku Wariso dan Ibuku Sudarmini
tercinta yang selalu sabar mendidik dan menunggu hingga terselesaikan skripsi ini



MOTTO

“Jadikanlah sabar dan shalatmu sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar”

(terjemahan Surat *Al-Baqarah* ayat 153)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(terjemahan Surat *Al-Baqarah* ayat 286)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ridho Riskiyanto

NIM : 091710201052

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Uji Variasi Komposisi Bahan Penyusun Briket Menggunakan Kulit Kopi dan Sekam Padi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 6 Januari 2017

Yang menyatakan,

Ridho Riskiyanto

NIM 091710201052

SKRIPSI

**UJI VARIASI KOMPOSISI BAHAN PENYUSUN BRIKET
MENGUNAKAN KULIT KOPI DAN SEKAM PADI**

Oleh :

Ridho Riskiyanto
NIM 091710201052

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng.

Dosen Pembimbing Anggota : Askin S.TP., M.MT.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Uji Variasi Komposisi Bahan Penyusun Briket Menggunakan Kulit Kopi dan Sekam Padi” telah diuji dan disahkan pada:

hari : Jum’at

tanggal : 6 Januari 2017

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng.
NIP. 196312121990031002

Askin S.TP., M.MT.
NIP. 197008302000031001

Tim Penguji:

Ketua

Anggota

Ir. Setiyo Harri, M.S.
NIP. 195309241983031001

Dedi Dwilaksana S.T., M.T.
NIP. 196912011996021001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng.
NIP 196809231994031009

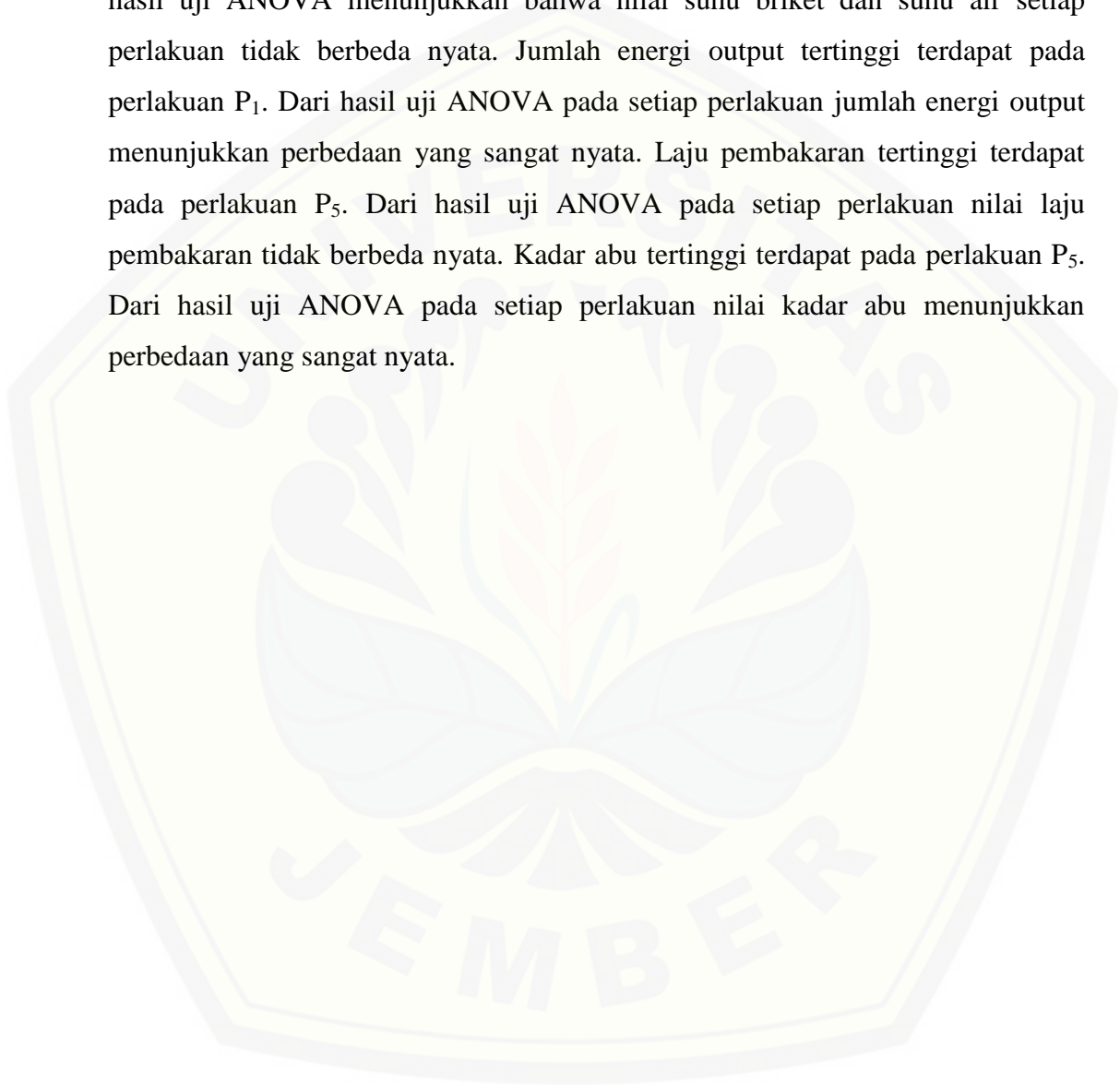
RINGKASAN

Uji Variasi Komposisi Bahan Penyusun Briket Menggunakan Kulit Kopi dan Sekam Padi; Ridho Riskiyanto, 091710201052; 2017: 66 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Salah satu bahan bakar alternatif yang dapat dimanfaatkan adalah briket. Briket merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang berasal dari biomassa. Energi biomassa dapat menjadi sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil karena sumber energi ini dapat dimanfaatkan secara lestari dan dapat diperbaharui. Biomassa yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit kopi dan sekam padi. Kulit kopi merupakan limbah hasil proses pengolahan kopi yang dapat diolah menjadi briket karena mempunyai nilai kalor yang cukup tinggi. Nilai kalor kulit kopi adalah sebesar 4600 kkal/kg. Sekam padi adalah limbah buangan dari pabrik penggilingan padi yang banyak beroperasi di pedesaan. Sekam padi dapat digunakan untuk bahan baku industri, pakan ternak, dan bahan bakar. Nilai kalor sekam padi adalah sebesar 3000 kkal/kg.

Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui karakteristik briket yang dihasilkan dan komposisi terbaik dalam pembuatan briket. Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2015 sampai Oktober 2015 di Laboratorium Rekayasa Alat dan Mesin Keteknikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Penelitian ini dilakukan dengan 5 variasi perbandingan bahan arang kulit kopi dan arang sekam padi. Arang kulit kopi : arang sekam padi (70g : 10g) sebagai perlakuan 1, (60g : 20g) sebagai perlakuan 2, (40g : 40g) sebagai perlakuan 3, (20g : 60g) sebagai perlakuan 4, (10g : 70g) sebagai perlakuan 5 dan penambahan tepung tapioka 20g. Prosentase tersebut berdasarkan jumlah berat total bahan yang digunakan yaitu berat total bahan 100 gram. Pengamatan yang dilakukan meliputi kadar air, suhu pembakaran briket, suhu air, laju pembakaran, jumlah energi output, dan kadar abu. Hasil yang didapatkan selanjutnya dianalisis menggunakan ANOVA.

Berdasarkan hasil penelitian, nilai kadar air tertinggi terdapat pada P₅. Dari hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa nilai kadar air setiap perlakuan tidak berbeda nyata. Pengujian suhu briket tertinggi terdapat pada P₁ dengan lama nyala briket 120 menit. Pengujian suhu air tertinggi terdapat pada perlakuan P₁. Dari hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa nilai suhu briket dan suhu air setiap perlakuan tidak berbeda nyata. Jumlah energi output tertinggi terdapat pada perlakuan P₁. Dari hasil uji ANOVA pada setiap perlakuan jumlah energi output menunjukkan perbedaan yang sangat nyata. Laju pembakaran tertinggi terdapat pada perlakuan P₅. Dari hasil uji ANOVA pada setiap perlakuan nilai laju pembakaran tidak berbeda nyata. Kadar abu tertinggi terdapat pada perlakuan P₅. Dari hasil uji ANOVA pada setiap perlakuan nilai kadar abu menunjukkan perbedaan yang sangat nyata.



SUMMARY

Variation Composition Test of Briquettes Materials Ingredient Using Coffee Shell and Rice Husk; Ridho Riskiyanto, 091710201052; 2017: 66 pages; Agricultural Engineering Department, Faculty of Agricultural Technology, Jember University.

Briquette is one of the alternative fuel from biomass. The biomass energy is an alternative substitute of fossil fuels because this energy can be used as an eternal and renewable. This research used coffee shell and rice husk. Coffee shell as a waste of coffee processing can be processed as a briquette because it has high heating value about 4600 kkal/kg. Rice husk is waste from the rice milling process that in lot of operating in the country. Rice husk can be used for industrial raw materials, animal feed, and fuel. The heating value of rice husk is 3000 kkal/kg.

This research aimed to know the characteristics of briquette produced and best composition in the briquette production. This research was conducted in August 2015 until October 2015 at the Laboratory of Agricultural Machinery, Faculty of Agricultural Technology, Jember University. This research was conducted in 5 variations of materials ratio of coffee shell charcoal and rice husk charcoal. Coffee shell charcoal : rice husk charcoal (70g : 10g) as treatment 1, (60g : 20g) as treatment 2, (40g : 40g) as treatment 3, (20g : 60g) as treatment 4, (10g : 70g) as treatment 5 and the addition of tapioca flour is 20 g. The percentage by weight of the total amount of material used is a total weight of 100 grams of material. Observation data included water content, briquette combustion temperature, water temperature, firing rate, amount of energy output, and ashes content. The result were analyzed using ANOVA.

The results indicate that the highest value of the water content is on P₅. From result ANOVA test shows that the water content in each treatment is not significant different. The test of highest temperature briquettes was on P₁ with duration of briquettes flame was 120 minutes. The test of highest water temperature was on P₁. From result ANOVA test shows that the briquette temperature and water temperature in each treatment is not significant different. Highest amount of energy output was on P₁. From result ANOVA test in each

treatment amount energy output showed very significant different. The highest of burning rate was on P₅. From result ANOVA test in each treatment the firing rate value is not significant different. The highest of ashes content was on P₅. From result ANOVA test in each treatment ashes content rate showed very significant different.



PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Uji Variasi Komposisi Bahan Penyusun Briket Menggunakan Kulit Kopi dan Sekam Padi”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Dalam proses penyusunan dan penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, motivasi, maupun masukan dari berbagai pihak, sejak awal hingga terselesaikannya skripsi ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
2. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan arahan, dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini;
3. Askin S.TP., M.MT., selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan arahan, dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini;
4. Ir. Setiyo Harri, M.S. dan Dedi Dwilaksana, S.T., M.T. selaku tim penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan bimbingan dalam perbaikan penulisan skripsi ini;
5. Ir. Muharjo Pudjojono selaku Komisi Bimbingan yang banyak memberikan saran dan kritik selama penulisan skripsi ini;
6. Pak Sagan, Pak Herry dan Mas Agus selaku Teknisi Laboratorium Jurusan Teknik Pertanian atas bantuannya selama melaksanakan penelitian di Fakultas Teknologi Pertanian;
7. Ayahku Wariso dan Ibuku Sudarmini tercinta, yang telah banyak memberikan bantuan materiil, kasih sayang, motivasi, perhatian, dukungan moral dan

selalu sabar selama ini mendidik dan menunggu hingga dapat menyelesaikan skripsi ini;

8. Kakakku Arie Kurniati, Noor Ikhsan Sugiharto, Aisyah Ilmi Suryani, Khalik Abdi, dan nenekku Sami yang selalu mendoakan, memberikan motivasi selama ini. Kedua keponakanku Jihan Azalia Khairunissa dan Moh Khalif Rabbani;
9. Sahabat-sahabatku Kosan Jago, terimakasih atas segala bantuan dan motivasinya;
10. Rizdha Yusufik yang telah memberikan semangat dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini;
11. Teman-teman seperjuangan TEP angkatan 2009 dan adik angkatan 2010 yang telah banyak memberikan bantuan, dukungan, dan motivasi, kakak-kakak angkatan yang telah memberikan inspirasi untuk dapat menyelesaikan penulisan skripsi;
12. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian;
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu tenaga dan pikirannya dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 29 Mei 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Biomassa	4
2.2 Kulit Kopi	5
2.3 Sekam Padi	6
2.4 Densifikasi.....	7
2.5 Karbonisasi.....	8
2.6 Briket.....	9
2.7 Perekat Briket	11
2.8 Standar Mutu Briket Arang	11

2.9 Pengujian Briket	12
2.9.1 Kadar Air	12
2.9.2 Laju Pembakaran	12
2.9.3 Jumlah Energi Output	12
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	13
3.2.1 Alat	13
3.2.2 Bahan	13
3.3 Prosedur Penelitian	14
3.3.1 Pembuatan Briket	14
3.3.2 Pengujian Briket	16
3.4 Analisis Data	18
3.5 Diagram Alir Penelitian	20
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Hasil Pembuatan Briket	21
4.2 Pengujian Briket	21
4.2.1 Kadar Air	22
4.2.2 Suhu Pembakaran Briket	24
4.2.3 Suhu Air	26
4.2.4 Laju Pembakaran	28
4.2.5 Jumlah Energi Output	30
4.2.6 Kadar Abu	31
BAB 5. PENUTUP	35
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Potensi Energi Terbarukan di Indonesia	4
2.2 Potensi Energi Biomassa di Indonesia	5
2.3 Komposisi Kimia Sekam Padi.....	7
2.4 Standardisasi Briket Arang (SNI 01-6235-2000).....	11
3.1 Variasi Komposisi Campuran Briket	15
3.2 Perhitungan ANOVA	19
4.1 Hasil Pengukuran Kadar Air rata-rata pada Briket	22
4.2 Hasil Pengujian ANOVA Kadar Air	24
4.3 Hasil Pengujian ANOVA Suhu Pembakaran Briket	26
4.4 Hasil Pengujian ANOVA Suhu Air	28
4.5 Hasil Pengujian ANOVA Laju Pembakaran Briket.....	29
4.6 Hasil Pengujian ANOVA Jumlah Energi Output.....	31
4.7 Hasil Pengukuran Kadar Abu rata-rata pada Briket.....	33
4.8 Hasil Pengujian ANOVA Kadar Abu	34
4.9 Hasil Keseluruhan Pengujian yang Telah Dilakukan.....	34

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3.1 Titik Pengukuran Suhu.....	17
3.2 Flowchart Proses Pembuatan Briket dan Pengujian Briket.....	20
4.1 Briket Campuran Kulit Kopi dan Sekam Padi	21
4.2 Grafik Perbandingan Kadar Air	23
4.3 Grafik Perbandingan Suhu Pembakaran Briket	25
4.4 Grafik Perbandingan Suhu Air.....	27
4.5 Grafik Perbandingan Laju Pembakaran Briket	28
4.6 Grafik Perbandingan Jumlah Energi Output	30
4.7 Grafik Perbandingan Kadar Abu.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Data Hasil Pengukuran Briket P1 (70 gram Arang Kulit Kopi dengan 10 gram Arang Sekam Padi)	37
B. Data Hasil Pengukuran Briket P2 (60 gram Arang Kulit Kopi dengan 20 gram Arang Sekam Padi)	41
C. Data Hasil Pengukuran Briket P3 (40 gram Arang Kulit Kopi dengan 40 gram Arang Sekam Padi)	45
D. Data Hasil Pengukuran Briket P4 (20 gram Arang Kulit Kopi dengan 60 gram Arang Sekam Padi)	49
E. Data Hasil Pengukuran Briket P5 (10 gram Arang Kulit Kopi dengan 70 gram Arang Sekam Padi)	53
F. Perhitungan ANOVA.....	57

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi mengalami peningkatan dari waktu ke waktu seiring dengan meningkatnya proses industrialisasi di seluruh dunia. Di Indonesia kebutuhan terhadap energi terfokus kepada penggunaan bahan bakar minyak yang penggunaannya secara terus menerus akan menyebabkan terjadinya krisis bahan bakar. Sementara itu terdapat sejumlah biomassa yang jumlahnya cukup melimpah namun belum banyak dioptimalkan penggunaannya. Oleh karena itu diperlukan sumber energi alternatif untuk mengurangi ketergantungan energi dari energi minyak bumi yang persediaannya semakin menipis.

Energi biomassa merupakan sumber energi alternatif yang perlu mendapatkan prioritas untuk dikembangkan karena Indonesia sebagai negara agraris banyak menghasilkan limbah pertanian yang belum dimanfaatkan secara optimal. Selain itu, penggunaan energi biomassa cenderung murah karena bahan baku yang digunakan juga murah dan ketersediaan bahan baku juga melimpah serta cara (teknologi) pengolahannya tidak rumit. Beberapa contoh biomassa yang dapat diolah dan dijadikan sebagai bahan bakar alternatif antara lain kulit kopi, kulit kelapa, tongkol jagung, sekam padi, ampas tebu, dll.

Salah satu sumber energi alternatif yang belum dikembangkan dan yang selama ini terbuang begitu saja yaitu pemanfaatan limbah kulit kopi yang diolah menjadi briket, karena selama ini penggunaan kulit kopi hanya sebagai pupuk tanaman, pakan ternak dan belum ada yang dijadikan bahan bakar dalam bentuk padat. Mengingat bahwa kulit kopi memiliki nilai kalor yang tinggi, kadar air yang rendah, serta kandungan sulfur yang cukup rendah. Sementara ketersediaan kopi cukup banyak terdapat di Indonesia.

Masyarakat pedesaan umumnya memanfaatkan kulit kopi hanya sebagai pupuk, padahal kulit kopi ini sangat baik dijadikan sebagai bahan bakar (arang dari kulit kopi). Perlu diketahui, dalam 3 ton kopi gelondongan hanya akan diperoleh 1 ton biji kopi siap olah, selebihnya adalah limbah kulit kopi yang akan dibuang begitu saja (Najiyati dan Danarti, 2001:154).

Sekam padi atau kulit padi adalah limbah buangan dari pabrik penggilingan padi (huller) yang banyak beroperasi di pedesaan. Karena beras merupakan makanan pokok bangsa Indonesia, limbah yang berupa sekam padi tidak akan habis sepanjang masa. Selama ini pemanfaatan sekam hanya terbatas untuk campuran pupuk organik, media tanam hortikultura, peternakan ayam boiler dan bahan bakar batu bata. Padahal, sekam padi dapat digunakan untuk bahan bakar alternatif (Kurniawan dan Marsono, 2008:15).

Bahan baku berupa limbah kulit kopi terdapat dalam jumlah yang melimpah, dan terbarukan. Dari data Badan Pusat Statistik Nasional tahun 2007 menunjukkan bahwa produksi kopi terus meningkat sejak tahun 2003 sebesar 430.000 ton menjadi 439.000 ton, tahun 2005 dan pada tahun 2006 sebesar 443.000 ton. Diperkirakan pada tahun 2020 akan meningkat sebesar 514.000 ton. Jika produksi kopi sebesar itu, dapat diperkirakan potensi kulit kopi yang menjadi limbah $\frac{2}{3}$ dari produksi yang dihasilkan. Dengan kata lain, sampai pada tahun 2020 limbah kulit kopi yang dapat dimanfaatkan sebesar 342.700 ton.

Bahan baku berupa limbah sekam padi terdapat dalam jumlah yang melimpah, murah, dan terbarukan. Data Biro Pusat Statistik tahun 2008 menunjukkan bahwa produksi padi di Indonesia seluruhnya sekitar 55 juta ton padi. Total potensi sekam di Indonesia sendiri mencapai 13 juta ton per tahun. Dengan ketersediaan bahan baku yang melimpah dan mudah untuk diperoleh serta terbarukan maka akan dibuat briket dari kombinasi kulit kopi dan sekam padi dengan komposisi yang berbeda sebagai sumber energi alternatif.

1.2 Rumusan Masalah

Kulit kopi dan sekam padi merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang pemanfaatannya sangat minim sekali dalam pembuatan briket, padahal kulit kopi dan sekam padi sangat baik dijadikan sebagai bahan bakar dalam bentuk padat. Kombinasi bahan baku dengan menggunakan limbah kulit kopi dan sekam padi dalam pembuatan briket masih jarang ditemui. Oleh karena itu dilakukan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik briket yang dihasilkan dan komposisi yang terbaik dalam pembuatan briket.

1.3 Batasan masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Tekanan saat proses pengepresan yaitu 2500 kg/cm^2 ,
- b. Kulit kopi yang digunakan adalah kulit tanduk kopi,
- c. Bahan perekat yang digunakan adalah tepung tapioka,
- d. Parameter yang diuji adalah kadar air, suhu pembakaran briket, suhu air, laju pembakaran, jumlah energi output, dan kadar abu.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui karakteristik briket kulit kopi dan sekam padi dengan komposisi yang berbeda,
- b. Mengetahui komposisi yang terbaik dalam pembuatan briket terhadap mutu briket yang dihasilkan,

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Memberikan informasi mengenai karakteristik briket yang diuji dengan komposisi yang berbeda,
- b. Memberikan informasi mengenai komposisi briket yang terbaik terhadap mutu briket yang dihasilkan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa

Biomassa merupakan produk fotosintesis, yakni butir-butir hijau daun yang bekerja sebagai sel-sel surya, menyerap energi matahari dan mengkonversi dioksida karbon dengan air menjadi suatu senyawa karbon, hidrogen dan oksigen. Hasil konversi dari senyawa itu dapat berbentuk arang atau karbon, alkohol kayu, dan lain-lain. Energi yang disimpan dapat pula di manfaatkan dengan langsung membakar kayu itu. Panas yang dihasilkan digunakan untuk memasak atau untuk keperluan lain (Kadir, 1995:232).

Indonesia mempunyai potensi energi biomassa sebesar 50.000 MW yang bersumber dari produk sampingan hasil pengolahan tanaman perkebunan dan pertanian, seperti: kelapa sawit, penggilingan padi, kayu, *plywood*, pabrik gula, kakao, dan limbah pertanian lain. Saat ini, jumlah energi biomassa yang telah dimanfaatkan hanya sebesar 302 MW dari total potensi energi biomassa yang ada atau setara dengan 0,64% (Prihandana dan Hendroko, 2007:35). Tabel 2.1 menunjukkan potensi energi terbarukan di Indonesia.

Tabel 2.1 Potensi Energi Terbarukan di Indonesia

Sumber	Potensi (MW)	Kapasitas Terpasang (MW)	Pemanfaatan (%)
<i>Large hydro</i>	75.000	4.200	5,600
Biomassa	50.000	302	0,604
<i>Geothermal</i>	20.000	812	4,060
<i>Mini/micro hydro</i>	459	54	11,764
Energi cahaya/solar	156.487	5	$3,19 \times 10^{-3}$
Energi angin	9.286	0,50	$5,38 \times 10^{-3}$
Total	311.232	5.373,5	22,03

Sumber: Prihandana dan Hendroko (2007:35).

Potensi biomassa di Indonesia cukup tinggi. Dengan hutan tropis Indonesia yang sangat luas, setiap tahun diperkirakan terdapat limbah kayu

sebanyak 25 juta ton yang terbuang dan belum dimanfaatkan. Jumlah energi yang terkandung dalam kayu itu besar, yaitu 100 milyar kkal setahun. Demikian juga sekam padi, tongkol jagung, dan tempurung kelapa yang merupakan limbah pertanian dan perkebunan, memiliki potensi yang besar sekali (Kadir, 1995:251).

Oleh karena sifat-sifatnya, energi biomassa dikategorikan sebagai salah satu energi masa depan. Bukan saja karena bisa diperbaharui (renewable), tetapi energi ini bersifat ramah lingkungan. Energi biomassa sering disebut sebagai BBM nabati karena bahan baku energi ini berasal dari berbagai tanaman pertanian, perkebunan, kehutanan, peternakan, bahkan sampah (Prihandana dan Hendroko, 2007:34).

Pada Tabel 2.2 di bawah ini menunjukkan beberapa jenis biomassa yang berpotensi untuk dapat di dimanfaatkan menjadi sumber energi alternatif.

Tabel 2.2 Potensi Energi Biomassa di Indonesia

Sumber Energi	Produksi (10^6 ton/th)	Energi (10^9 kcal/th)	Pangsa (%)
Kayu	25,0	100,0	72,0
Sekam Padi	7,55	27,0	19,4
Jenggal Jagung	1,52	6,8	4,9
Tempurung Kelapa	1,25	5,1	3,7
Potensi Total	35,32	138,9	100

Sumber: Kadir (1995:253).

2.2 Kulit Kopi

Kopi merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang sudah lama dibudidayakan dan memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi. Buah kopi terdiri dari daging buah dan biji. Daging buah terdiri atas tiga bagian lapisan kulit luar (*eksokarp*), lapisan daging (*mesokarp*), dan lapisan kulit tanduk (*endokarp*) yang tipis tetapi keras (Najiyati dan Danarti, 2001:13).

Kulit kopi sebagai limbah tanaman kopi terdiri atas kulit buah dan kulit tanduk kopi. Dengan produksi kopi mencapai 460.000 ton biji kopi, maka kulit buah kopi dapat mencapai 121.000 ton, sedangkan kulit tanduk sebesar 22.000

ton. Kulit tanduk kopi memiliki kadar air relatif rendah sehingga digunakan sebagai bahan bakar untuk pengering kopi. Nilai kalori kulit tanduk kopi adalah sebesar 4600 kkal/kg, sedangkan kulit buah dengan kandungan air 5 % memiliki nilai kalori 3300 kkal/kg berpotensi sebagai sumber bahan bakar (Clarke dan Macrae, 1985:257).

Kulit kopi dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber energi alternatif karena kulit kopi memiliki nilai kalor yang tinggi, kadar air yang rendah, serta kandungan sulfur yang cukup rendah. Pembakaran limbah kulit kopi menghasilkan kadar sulfur yang rendah. Keringnya kandungan dari limbah kulit kopi akan menguntungkan karena dapat meningkatkan nilai kalor (Antolin *et al.*, 1991:495).

Limbah padat dari proses pengolahan biji kopi merupakan hasil samping yang akan menimbulkan masalah apabila tidak diolah. Proses pengupasan kulit kopi menghasilkan limbah padat yang cukup besar berupa kulit dan daging buah kopi. Berdasarkan analisis neraca massa, persentase limbah padat yang dihasilkan dari proses pengupasan dapat mencapai kisaran 40-60%, pada pengolahan kopi akan menghasilkan 65% biji kopi dan 35% limbah kulit kopi (Najiyati dan Danarti, 2001:155).

2.3 Sekam Padi

Sekam padi merupakan lapisan keras yang membungkus butir gabah, terdiri dari dua belahan yaitu *lemma* dan *palea* yang saling bertautan. Pada proses penggilingan gabah, sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan yang dapat memberi peluang usaha bila diolah lebih lanjut. Indonesia memproduksi beras setahun kira-kira 25 juta ton. Pada tingkat produksi demikian jumlah sekam padi yang dihasilkan adalah sebanyak 6,5 juta ton. Walaupun sekam padi dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti bahan baku industri, pakan ternak, dan energi atau bahan bakar, namun limbah ini pada umumnya dibuang begitu saja dan kurang di manfaatkan (Kadir, 1995:251).

Sekam mengandung beberapa unsur penting ditinjau dari komposisi kimiawinya seperti terlihat pada Tabel 2.3. berikut ini:

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Sekam Padi

Komponen	Persentase (%)
Kadar air	9,02
Kadar abu	17,71
Kadar karbon	1,33
Protein kasar	3,03
Lemak	1,18
Serat	35,68

Sumber: Pancapalaga (2008).

Limbah sering diartikan sebagai bahan buangan/bahan sisa dari proses pengolahan hasil pertanian. Proses penghancuran limbah secara alami berlangsung lambat, sehingga limbah tidak saja mengganggu lingkungan sekitarnya tetapi juga mengganggu kesehatan manusia. Saat ini pemanfaatan sekam padi tersebut masih sangat sedikit, sehingga sekam tetap menjadi bahan limbah yang mengganggu lingkungan (Pancapalaga, 2008).

Sekam memiliki kandungan energi 3000 kkal/kg dan ketika dibakar sempurna dapat menghasilkan 15-21% abu dan hampir 90% silika. Satu kg sekam padi membutuhkan 4,7 kg udara agar sekam benar-benar terbakar sempurna. Rendemen produk yang diperoleh dari proses penggilingan padi, antara lain: 55% biji utuh, 15% beras patah, 20% sekam, dan 10% dedak halus (Belonio, 2005:50).

2.4 Densifikasi

Densifikasi atau pengempaan merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kualitas biomassa sebagai sumber energi. Pengempaan briket bertujuan untuk meningkatkan kerapatan, memperbaiki sifat fisik briket, dan menurunkan masalah penanganan seperti penyimpanan dan pengangkutan. Pengempaan ini dapat dilakukan dengan tekanan tertentu untuk memperoleh bentuk briket dengan kepadatan yang diinginkan. Hasil dari proses pengempaan ini disebut briket (Kurniawan dan Marsono, 2008:33).

Sebelum dilakukan pengempaan, perlu diperhatikan beberapa hal, yaitu: kondisi bahan, perekat, tekanan pengempaan, alat dan mesin pengempa,

karbonisasi dan mutu briket yang dihasilkan. Perlakuan bahan sebelum pengempaan antara lain adalah sortasi untuk memisahkan bahan baku dari benda asing, penggilingan untuk menyeragamkan ukuran bahan dan proses pencampuran bahan baku dengan perekat. Mutu briket sebagai bahan bakar dipengaruhi oleh jenis bahan baku, jumlah perekat dan kadar air briket. Faktor lain yang berpengaruh adalah tekanan pengempaan itu sendiri (Kurniawan dan Marsono, 2008:33).

2.5 Karbonisasi

Karbonisasi atau pengarangan adalah proses mengubah bahan baku asal menjadi karbon berwarna hitam melalui pembakaran dalam ruang tertutup dengan udara yang terbatas atau seminimal mungkin. Sebenarnya teknik pengarangan sudah dikenal ratusan tahun yang lalu. Hanya saja, arang yang dibuat berasal dari kayu bakar, bukan dari limbah bahan organik (Kurniawan dan Marsono, 2008:22).

Menurut Sinurat (2011), pelaksanaan karbonisasi meliputi teknik yang paling sederhana hingga yang paling canggih. Tentu saja metode pengarangan yang dipilih disesuaikan dengan kemampuan dan kondisi keuangan. Berikut ini dijelaskan beberapa metode karbonisasi:

a. Pengarangan terbuka

Metode pengarangan terbuka artinya pengarangan tidak di dalam ruangan sebagaimana mestinya. Risiko kegagalannya lebih besar karena udara langsung kontak dengan bahan baku. Metode pengarangan ini paling murah dan paling cepat, tetapi bagian yang menjadi abu juga paling banyak, terutama jika selama proses pengarangan tidak ditunggu dan dijaga. Selain itu bahan baku harus selalu dibolak-balik agar arang yang diperoleh seragam dan merata warnanya.

b. Pengarangan di dalam drum

Drum bekas aspal atau oli yang masih baik bisa digunakan sebagai tempat proses pengarangan. Metode pengarangan di dalam drum cukup praktis karena bahan baku tidak perlu ditunggu terus-menerus sampai menjadi arang.

c. Pengarangan di dalam silo

Sistem pengarangan silo dapat diterapkan untuk produksi arang dalam jumlah banyak. Dinding dalam silo terbuat dari batu bata tahan api. Sementara itu, dinding luarnya disemen dan dipasang besi beton sedikitnya 4 buah tiang yang jaraknya disesuaikan dengan keliling silo. Sebaiknya sisi bawah silo diberi pintu yang berfungsi untuk mempermudah pengeluaran arang yang sudah jadi. Hal yang penting dalam metode ini adalah menyediakan air yang banyak untuk memadamkan bara.

d. Pengarangan semimodern

Metode pengarangan semimodern sumber apinya berasal dari plat yang dipanasi atau batu bara yang dibakar. Akibatnya udara disekeliling bara ikut menjadi panas dan memuai ke seluruh ruangan pembakaran. Panas yang timbul dihembuskan oleh blower atau kipas angin bertenaga listrik.

e. Pengarangan supercepat

Pengarangan supercepat hanya membutuhkan waktu pengarangan hanya dalam hitungan menit. Metode ini menggunakan penerapan roda berjalan. Bahan baku dalam metode ini bergerak melewati lorong besi yang sangat panas.

Lamanya pengarangan ditentukan oleh jumlah atau volume bahan organik, ukuran parsial bahan, kerapatan bahan, tingkat kekeringan bahan, jumlah oksigen yang masuk, dan asap yang keluar dari ruang pembakaran. Sebagai gambaran, arang sekam lebih cepat dan lebih mudah dibuat daripada arang serbuk gergaji kayu. Hal ini disebabkan jumlah ruang pori pada sekam padi lebih banyak bila dibandingkan dengan serbuk gergaji sehingga pertukaran gas yang terjadi di dalam ruangan pembakaran lebih leluasa (Kurniawan dan Marsono, 2008:23).

2.6 Briket

Menurut Kurniawan dan Marsono (2008:31), briket merupakan gumpalan arang yang terbuat dari bahan lunak yang dikeraskan. Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat briket arang adalah berat jenis bahan atau berat jenis serbuk arang, kehalusan serbuk, suhu karbonisasi, tekanan pengempaan, dan

pencampuran formula bahan baku briket. Proses pembriketan adalah proses pengolahan yang mengalami perlakuan penumbukan, pencampuran bahan baku, pencetakan dengan sistem hidrolis dan pengeringan pada kondisi tertentu, sehingga diperoleh briket yang mempunyai bentuk, ukuran fisik, dan sifat kimia tertentu.

Menurut Kurniawan dan Marsono (2008:32), proses produksi briket melalui beberapa tahap langkah. Adapun langkah-langkah pembuatan briket sebagai berikut:

a. Penyiapan bahan baku

Bahan baku yang disiapkan dan dibersihkan dari material-material tidak berguna seperti batu. Usahakan bahan tersebut sudah dalam kondisi kering. Tujuannya adalah agar proses pengarangan menjadi lebih cepat.

b. Proses karbonisasi

Untuk mengarangkan bahan limbah dapat menggunakan drum bekas yang telah bersih. Drum tersebut terlebih dahulu diberi lubang-lubang kecil dengan paku pada bagian dasar agar tetap ada udara yang masuk ke dalam drum.

c. Pengecilan ukuran bahan

Pengecilan ukuran bahan bertujuan untuk mendapatkan bahan briket yang bagus. Hasil pengecilan bahan diayak untuk menghasilkan serbuk yang halus.

d. Pencampuran

Bahan perekat dicampur dengan arang yang telah halus sampai membentuk semacam adonan. Bahan perekat ini dimaksudkan agar briket tidak mudah pecah ketika dibakar.

e. Pencetakan

Bahan yang telah tercampur secara merata dan telah membentuk adonan dilakukan pencetakan. Bentuk cetakan yang akan dibuat bisa disesuaikan dengan kebutuhan. Caranya adalah adonan dimasukkan ke dalam cetakan kemudian di tekan atau di kempa hingga mampat.

f. Pengeringan

Briket yang telah dicetak langsung di keringkan agar briket cepat menyala dan tidak berasap. Pengeringan dapat dilakukan di bawah sinar matahari atau dengan sarana pengeringan buatan menggunakan oven.

2.7 Perekat Briket

Menurut Kurniawan dan Marsono (2008:27), pembuatan briket dengan penggunaan bahan perekat akan lebih baik hasilnya jika dibandingkan tanpa menggunakan bahan perekat. Penambahan bahan perekat tersebut akan memberikan pengaruh terhadap sifat dan karakteristik briket yang akan dihasilkan. Ada beberapa jenis perekat yang digunakan untuk briket arang salah satunya yaitu perekat aci.

Perekat tepung tapioka umum digunakan sebagai bahan perekat pada briket karena banyak terdapat di pasaran, harganya relatif murah, dan cara membuatnya mudah yaitu cukup mencampurkan tepung tapioka dengan air, lalu mendidihkannya di atas kompor. Selama pemanasan tepung diaduk terus-menerus agar tidak menggumpal. Warna tepung yang semula putih akan berubah menjadi transparan setelah beberapa menit dipanaskan dan terasa lengket di tangan (Kurniawan dan Marsono, 2008:28)

2.8 Standar Mutu Briket Arang

Menurut Badan Standardisasi Nasional (2000) briket bioarang yang memenuhi standar sebagai bahan bakar adalah dilihat dari kadar air, kadar volatile matter, kadar abu, dan nilai kalor. Kualitas standar briket disajikan seperti pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 Standardisasi Briket Arang (SNI 01-6235-2000)

No.	Standardisasi	Nilai
1.	Kadar Air	Maksimal 8%
2.	Kadar <i>volatile matter</i>	Maksimal 15%
3.	Kadar Abu	Maksimal 8%
4.	Nilai Kalor	Minimal 5000 kal/g

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2000).

2.9 Pengujian Briket

Pengujian briket dilakukan dengan membakar briket hingga menjadi abu dengan mengamati waktu briket menyala hingga briket habis. Pengujian lama nyala briket dilakukan dengan menggunakan stopwatch.

2.9.1 Kadar Air

Pengukuran kadar air dilakukan dengan metode oven caranya adalah bahan ditimbang dengan timbangan analisis kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C sampai beratnya konstan. Bahan didinginkan dalam desikator dan timbang kembali. Kadar air bahan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \left(\frac{A - B}{A} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan : A = berat sampel mula-mula (gram)
B = berat sampel setelah dioven pada suhu 105 °C (gram)

2.9.2 Laju Pembakaran

Laju pembakaran briket adalah kecepatan briket habis sampai menjadi abu dengan berat tertentu. Laju pembakaran dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Laju pembakaran (g/detik)} = \frac{\text{massa briket (gram)}}{\text{waktu pembakaran (detik)} \dots \dots \dots (2.2)$$

2.9.3 Jumlah Energi Output

Energi yang digunakan untuk memasak air adalah nilai kalor atau panas yang dihasilkan oleh briket sampai air mendidih atau pada suhu tertentu dengan menggunakan persamaan:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan : Q = jumlah panas untuk mendidihkan air (Joule)
c = panas jenis air (joule/kg. °C)
m = massa air (kg)
Δt = kenaikan suhu (°C)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa Alat dan Mesin Keteknikan Pertanian Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Agustus sampai Oktober 2015.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. 1 set alat pembuat briket
- b. Alat karbonisasi
- c. Alat penghancur bahan
- d. Ayakan 50 mesh
- e. Timbangan
- f. Stop watch
- g. Tungku
- h. Panci
- i. Gelas ukur 100 ml
- j. Thermocouple
- k. Oven

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Kulit kopi
- b. Sekam padi
- c. Tepung tapioka
- d. Air

3.3 Prosedur Penelitian

Beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pembuatan briket meliputi: persiapan bahan baku, proses pembuatan arang, pengecilan ukuran, pembuatan komposisi campuran briket, pencetakan briket, pengeringan, dan melakukan pengujian briket meliputi: kadar air, suhu pembakaran briket, suhu air, laju pembakaran, jumlah energi output, dan kadar abu.

3.3.1 Pembuatan Briket

Proses yang dilakukan dalam pembuatan briket, yaitu:

a. Persiapan Bahan Baku

- 1) Membersihkan kulit kopi dan sekam padi dari kotoran yang tercampur,
- 2) Menjemur sekam padi dan kulit kopi di bawah sinar matahari sampai benar-benar kering,

b. Proses Pembuatan Arang

Kulit kopi dan sekam padi dikarbonisasi dengan cara disangrai sampai menjadi arang. Proses yang dilakukan dalam pembuatan arang, yaitu:

- 1) Menyiapkan alat karbonisasi,
- 2) Memasukkan kulit kopi ke dalam alat karbonisasi,
- 3) Mengaduk kulit kopi secara merata,
- 4) Mengamati kulit kopi hingga menjadi arang,
- 5) Mengeluarkan arang kulit kopi dan didinginkan di tempat lain agar arang tidak menjadi abu,
- 6) Mengulangi langkah yang sama untuk pembuatan arang sekam padi.

c. Pengecilan Ukuran

Pengecilan ukuran bahan dilakukan dengan ditumbuk menggunakan lesung. Pengecilan ukuran bahan baku bertujuan untuk mendapatkan bahan briket yang bagus. Hasil pengecilan bahan diayak menggunakan ayakan 50 mesh untuk menghasilkan serbuk yang halus.

d. Pembuatan Komposisi Campuran Briket, Pencetakan Briket dan Pengeringan.

Bahan baku yang digunakan adalah arang kulit kopi dan arang sekam padi dengan perbandingan prosentase seperti pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Variasi Komposisi Campuran Briket

Perlakuan	Variasi Komposisi (gram)		
	Arang Kulit Kopi	Arang Sekam Padi	Tepung Tapioka
P1	70	10	20
P2	60	20	20
P3	40	40	20
P4	20	60	20
P5	10	70	20

Langkah-langkah pembuatan campuran briket, pencetakan dan pengeringan briket adalah sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan tepung tapioka yang akan dilarutkan dalam air dengan perbandingan (10 gram tapioka : 30 ml air),
- 2) Mencampurkan tepung tapioka dengan air dengan perbandingan yang telah ditentukan,
- 3) Memanaskan air dan diaduk hingga larutan menjadi perekat,
- 4) Mencampurkan perekat dengan bahan berupa arang kulit kopi dan arang sekam sesuai perbandingan P₁, kemudian diaduk hingga semua bahan tercampur merata membentuk adonan,
- 5) Memasukkan hasil adonan bahan kedalam cetakan yang berbentuk silinder, kemudian dikempa dengan tekanan 2500 kg/cm²,
- 6) Melakukan pengempaan sebanyak 16 biji untuk 4 kali pengulangan,
- 7) Melakukan penjemuran briket 6 jam selama 4 hari (di jemur mulai pukul 09.00 – 15.00 WIB),
- 8) Mengulangi langkah di atas untuk perlakuan P₂, P₃, P₄, dan P₅.

3.3.2 Pengujian Briket

Parameter yang di uji meliputi kadar air, suhu pembakaran briket, suhu air, laju pembakaran, jumlah energi output, dan kadar abu. Langkah-langkah pengujian briket sebagai berikut:

a. Kadar Air

Pengujian kadar air merupakan suatu cara untuk mengukur banyaknya air yang terdapat di dalam suatu bahan. Kadar air ditentukan dengan metode gravimetri, caranya adalah sebagai berikut:

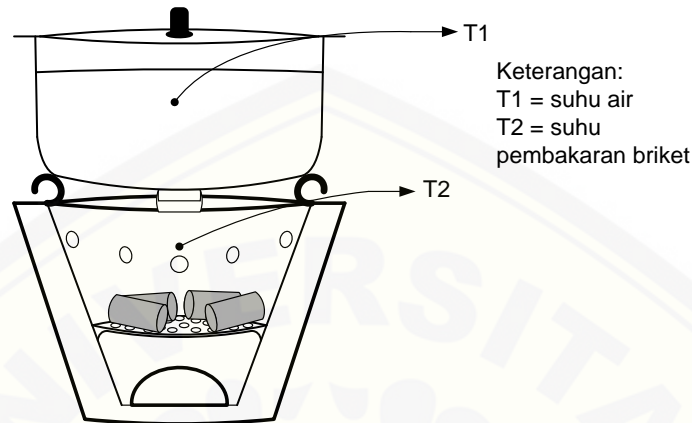
- 1) Menimbang cawan kosong atau wadah sampel dengan timbangan analitik,
- 2) Menimbang cawan + sampel masing-masing briket,
- 3) Sampel dalam cawan dikeringkan dalam oven pada suhu $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama ± 5 jam sampai beratnya konstan,
- 4) Bahan didinginkan dalam desikator dan timbang kembali.
- 5) Menghitung kadar air dengan menggunakan persamaan (2.1)

b. Pengujian Suhu Pembakaran Briket dan Suhu Air

Pengujian suhu pembakaran briket dan suhu air dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan tungku briket,
- 2) Menyiapkan panci,
- 3) Masukkan briket sebanyak 4 biji ke dalam tungku,
- 4) Masukkan air sebanyak 1kg ke dalam panci yang sudah disiapkan serta mengukur suhu awal,
- 5) Membakar briket dalam tungku briket yang telah disiapkan,
- 6) Menghidupkan stopwatch mulai bara menyala hingga padam (briket habis),
- 7) Mencatat waktu briket mulai bara menyala hingga padam (briket habis),
- 8) Mengukur suhu pembakaran briket dan suhu air dalam panci dengan menggunakan thermocouple dengan interval waktu 5 menit sampai briket habis.

Titik pengukuran suhu pada pembakaran briket (T2) dan suhu air pada panci (T1) disajikan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Titik Pengukuran Suhu

c. Laju Pembakaran

Laju pembakaran briket adalah kecepatan briket habis terbakar sampai menjadi abu dengan berat tertentu. Proses pengujian laju pembakaran briket adalah sebagai berikut:

- 1) Menimbang sampel briket,
- 2) Membakar briket dalam tungku,
- 3) Mencatat waktu briket mulai menyala hingga padam (briket habis),
- 4) Menghitung laju pembakaran dengan menggunakan persamaan (2.2)

d. Pengujian Jumlah Energi Output

Pengujian ini berguna untuk mengetahui jumlah energi yang dihasilkan dari proses pembakaran briket untuk memanaskan air mencapai suhu maksimal. Proses pengujian jumlah energi output adalah sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan air sebanyak 1 kg pada panci,
- 2) Membakar briket dalam tungku,
- 3) Menghidupkan stopwatch mulai bara menyala sampai briket habis,
- 4) Mencatat suhu air dalam panci mulai bara menyala sampai briket habis,
- 5) Menghitung jumlah energi dengan persamaan (2.3)

e. Kadar Abu

Pengujian kadar abu bertujuan untuk mengetahui limbah abu yang dihasilkan setelah briket mengalami proses pembakaran. Prosedur dalam pengukuran kadar abu briket yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

- 1) Menimbang cawan kosong atau wadah sampel dengan timbangan analitik,
- 2) Menimbang cawan + sampel masing-masing briket,
- 3) Sampel dalam cawan dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama ± 5 jam,
- 4) Bahan didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang kembali,
- 5) Ambil sampel untuk di bakar,
- 6) Setelah proses pembakaran selesai, limbah abu yang dihasilkan ditimbang untuk mengetahui kadar abu yang dihasilkan,
- 7) Menghitung kadar abu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{berat abu (g)}}{\text{berat sampel sebelum pengabuan (g)}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

3.4 Analisis Data

Data hasil pengukuran yang diperoleh dari uji karakteristik briket akan dibuat dalam bentuk grafik menggunakan program Microsoft Excel 2007 dan diuji signifikansi dengan menggunakan *statistic analysis of variance* (ANOVA) satu arah. Analisis ANOVA digunakan untuk mengetahui perbandingan kualitas briket setiap perlakuan dan komposisi terbaik antara berbagai variasi komposisi briket. Sampel dibagi menjadi beberapa variasi bahan dan ulangan, dengan kolom merupakan variasi dan baris merupakan ulangan atau replika. jika $F_{\text{Hitung}} > F_{\text{Tabel 5\%}} < F_{\text{Tabel 1\%}}$ maka berbeda nyata, $F_{\text{Hitung}} > F_{\text{Tabel 5\%}} > F_{\text{Tabel 1\%}}$ maka berbeda sangat nyata, dan $F_{\text{Hitung}} < F_{\text{Tabel 5\%}} < F_{\text{Tabel 1\%}}$ maka tidak berbeda nyata. Tabel 3.2 berikut ini dapat digunakan untuk memudahkan perhitungan ANOVA.

Tabel 3.2. Perhitungan ANOVA

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	Nilai F hitung	Nilai F tabel	
					1%	5%
Perlakuan	JKP	p-1	KTP	KTP/KTG		
Galat/Sisa	JKG	p(u-1)	KTG			
Total	JKT	pu-1				

Sumber: Sastrosupadi (2000:54).

Perhitungan : FK = Faktor Koreksi

$$= \frac{y^2 \dots}{pu}$$

JKT = Jumlah Kuadrat Total

$$= \sum Y_{ij}^2 - FK$$

JKP = Jumlah Kuadrat Perlakuan

$$= \frac{1}{u} \sum Y_{ij}^2 - FK$$

JKG = Jumlah Kuadrat Galat

$$= JKT - JKP$$

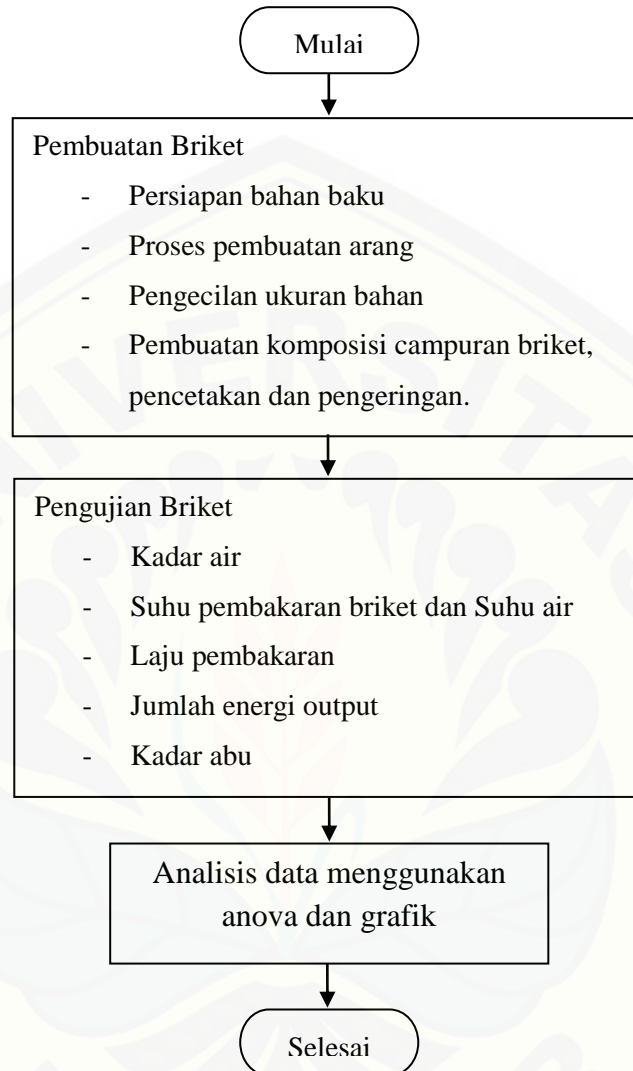
$$KTP = \frac{JKP}{p-1}$$

$$KTG = \frac{JKG}{p(u-1)}$$

Keterangan : p = Jumlah Perlakuan

u = Jumlah Ulangan

3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Flowchart Proses Pembuatan Briket dan Pengujian Briket

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran kadar air pada keseluruhan briket menunjukkan bahwa briket mempunyai kadar air yang sudah memenuhi SNI nomor 01-6235-2000 yaitu tidak lebih dari 8%. Kadar air terendah terdapat pada P₁ sebesar 6,04% dengan suhu rata-rata pembakaran tertinggi diantara semua perlakuan briket sebesar 86,66 °C dengan suhu air sebesar 52,75 °C. Hasil pengujian jumlah energi yang dihasilkan menunjukkan bahwa pada komposisi perlakuan P₁ memiliki jumlah energi tertinggi diantara semua perlakuan sebesar 189000 J dengan kadar abu terendah dari semua perlakuan yaitu 20,85%.
2. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada setiap perlakuan, briket P₁ dengan komposisi 70 gram arang kulit kopi : 10 gram arang sekam mempunyai kualitas terbaik karena mampu menghasilkan kalor tertinggi yaitu sebesar 189000 J dengan suhu maksimal briket sebesar 155,75 °C. Disamping itu pada P₁ memiliki kadar air terendah dan kadar abu yang juga rendah sehingga sangat mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran untuk penyempurnaan penelitian lebih lanjut agar menghasilkan kualitas briket yang lebih baik yaitu :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai berbagai komposisi bahan, baik bahan baku maupun perekat serta tekanan yang diberikan agar menghasilkan briket yang lebih baik,
2. Perlu dilakukan penelitian tentang lama proses karbonisasi untuk mengetahui briket yang dihasilkan memiliki mutu yang bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- Antolin, Velasco, Irusta, dan Segovia, J.J. 1991. *Combustion of Coffee Lignocellulose Waste*. Portugal: International Conference Vilamoura.
- Badan Standardisasi Nasional, 2000. *Briket Arang Kayu*. SNI 01.6235-2000. Jakarta. [Serial Online]. http://sisni.bsn.go.id/index.php/sni_main/sni/detail_sni/5781. [diakses 19 April 2015]
- Belonio, A. T. 2005. *Rice Husk Gas Stove Handbook*. Department of Agricultural Engineering and Environmental Management College of Agriculture Central Philippine University: Iloilo City.
- Clarke, R. J. dan Macrae, R. 1985. *Coffee*. London: Elsevier Applied Science Publishers.
- Kadir, A. 1995. *Energi: Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik, dan Potensi Ekonomi*. Cetakan I. Edisi Kedua/Revisi. Jakarta: UI Press.
- Kurniawan, O. dan Marsono, 2008. *Superkarbon: Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah dan Gas*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Najiyati, S. dan Danarti. 2001. *Kopi: Budidaya dan Penanganan Lepas Panen*. Jakarta: PT Penebar Swadaya.
- Pancapalaga, W. 2008. *Evaluasi kotoran Sapi dan Limbah Pertanian (Kosap Plus) Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. [Serial Online]. <http://e-research-report.umm.ac.id/index.php/research-report/article/view/43/44research-report-fulltext.pdf>. [diakses 8 Februari 2015].
- Prihandana, R. dan Hendroko, R. 2007. *Energi Hijau*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sastrosupadi, A. 1993. *Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian*. Edisi Revisi. Yogyakarta: Kanisius.
- Sinurat, E. 2011. *Studi Pemanfaatan Briket Kulit Jambu Mete dan Tongkol Jagung Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Makasar: Jurusan Mesin Fakultas Teknik UNHAS. [Serial Online]. <http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/389/TA%2520Gabungan.pdf>. [diakses 19 Mei 2016].

LAMPIRAN A. DATA HASIL PENGUKURAN BRIKET P1 (70 gram Arang Kulit Kopi dengan 10 gram Arang Sekam Padi)

1. Pengujian Suhu Pembakaran Briket

Waktu (menit)	Pengulangan (Suhu Pembakaran Briket °C)				Rata-rata	Std
	1	2	3	4		
0	29	29	28	29	28,75	0,50
5	66	56	40	104	66,50	27,20
10	71	65	48	116	75,00	29,02
15	77	76	120	116	97,25	24,02
20	91	89	147	112	109,75	26,92
25	120	101	156	114	122,75	23,54
30	179	156	164	96	148,75	36,44
35	185	172	177	89	155,75	44,82
40	173	147	154	77	137,75	41,96
45	182	126	120	72	125,00	45,03
50	180	127	101	69	119,25	46,94
55	163	115	99	64	110,25	41,11
60	160	107	79	59	101,25	43,84
65	152	115	79	52	99,50	43,49
70	139	83	73	49	86,00	38,11
75	128	76	69	44	79,25	35,28
80	115	71	68	40	73,50	30,99
85	98	66	58	39	65,25	24,60
90	94	58	56	38	61,50	23,46
95	76	54	54	36	55,00	16,37
100	62	45	51	35	48,25	11,30
105	50	38	46	34	42,00	7,30
110	43	33	41		39,00	5,29
115	37	31	40		36,00	4,58
120	34				34,00	-
Min	29	29	28	29	28,75	0,50
Max	185	172	177	116	155,75	46,94

2. Pengujian Suhu Air

Waktu (menit)	Pengulangan (Suhu Air °C)				Rata-rata	Std
	1	2	3	4		
0	30	29	27	30	29,00	1,41
5	32	31	31	36	32,50	2,38
10	35	34	33	45	36,75	5,56
15	38	38	38	56	42,50	9,00
20	42	41	43	62	47,00	10,03
25	48	47	50	64	52,25	7,93
30	56	54	59	65	58,50	4,80
35	62	59	66	62	62,25	2,87
40	69	64	70	62	66,25	3,86
45	75	70	75	60	70,00	7,07
50	78	74	72	59	70,75	8,22
55	80	76	70	57	70,75	10,05
60	79	72	67	55	68,25	10,11
65	77	69	65	53	66,00	10,00
70	76	65	63	50	63,50	10,66
75	74	61	61	47	60,75	11,03
80	71	56	58	44	57,25	11,06
85	67	52	54	42	53,75	10,28
90	63	46	51	40	50,00	9,76
95	57	43	48	37	46,25	8,46
100	53	39	46	36	43,50	7,59
105	48	35	43	34	40,00	6,68
110	45	34	41		40,00	5,57
115	42	32	39		37,67	5,13
120	37				37,00	-
Min	30	29	27	30	29,00	1,41
Max	80	76	75	65	70,75	11,06

3. Pengujian Kadar Air Briket

Perlakuan	Ulangan	Wadah (g)	Wadah + Sampel (g)		Kadar Air (%)	Rata-rata kadar air (%)
			Sebelum oven	Setelah oven		
P1	1	3,92	8,00	7,77	5,97	6,04
	2	4,73	7,21	7,07	5,98	
	3	3,88	9,31	9,02	5,64	
	4	3,92	7,33	7,12	6,56	

$$\text{Kadar air} = \frac{((\text{berat awal} + \text{wadah}) - \text{wadah}) - ((\text{berat akhir} + \text{wadah}) - \text{wadah})}{((\text{berat akhir bahan} + \text{wadah}) - \text{wadah})} \times 100\%$$

$$\text{Pengulangan 1} = \frac{(8,00 - 3,92) - (7,77 - 3,92)}{(7,77 - 3,92)} \times 100\% = 5,97 \%$$

$$\text{Pengulangan 2} = \frac{(7,21 - 4,73) - (7,07 - 4,73)}{(7,07 - 4,73)} \times 100\% = 5,98 \%$$

$$\text{Pengulangan 3} = \frac{(9,31 - 3,88) - (9,02 - 3,88)}{(9,02 - 3,88)} \times 100\% = 5,64 \%$$

$$\text{Pengulangan 4} = \frac{(7,33 - 3,92) - (7,12 - 3,92)}{(7,12 - 3,92)} \times 100\% = 6,56 \%$$

4. Pengujian Laju Pembakaran

Perlakuan	Ulangan	Massa Briket (g)	Waktu Pembakaran (s)	Laju Pembakaran (g/s)
P1	1	60	7250	0,0083
	2	61,25	7229	0,0085
	3	60	6919	0,0087
	4	58,75	6390	0,0092
Rata2		60	6947	0,0087

$$\text{Laju pembakaran (g/detik)} = \frac{\text{massa briket (g)}}{\text{waktu pembakaran (detik)}}$$

$$\text{Pengulangan 1} = \frac{60 \text{ g}}{7250 \text{ s}} = 0,0083 \text{ g/s}$$

$$\text{Pengulangan 2} = \frac{61,25 \text{ g}}{7229 \text{ s}} = 0,0085 \text{ g/s}$$

$$\text{Pengulangan 3} = \frac{60 \text{ g}}{6919 \text{ s}} = 0,0087 \text{ g/s}$$

$$\text{Pengulangan 4} = \frac{58,75 \text{ g}}{6390 \text{ s}} = 0,0092 \text{ g/s}$$

5. Pengujian Kadar Abu

Perlakuan	Ulangan	Wadah (g)	Wadah + Sampel (g)	Berat Abu (g)	Kadar Abu %	Rata-rata kadar abu %
P1	1	3,92	7,77	0,78	20,26	20,85
	2	4,73	7,07	0,49	20,94	
	3	3,88	9,02	1,14	22,18	
	4	3,92	7,12	0,64	20,00	

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{berat abu (g)}}{\text{berat briket sebelum pengabuan (g)}} \times 100\%$$

$$\text{Pengulangan 1} = \frac{0,78}{(7,77-3,92)} \times 100\% = 20,26 \%$$

$$\text{Pengulangan 2} = \frac{0,49}{(7,07-4,73)} \times 100\% = 20,94 \%$$

$$\text{Pengulangan 3} = \frac{1,14}{(9,02-3,88)} \times 100\% = 22,18 \%$$

$$\text{Pengulangan 4} = \frac{0,64}{(7,12-3,92)} \times 100\% = 20,00 \%$$

6. Jumlah Energi Output

Perlakuan	Ulangan	Massa air (kg)	Kalor jenis air (J/kg. °C)	Suhu air °C		Jumlah kalor (Joule)
				Max	Min	
P1	1	1	4200	80	30	210000
	2	1	4200	76	29	197400
	3	1	4200	75	27	201600
	4	1	4200	65	30	147000
Rata2		1	4200	74	29	189000

$$Q \text{ (Joule)} = m \text{ (kg)} \cdot C_{\text{air}} \text{ (4200 J/kg. } ^\circ\text{C)} \cdot \Delta t$$

$$\text{Pengulangan 1} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (80 \text{ } ^\circ\text{C} - 30 \text{ } ^\circ\text{C}) = 210000 \text{ J}$$

$$\text{Pengulangan 2} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (76 \text{ } ^\circ\text{C} - 29 \text{ } ^\circ\text{C}) = 197400 \text{ J}$$

$$\text{Pengulangan 3} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (75 \text{ } ^\circ\text{C} - 27 \text{ } ^\circ\text{C}) = 201600 \text{ J}$$

$$\text{Pengulangan 4} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (65 \text{ } ^\circ\text{C} - 30 \text{ } ^\circ\text{C}) = 147000 \text{ J}$$

LAMPIRAN B. DATA HASIL PENGUKURAN BRIKET P2 (60 gram Arang Kulit Kopi dengan 20 gram Arang Sekam Padi)

1. Pengujian Suhu Pembakaran Briket

Waktu (menit)	Pengulangan (Suhu Pembakaran Briket °C)				Rata-rata	Std
	1	2	3	4		
0	28	30	30	29	29,25	0,96
5	49	122	58	51	70,00	34,88
10	66	146	76	67	88,75	38,43
15	105	150	85	99	109,75	28,11
20	144	144	98	115	125,25	22,74
25	160	119	116	126	130,25	20,27
30	127	117	131	120	123,75	6,40
35	123	99	154	111	121,75	23,63
40	112	96	163	108	119,75	29,62
45	105	85	135	99	106,00	21,07
50	99	78	126	87	97,50	20,86
55	98	74	150	76	99,50	35,38
60	93	72	105	75	86,25	15,56
65	84	65	125	72	86,50	26,84
70	79	83	145	64	92,75	35,78
75	76	66	112	62	79,00	22,77
80	68	53	125	57	75,75	33,44
85	53	55	95	54	64,25	20,52
90	51	48	91	51	60,25	20,55
95	50	42	74	47	53,25	14,22
100	50	37	73	44	51,00	15,60
105	44	33	67	40	46,00	14,72
110	39	31	64		44,67	17,21
115	35		56		45,50	14,85
120			50		50,00	-
125			44		44,00	-
Min	28	30	30	29	29,25	0,96
Max	160	150	163	126	130,25	38,43

2. Pengujian Suhu Air Dalam Panci

Waktu (menit)	Pengulangan (Suhu Air °C)				Rata-rata	Std
	1	2	3	4		
0	28	30	30	29	29,25	0,96
5	28	36	32	31	31,75	3,30
10	29	44	34	34	35,25	6,29
15	31	55	38	40	41,00	10,10
20	33	63	46	48	47,50	12,29
25	36	66	54	55	52,75	12,42
30	40	65	59	60	56,00	10,98
35	45	64	63	65	59,25	9,54
40	54	60	67	65	61,50	5,80
45	58	59	72	62	62,75	6,40
50	64	56	74	62	64,00	7,48
55	62	55	75	61	63,25	8,42
60	58	54	75	60	61,75	9,18
65	54	54	74	57	59,75	9,60
70	52	55	72	54	58,25	9,25
75	49	53	69	53	56,00	8,86
80	46	52	64	51	53,25	7,63
85	45	50	61	48	51,00	6,98
90	43	46	57	45	47,75	6,29
95	42	43	56	41	45,50	7,05
100	40	40	52	38	42,50	6,40
105	39	37	49	34	39,75	6,50
110	37	35	46		39,33	5,86
115	35		43		39,00	5,66
120			40		40,00	-
125			37		37,00	-
Min	28	30	30	29	29,25	0,96
Max	64	66	75	65	64,00	12,42

3. Pengujian Kadar Air Briket

Perlakuan	Ulangan	Wadah (g)	Wadah + Sampel (g)		Kadar Air (%)	Rata-rata kadar air (%)
			Sebelum oven	Setelah oven		
P2	1	3,87	6,39	6,24	6,33	6,37
	2	4,57	7,43	7,26	6,32	
	3	4,55	8,08	7,88	6,01	
	4	3,96	7,57	7,34	6,80	

$$\text{Kadar air} = \frac{((\text{berat awal} + \text{wadah}) - \text{wadah}) - ((\text{berat akhir} + \text{wadah}) - \text{wadah})}{((\text{berat akhir bahan} + \text{wadah}) - \text{wadah})} \times 100\%$$

$$\text{Pengulangan 1} = \frac{(6,39 - 3,87) - (6,24 - 3,87)}{(6,24 - 3,87)} \times 100\% = 6,33\%$$

$$\text{Pengulangan 2} = \frac{(7,43 - 4,57) - (7,26 - 4,57)}{(7,26 - 4,57)} \times 100\% = 6,32\%$$

$$\text{Pengulangan 3} = \frac{(8,08 - 4,55) - (7,88 - 4,55)}{(7,88 - 4,55)} \times 100\% = 6,01\%$$

$$\text{Pengulangan 4} = \frac{(7,57 - 3,96) - (7,34 - 3,96)}{(7,34 - 3,96)} \times 100\% = 6,80\%$$

4. Pengujian Laju Pembakaran

Perlakuan	Ulangan	Massa Briket (g)	Waktu pembakaran (s)	Laju Pembakaran (g/s)
P2	1	62,5	7590	0,0082
	2	63,75	6661	0,0096
	3	58,75	7560	0,0078
	4	55	6347	0,0087
Rata2		60	7039,5	0,0086

$$\text{Laju pembakaran (g/detik)} = \frac{\text{massa briket (g)}}{\text{waktu pembakaran (detik)}}$$

$$\text{Pengulangan 1} = \frac{62,5 \text{ g}}{7590 \text{ s}} = 0,0082 \text{ g/s}$$

$$\text{Pengulangan 2} = \frac{63,75 \text{ g}}{6661 \text{ s}} = 0,0096 \text{ g/s}$$

$$\text{Pengulangan 3} = \frac{58,75 \text{ g}}{7560 \text{ s}} = 0,0078 \text{ g/s}$$

$$\text{Pengulangan 4} = \frac{55 \text{ g}}{6347 \text{ s}} = 0,0087 \text{ g/s}$$

5. Pengujian Kadar Abu

Perlakuan	Ulangan	Wadah (g)	Wadah + Sampel (g)	Berat Abu (g)	Kadar Abu %	Rata-rata kadar abu %
P2	1	3,87	6,24	0,55	23,21	22,76
	2	4,57	7,26	0,62	23,05	
	3	4,55	7,88	0,84	25,23	
	4	3,96	7,34	0,66	19,53	

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{berat abu (g)}}{\text{berat briket sebelum pengabuan (g)}} \times 100\%$$

$$\text{Pengulangan 1} = \frac{0,55}{6,24-3,87} \times 100\% = 23,21 \%$$

$$\text{Pengulangan 2} = \frac{0,62}{7,26-4,57} \times 100\% = 23,05 \%$$

$$\text{Pengulangan 3} = \frac{0,84}{7,88-4,55} \times 100\% = 25,23 \%$$

$$\text{Pengulangan 4} = \frac{0,66}{7,34-3,96} \times 100\% = 19,53 \%$$

6. Jumlah Energi Output

Perlakuan	Ulangan	Massa air (kg)	Kalor jenis air (J/kg. °C)	Suhu air °C		Jumlah kalor (Joule)
				Max	Min	
P2	1	1	4200	64	28	151200
	2	1	4200	66	30	151200
	3	1	4200	75	30	189000
	4	1	4200	65	29	151200
Rata2		1	4200	67,5	29,25	160650

$$Q \text{ (Joule)} = m \text{ (kg)} \cdot C_{\text{air}} \text{ (4200 (J/kg. } ^\circ\text{C))} \cdot \Delta t$$

$$\text{Pengulangan 1} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (64 ^\circ\text{C} - 28 ^\circ\text{C}) = 151200 \text{ J}$$

$$\text{Pengulangan 2} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (66 ^\circ\text{C} - 30 ^\circ\text{C}) = 151200 \text{ J}$$

$$\text{Pengulangan 3} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (75 ^\circ\text{C} - 30 ^\circ\text{C}) = 189000 \text{ J}$$

$$\text{Pengulangan 4} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (65 ^\circ\text{C} - 29 ^\circ\text{C}) = 151200 \text{ J}$$

LAMPIRAN C. DATA HASIL PENGUKURAN BRIKET P3 (40 gram Arang Kulit Kopi dengan 40 gram Arang Sekam Padi)

1. Pengujian Suhu Pembakaran Briket

Waktu (menit)	Pengulangan (Suhu Pembakaran Briket °C)				Rata-rata	Std
	1	2	3	4		
0	31	29	28	28	29,00	1,41
5	107	38	37	54	59,00	32,93
10	110	51	39	82	70,50	31,96
15	140	76	42	89	86,75	40,66
20	148	132	49	117	111,50	43,55
25	155	106	49	124	108,50	44,53
30	122	109	63	112	101,50	26,26
35	101	98	97	99	98,75	1,71
40	97	99	113	86	98,75	11,09
45	98	83	92	105	94,50	9,33
50	91	78	84	89	85,50	5,80
55	87	73	85	107	88,00	14,10
60	88	70	75	97	82,50	12,29
65	84	69	70	93	79,00	11,58
70	79	67	59	90	73,75	13,60
75	74	64	73	84	73,75	8,18
80	71	60	53	75	64,75	10,08
85	65	53	45	70	58,25	11,35
90	63	52	46	69	57,50	10,41
95	59	45	39	68	52,75	13,18
100	44	40	38	63	46,25	11,44
105	40	35	36	51	40,50	7,33
110	35	33	33	45	36,50	5,74
115				37	37,00	-
Min	31	29	28	28	29,00	1,41
Max	155	132	113	124	111,50	44,53

2. Pengujian Suhu Air Dalam Panci

Waktu (menit)	Pengulangan (Suhu Air °C)				Rata-rata	Std
	1	2	3	4		
0	31	28	29	27	28,75	1,71
5	37	31	29	30	31,75	3,59
10	45	33	30	31	34,75	6,95
15	55	38	31	33	39,25	10,91
20	61	46	31	37	43,75	13,05
25	63	52	32	40	46,75	13,60
30	64	58	34	46	50,50	13,30
35	64	61	42	50	54,25	10,15
40	62	62	51	53	57,00	5,83
45	62	61	59	57	59,75	2,22
50	60	61	62	61	61,00	0,82
55	58	58	62	64	60,50	3,00
60	55	55	60	65	58,75	4,79
65	53	52	54	64	55,75	5,56
70	52	52	52	63	54,75	5,50
75	50	49	47	61	51,75	6,29
80	48	46	44	55	48,25	4,79
85	44	44	42	52	45,50	4,43
90	39	42	39	50	42,50	5,20
95	35	39	36	48	39,50	5,92
100	34	36	35	42	36,75	3,59
105	33	35	33	39	35,00	2,83
110	33	33	32	35	33,25	1,26
115				33	33,00	-
Min	31	28	29	27	28,75	0,82
Max	64	62	62	65	61,00	13,60

3. Pengujian Kadar Air

Perlakuan	Ulangan	Wadah (g)	Wadah + Sampel (g)		Kadar Air (%)	Rata-rata kadar air (%)
			Sebelum oven	Setelah oven		
P3	1	4,53	8,26	8,03	6,57	6,46
	2	4,61	8,41	8,18	6,44	
	3	3,89	8,54	8,26	6,41	
	4	3,83	7,82	7,58	6,40	

$$\text{Kadar air} = \frac{((\text{berat awal} + \text{wadah}) - \text{wadah}) - ((\text{berat akhir} + \text{wadah}) - \text{wadah})}{((\text{berat akhir bahan} + \text{wadah}) - \text{wadah})} \times 100\%$$

$$\text{Pengulangan 1} = \frac{(8,26 - 4,53) - (8,03 - 4,53)}{(8,03 - 4,53)} \times 100\% = 6,57\%$$

$$\text{Pengulangan 2} = \frac{(8,41 - 4,61) - (8,18 - 4,61)}{(8,18 - 4,61)} \times 100\% = 6,44\%$$

$$\text{Pengulangan 3} = \frac{(8,54 - 3,89) - (8,26 - 3,89)}{(8,26 - 3,89)} \times 100\% = 6,41\%$$

$$\text{Pengulangan 4} = \frac{(7,82 - 3,83) - (7,58 - 3,83)}{(7,58 - 3,83)} \times 100\% = 6,40\%$$

4. Pengujian Laju Pembakaran

Perlakuan	Ulangan	Massa Briket (g)	Waktu pembakaran (s)	Laju Pembakaran (g/s)
P3	1	60	6671	0,0090
	2	58,75	6640	0,0088
	3	61,25	6656	0,0092
	4	60	6903	0,0087
Rata2		60	6717,5	0,0089

$$\text{Laju pembakaran (g/detik)} = \frac{\text{massa briket (g)}}{\text{waktu pembakaran (detik)}}$$

$$\text{Pengulangan 1} = \frac{60 \text{ g}}{6671 \text{ s}} = 0,0090 \text{ g/s}$$

$$\text{Pengulangan 2} = \frac{58,75 \text{ g}}{6640 \text{ s}} = 0,0088 \text{ g/s}$$

$$\text{Pengulangan 3} = \frac{61,25 \text{ g}}{6656 \text{ s}} = 0,0092 \text{ g/s}$$

$$\text{Pengulangan 4} = \frac{60 \text{ g}}{6903 \text{ s}} = 0,0087 \text{ g/s}$$

5. Pengujian Kadar Abu

Perlakuan	Ulangan	Wadah (g)	Wadah + Sampel (g)	Berat Abu (g)	Kadar Abu %	Rata-rata kadar abu %
P3	1	4,53	8,03	0,83	23,71	25,49
	2	4,61	8,18	0,97	27,17	
	3	3,89	8,26	1,02	23,34	
	4	3,83	7,58	1,04	27,73	

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{berat abu (g)}}{\text{berat briket sebelum pengabuan (g)}} \times 100\%$$

$$\text{Pengulangan 1} = \frac{0,83}{8,03-4,53} \times 100\% = 23,71 \%$$

$$\text{Pengulangan 2} = \frac{0,97}{8,18-4,61} \times 100\% = 27,17 \%$$

$$\text{Pengulangan 3} = \frac{1,02}{8,26-3,89} \times 100\% = 23,34 \%$$

$$\text{Pengulangan 4} = \frac{1,04}{7,58-3,83} \times 100\% = 27,73 \%$$

6. Jumlah Energi Ouput

Perlakuan	Ulangan	Massa air (kg)	Kalor jenis air (J/kg. °C)	Suhu air °C		Jumlah kalor (Joule)
				Max	Min	
P3	1	1	4200	64	31	138600
	2	1	4200	62	28	142800
	3	1	4200	62	29	138600
	4	1	4200	65	27	159600
Rata2		1	4200	63,25	28,75	144900

$$Q \text{ (Joule)} = m \text{ (kg)} \cdot C_{\text{air}} \text{ (4200 (J/kg. } ^\circ\text{C))} \cdot \Delta t$$

$$\text{Pengulangan 1} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (64 \text{ } ^\circ\text{C} - 31 \text{ } ^\circ\text{C}) = 138600 \text{ J}$$

$$\text{Pengulangan 2} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (62 \text{ } ^\circ\text{C} - 28 \text{ } ^\circ\text{C}) = 142800 \text{ J}$$

$$\text{Pengulangan 3} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (62 \text{ } ^\circ\text{C} - 29 \text{ } ^\circ\text{C}) = 138600 \text{ J}$$

$$\text{Pengulangan 4} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (65 \text{ } ^\circ\text{C} - 27 \text{ } ^\circ\text{C}) = 159600 \text{ J}$$

LAMPIRAN D. DATA HASIL PENGUKURAN BRIKET P4 (20 gram Arang Kulit Kopi dengan 60 gram Arang Sekam Padi)

1. Pengujian Suhu Pembakaran Briket

Waktu (menit)	Pengulangan (Suhu Pembakaran Briket °C)				Rata-rata	Std
	1	2	3	4		
0	28	29	30	28	28,75	0,96
5	38	43	55	38	43,50	8,02
10	47	44	58	130	69,75	40,62
15	77	56	61	116	77,50	27,19
20	94	62	64	95	78,75	18,21
25	105	66	82	92	86,25	16,46
30	125	73	98	104	100,00	21,40
35	127	70	129	91	104,25	28,75
40	120	80	98	96	98,50	16,44
45	112	118	92	111	108,25	11,27
50	105	112	115	107	109,75	4,57
55	101	101	99	84	96,25	8,22
60	98	97	95	87	94,25	4,99
65	94	95	98	83	92,50	6,56
70	89	91	93	75	87,00	8,17
75	80	90	92	62	81,00	13,71
80	76	85	83	60	76,00	11,34
85	71	80	73	54	69,50	11,03
90	65	79	77	50	67,75	13,35
95	47	78	71	44	60,00	17,03
100	40	69	54	37	50,00	14,67
105	37	67	42		48,67	16,03
110	33	45	36		38,00	6,25
115		37			37,00	-
Min	28	29	30	28	28,75	0,96
Max	127	118	129	130	109,75	40,62

2. Pengujian Suhu Air Dalam Panci

Waktu (menit)	Pengulangan (Suhu Air °C)				Rata-rata	Std
	1	2	3	4		
0	30	29	30	28	29,25	0,96
5	32	30	30	32	31,00	1,15
10	33	31	31	39	33,50	3,79
15	34	36	33	44	36,75	4,99
20	37	39	37	48	40,25	5,25
25	39	41	39	51	42,50	5,74
30	43	43	42	52	45,00	4,69
35	48	49	47	54	49,50	3,11
40	56	54	51	56	54,25	2,36
45	61	61	55	59	59,00	2,83
50	64	65	59	60	62,00	2,94
55	65	66	60	60	62,75	3,20
60	66	64	61	59	62,50	3,11
65	67	62	61	56	61,50	4,51
70	65	60	60	53	59,50	4,93
75	61	57	59	52	57,25	3,86
80	59	54	56	48	54,25	4,65
85	55	51	52	44	50,50	4,65
90	52	47	48	40	46,75	4,99
95	49	44	46	37	44,00	5,10
100	44	40	39	35	39,50	3,70
105	39	37	37		37,67	1,15
110	37	35	35		35,67	1,15
115		34			34,00	-
Min	30	29	30	28	29,25	0,96
Max	67	66	61	60	62,75	5,74

3. Pengujian Kadar Air

Perlakuan	Ulangan	Wadah (g)	Wadah + Sampel (g)		Kadar Air (%)	Rata-rata kadar air (%)
			Sebelum oven	Setelah oven		
P4	1	4,53	8,53	8,28	6,67	6,55
	2	4,67	8,25	8,02	6,87	
	3	3,99	7,85	7,60	6,93	
	4	4,03	7,54	7,35	5,72	

$$\text{Kadar air} = \frac{((\text{berat awal} + \text{wadah}) - \text{wadah}) - ((\text{berat akhir} + \text{wadah}) - \text{wadah})}{((\text{berat akhir bahan} + \text{wadah}) - \text{wadah})} \times 100\%$$

$$\text{Pengulangan 1} = \frac{(8,53 - 4,53) - (8,28 - 4,53)}{(8,28 - 4,53)} \times 100\% = 6,67 \%$$

$$\text{Pengulangan 2} = \frac{(8,25 - 4,67) - (8,02 - 4,67)}{(8,02 - 4,67)} \times 100\% = 6,87 \%$$

$$\text{Pengulangan 3} = \frac{(7,85 - 3,99) - (7,60 - 3,99)}{(7,60 - 3,99)} \times 100\% = 6,93 \%$$

$$\text{Pengulangan 4} = \frac{(7,54 - 4,03) - (7,35 - 4,03)}{(7,35 - 4,03)} \times 100\% = 5,72 \%$$

4. Pengujian Laju Pembakaran

Perlakuan	Ulangan	Massa briket (g)	Waktu pembakaran (s)	Laju pembakaran (g/s)
P4	1	60	6765	0,0089
	2	60	6951	0,0086
	3	60	6703	0,0090
	4	57,5	6072	0,0095
Rata2		59,4	6622,75	0,0090

$$\text{Laju pembakaran (g/detik)} = \frac{\text{massa briket (g)}}{\text{waktu pembakaran (detik)}}$$

$$\text{Pengulangan 1} = \frac{60 \text{ g}}{6765 \text{ s}} = 0,0089 \text{ g/s}$$

$$\text{Pengulangan 2} = \frac{60 \text{ g}}{6951 \text{ s}} = 0,0086 \text{ g/s}$$

$$\text{Pengulangan 3} = \frac{60 \text{ g}}{6703 \text{ s}} = 0,0090 \text{ g/s}$$

$$\text{Pengulangan 4} = \frac{57,5 \text{ g}}{6072 \text{ s}} = 0,0095 \text{ g/s}$$

5. Pengujian Kadar Abu

Perlakuan	Ulangan	Wadah (g)	Wadah + Sampel (g)	Berat Abu (g)	Kadar Abu %	Rata-rata kadar abu %
P4	1	4,53	8,28	1,13	30,13	27,55
	2	4,67	8,02	1,08	32,24	
	3	3,99	7,60	0,90	24,93	
	4	4,03	7,35	0,76	22,89	

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{berat abu (g)}}{\text{berat briket sebelum pengabuan (g)}} \times 100\%$$

$$\text{Pengulangan 1} = \frac{1,13}{8,28-4,53} \times 100\% = 30,13 \%$$

$$\text{Pengulangan 2} = \frac{1,08}{8,02-4,67} \times 100\% = 32,24 \%$$

$$\text{Pengulangan 3} = \frac{0,90}{7,60-3,99} \times 100\% = 24,93 \%$$

$$\text{Pengulangan 4} = \frac{0,76}{7,35-4,03} \times 100\% = 22,89 \%$$

6. Jumlah Energi Output

Perlakuan	Ulangan	Massa air (kg)	Kalor jenis air (J/kg. °C)	Suhu air °C		Jumlah kalor (Joule)
				Max	Min	
P4	1	1	4200	67	30	155400
	2	1	4200	66	29	155400
	3	1	4200	61	30	130200
	4	1	4200	60	28	134400
Rata2		1	4200	63,5	29,25	143850

$$Q \text{ (Joule)} = m \text{ (kg)} \cdot C_{\text{air}} \text{ (4200 (J/kg. } ^\circ\text{C))} \cdot \Delta t$$

$$\text{Pengulangan 1} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (67 ^\circ\text{C} - 30 ^\circ\text{C}) = 155400 \text{ J}$$

$$\text{Pengulangan 2} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (66 ^\circ\text{C} - 29 ^\circ\text{C}) = 155400 \text{ J}$$

$$\text{Pengulangan 3} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (61 ^\circ\text{C} - 30 ^\circ\text{C}) = 130200 \text{ J}$$

$$\text{Pengulangan 4} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (60 ^\circ\text{C} - 28 ^\circ\text{C}) = 134400 \text{ J}$$

LAMPIRAN E. DATA HASIL PENGUKURAN BRIKET P5 (10 gram Arang Kulit Kopi dengan 70 gram Arang Sekam Padi)

1. Pengujian Suhu Pembakaran Briket

Waktu (menit)	Pengulangan (Suhu Pembakaran Briket °C)				Rata-rata	Std
	1	2	3	4		
0	31	29	28	29	29,25	1,26
5	62	69	52	58	60,25	7,14
10	79	70	55	58	65,50	11,09
15	71	83	70	76	75,00	5,94
20	97	86	72	86	85,25	10,24
25	106	84	69	99	89,50	16,46
30	139	89	92	84	101,00	25,55
35	149	94	85	101	107,25	28,59
40	128	83	95	122	107,00	21,49
45	120	101	79	128	107,00	21,83
50	89	84	81	102	89,00	9,27
55	83	78	80	94	83,75	7,14
60	78	67	74	79	74,50	5,45
65	72	66	74	77	72,25	4,65
70	70	68	76	67	70,25	4,03
75	62	75	65	56	64,50	7,94
80	53	64	53	44	53,50	8,19
85	48	55	41	38	45,50	7,59
90	46	50	37	36	42,25	6,85
95	39	45	35	33	38,00	5,29
100	34	39	34	32	34,75	2,99
105		34			34,00	-
Min	31	29	28	29	29,25	1,26
Max	149	101	95	128	107,25	28,59

2. Pengujian Suhu Air Dalam Panci

Waktu (menit)	Pengulangan (Suhu Air °C)				Rata-rata	Std
	1	2	3	4		
0	30	29	28	29	29,00	0,82
5	31	32	29	30	30,50	1,29
10	33	35	30	31	32,25	2,22
15	35	37	31	35	34,50	2,52
20	39	43	33	39	38,50	4,12
25	44	53	37	44	44,50	6,56
30	47	56	41	48	48,00	6,16
35	54	58	44	51	51,75	5,91
40	61	60	47	53	55,25	6,55
45	67	61	50	54	58,00	7,53
50	67	61	52	55	58,75	6,65
55	68	60	53	56	59,25	6,50
60	67	58	55	54	58,50	5,92
65	66	54	55	51	56,50	6,56
70	65	51	55	48	54,75	7,41
75	63	47	54	46	52,50	7,85
80	61	45	52	43	50,25	8,14
85	54	43	45	41	45,75	5,74
90	48	40	38	39	41,25	4,57
95	44	38	36	36	38,50	3,79
100	40	35	34	34	35,75	2,87
105		34			34,00	-
Min	30	29	28	29	29,00	0,82
Max	68	61	55	56	59,25	8,14

3. Pengujian Kadar Air

Perlakuan	Ulangan	Wadah (g)	Wadah + Sampel (g)		Kadar Air (%)	Rata-rata kadar air (%)
			Sebelum oven	Setelah oven		
P5	1	4,66	7,74	7,55	6,57	6,73
	2	4,43	7,97	7,75	6,63	
	3	3,95	8,60	8,28	7,39	
	4	4,57	7,76	7,57	6,33	

$$\text{Kadar air} = \frac{((\text{berat awal} + \text{wadah}) - \text{wadah}) - ((\text{berat akhir} + \text{wadah}) - \text{wadah})}{((\text{berat akhir bahan} + \text{wadah}) - \text{wadah})} \times 100\%$$

$$\text{Pengulangan 1} = \frac{(7,74 - 4,66) - (7,55 - 4,66)}{(7,55 - 4,66)} \times 100\% = 6,57\%$$

$$\text{Pengulangan 2} = \frac{(7,97 - 4,43) - (7,75 - 4,43)}{(7,75 - 4,43)} \times 100\% = 6,63\%$$

$$\text{Pengulangan 3} = \frac{(8,60 - 3,95) - (8,28 - 3,95)}{(8,28 - 3,95)} \times 100\% = 7,39\%$$

$$\text{Pengulangan 4} = \frac{(7,76 - 4,57) - (7,57 - 4,57)}{(7,57 - 4,57)} \times 100\% = 6,33\%$$

4. Pengujian Laju Pembakaran

Perlakuan	Ulangan	Massa briket (g)	Waktu pembakaran (s)	Laju pembakaran (g/s)
P5	1	56,25	6106	0,0092
	2	56,25	6368	0,0088
	3	62,5	6130	0,0102
	4	58	6026	0,0096
Rata2		58,25	6157,5	0,0095

$$\text{Laju pembakaran (g/detik)} = \frac{\text{massa briket (g)}}{\text{waktu pembakaran (detik)}}$$

$$\text{Pengulangan 1} = \frac{56,25 \text{ g}}{6106 \text{ s}} = 0,0092 \text{ g/s}$$

$$\text{Pengulangan 2} = \frac{56,25 \text{ g}}{6368 \text{ s}} = 0,0088 \text{ g/s}$$

$$\text{Pengulangan 3} = \frac{62,5 \text{ g}}{6130 \text{ s}} = 0,0102 \text{ g/s}$$

$$\text{Pengulangan 4} = \frac{58 \text{ g}}{6026 \text{ s}} = 0,0096 \text{ g/s}$$

5. Pengujian Kadar Abu

Perlakuan	Ulangan	Wadah (g)	Wadah + Sampel (g)	Berat Abu (g)	Kadar Abu %	Rata-rata kadar abu %
P5	1	4,66	7,55	0,94	32,53	30,48
	2	4,43	7,75	1,05	31,66	
	3	3,95	8,28	1,23	28,41	
	4	4,57	7,57	0,88	29,33	

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{berat abu (g)}}{\text{berat briket sebelum pengabuan (g)}} \times 100\%$$

$$\text{Pengulangan 1} = \frac{0,94}{7,55-4,66} \times 100\% = 32,53 \%$$

$$\text{Pengulangan 2} = \frac{1,05}{7,75-4,43} \times 100\% = 31,66 \%$$

$$\text{Pengulangan 3} = \frac{1,23}{8,28-3,95} \times 100\% = 28,41 \%$$

$$\text{Pengulangan 4} = \frac{0,88}{7,57-4,57} \times 100\% = 29,33 \%$$

6. Jumlah Energi Output

Perlakuan	Ulangan	Massa air (kg)	Kalor jenis air (J/kg. °C)	Suhu air °C		Jumlah kalor (Joule)
				Max	Min	
P5	1	1	4200	68	30	159600
	2	1	4200	61	29	134400
	3	1	4200	55	28	113400
	4	1	4200	56	29	113400
Rata2		1	4200	60	29	130200

$$Q \text{ (Joule)} = m \text{ (kg)} \cdot C_{\text{air}} \text{ (4200 (J/kg. } ^\circ\text{C))} \cdot \Delta t$$

$$\text{Pengulangan 1} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (68 \text{ } ^\circ\text{C} - 30 \text{ } ^\circ\text{C}) = 159600 \text{ J}$$

$$\text{Pengulangan 2} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (61 \text{ } ^\circ\text{C} - 29 \text{ } ^\circ\text{C}) = 134400 \text{ J}$$

$$\text{Pengulangan 3} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (55 \text{ } ^\circ\text{C} - 28 \text{ } ^\circ\text{C}) = 113400 \text{ J}$$

$$\text{Pengulangan 4} = 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (56 \text{ } ^\circ\text{C} - 29 \text{ } ^\circ\text{C}) = 113400 \text{ J}$$

LAMPIRAN F. PERHITUNGAN ANOVA

1. ANOVA Suhu Pembakaran Briket

Pengulangan	P1	P2	P3	P4	P5
1	108,16	80,75	86,48	78,65	78,86
2	84,83	80,22	67,83	73,63	68,77
3	86,17	98,00	58,48	78,04	64,14
4	67,46	75,18	80,58	78,29	71,38
rata-rata	86,66	83,54	73,34	77,15	70,79
Stdev	16,68	9,96	12,60	2,36	6,16

$$\begin{aligned}
 JKT &= (P1_1^2+P1_2^2+P1_3^2+P1_4^2+P2_1^2+P2_2^2+P2_3^2+P2_4^2+P3_1^2+P3_2^2+P3_3^2+P3_4^2 \\
 &+P4_1^2+P4_2^2+P4_3^2+P4_4^2+P5_1^2+P5_2^2+P5_3^2+P5_4^2) - ((P1_1+P1_2+P1_3+P1_4 \\
 &+P2_1+P2_2+P2_3+P2_4+P3_1+P3_2+P3_3+P3_4+P4_1+P4_2+P4_3+P4_4+P5_1+P5_2 \\
 &+P5_3+P5_4)^2 / 20) \\
 &= (108,16^2+84,83^2+86,17^2+67,46^2+80,75^2+80,22^2+98,00^2+75,18^2+86,48^2 \\
 &+67,83^2+58,48^2+80,58^2+78,65^2+73,63^2+78,04^2+78,29^2+78,86^2+68,77^2+ \\
 &64,14^2+71,38^2) - ((108,16+84,83+86,17+67,46+80,75+80,22+98,00 \\
 &+75,18+86,48+67,83+58,48+80,58+78,65+73,63+78,04+78,29+78,86+ \\
 &68,77+64,14+71,38)^2 / 20) \\
 &= 125059,45 - 122602,14 \\
 &= 2457,31
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= \left(\left(\frac{(P1_1+P1_2+P1_3+P1_4)^2}{4} \right) + \left(\frac{(P2_1+P2_2+P2_3+P2_4)^2}{4} \right) + \left(\frac{(P3_1+P3_2+P3_3+P3_4)^2}{4} \right) + \right. \\
 &\left. \left(\frac{(P4_1+P4_2+P4_3+P4_4)^2}{4} \right) + \left(\frac{(P5_1+P5_2+P5_3+P5_4)^2}{4} \right) \right) - ((P1_1+P1_2+P1_3+P1_4+P2_1 \\
 &+P2_2+P2_3+P2_4+P3_1+P3_2+P3_3+P3_4+P4_1+P4_2+P4_3+P4_4+P5_1+P5_2+P5_3+P \\
 &5_4)^2 / 20)
 \end{aligned}$$

$$= \left(\left(\frac{(108,16+84,83+86,17+67,46)^2}{4} \right) + \left(\frac{(80,75+80,22+98,00+75,18)^2}{4} \right) + \right. \\ \left. \left(\frac{(86,48+67,83+58,48+80,58)^2}{4} \right) + \left(\frac{(78,65+73,63+78,04+78,29)^2}{4} \right) + \right. \\ \left. \left(\frac{(78,86+68,77+64,14+71,38)^2}{4} \right) \right) - ((108,16+84,83+86,17+67,46+80,75+ \\ 80,22+98,00+75,18+86,48+67,83+58,48+80,58+78,65+73,63+78,04+ \\ 78,29+78,86+68,77+64,14+71,38)^2 / 20)$$

$$= (30036,36 + 27914,06 + 21516,49 + 23810,03 + 20043,48) - 122602,14$$

$$= 123320,41 - 122602,14$$

$$= 718,27$$

$$\text{JKG} = \text{JKT} - \text{JKP}$$

$$= 2457,31 - 718,27 = 1739,03$$

$$\text{KTP} = \frac{\text{JKP}}{(5-1)}$$

$$= \frac{718,27}{4} = 179,57$$

$$\text{KTG} = \frac{\text{JKG}}{(20-5)}$$

$$= \frac{1739,03}{15} = 115,94$$

$$F_{\text{hit}} = \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}}$$

$$= \frac{179,57}{115,94} = 1,55$$

2. ANOVA Suhu Air

Pengulangan	P1	P2	P3	P4	P5
1	57,36	43,67	49,48	49,39	51,62
2	50,88	50,96	46,61	47,04	46,82
3	52,92	55,35	42,00	46,44	42,81
4	49,82	49,68	47,33	47,95	43,67
rata-rata	52,75	49,92	46,36	47,71	46,23
Stdev	3,33	4,82	3,15	1,28	3,99

$$\begin{aligned}
 JKT &= (P1_1^2+P1_2^2+P1_3^2+P1_4^2+P2_1^2+P2_2^2+P2_3^2+P2_4^2+P3_1^2+P3_2^2+P3_3^2+P3_4^2 \\
 &+P4_1^2+P4_2^2+P4_3^2+P4_4^2+P5_1^2+P5_2^2+P5_3^2+P5_4^2) - ((P1_1+P1_2+P1_3+P1_4 \\
 &+P2_1+P2_2+P2_3+P2_4+P3_1+P3_2+P3_3+P3_4+P4_1+P4_2+P4_3+P4_4+P5_1+P5_2 \\
 &+P5_3+P5_4)^2 / 20) \\
 &= (57,36^2+50,88^2+52,92^2+49,82^2+43,67^2+50,96^2+55,35^2+49,68^2+49,48^2 \\
 &+46,61^2+42,00^2+47,33^2+49,39^2+47,04^2+46,44^2+47,95^2+51,62^2+46,82^2+ \\
 &42,81^2+43,67^2) - ((57,36+50,88+52,92+49,82+43,67+50,96+55,35 \\
 &+49,68+49,48+46,61+42,00+47,33+49,39+47,04+46,44+47,95+51,62+ \\
 &46,82+42,81+43,67)^2 / 20) \\
 &= 47526,62 - 47219,76 \\
 &= 306,86
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= \left(\left(\frac{(P1_1+P1_2+P1_3+P1_4)^2}{4} \right) + \left(\frac{(P2_1+P2_2+P2_3+P2_4)^2}{4} \right) + \left(\frac{(P3_1+P3_2+P3_3+P3_4)^2}{4} \right) + \right. \\
 &\left. \left(\frac{(P4_1+P4_2+P4_3+P4_4)^2}{4} \right) + \left(\frac{(P5_1+P5_2+P5_3+P5_4)^2}{4} \right) \right) - ((P1_1+P1_2+P1_3+P1_4+P2_1 \\
 &+P2_2+P2_3+P2_4+P3_1+P3_2+P3_3+P3_4+P4_1+P4_2+P4_3+P4_4+P5_1+P5_2+P5_3+P \\
 &5_4)^2 / 20) \\
 &= \left(\left(\frac{(57,36+50,88+52,92+49,82)^2}{4} \right) + \left(\frac{(43,67+50,96+55,35+49,68)^2}{4} \right) + \right. \\
 &\left(\frac{(49,48+46,61+42,00+47,33)^2}{4} \right) + \left(\frac{(49,39+47,04+46,44+47,95)^2}{4} \right) + \\
 &\left. \left(\frac{(51,62+46,82+42,81+43,67)^2}{4} \right) \right) - ((57,36+50,88+52,92+49,82+43,67+ \\
 &50,96+55,35+49,68+49,48+46,61+42,00+47,33+49,39+47,04+46,44+ \\
 &47,95+51,62+46,82+42,81+43,67)^2 / 20) \\
 &= (11128,14 + 9966,03 + 8595,14 + 9103,07 + 8548,85) - 47219,76 \\
 &= 47341,23 - 47219,76 \\
 &= 121,47 \\
 JKG &= JKT - JKP \\
 &= 306,86 - 121,47 = 185,39
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTP} &= \frac{\text{JKP}}{(5-1)} \\ &= \frac{121,47}{4} = 30,37 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTG} &= \frac{\text{JKG}}{(20-5)} \\ &= \frac{185,39}{15} = 12,36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F hit} &= \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} \\ &= \frac{30,37}{12,36} = 2,46 \end{aligned}$$

3. ANOVA Kadar Air

Pengulangan	P1	P2	P3	P4	P5
1	5,97	6,33	6,57	6,67	6,57
2	5,98	6,32	6,44	6,87	6,63
3	5,64	6,01	6,41	6,93	7,39
4	6,56	6,80	6,40	5,72	6,33
rata-rata	6,04	6,37	6,46	6,55	6,73
Stdev	0,38	0,33	0,08	0,56	0,46

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= (P1_1^2+P1_2^2+P1_3^2+P1_4^2+P2_1^2+P2_2^2+P2_3^2+P2_4^2+P3_1^2+P3_2^2+P3_3^2+P3_4^2 \\ &\quad +P4_1^2+P4_2^2+P4_3^2+P4_4^2+P5_1^2+P5_2^2+P5_3^2+P5_4^2) - ((P1_1+P1_2+P1_3+P1_4 \\ &\quad +P2_1+P2_2+P2_3+P2_4+P3_1+P3_2+P3_3+P3_4+P4_1+P4_2+P4_3+P4_4+P5_1+P5_2 \\ &\quad +P5_3+P5_4)^2 / 20) \\ &= (5,97^2+5,98^2+5,64^2+6,56^2+6,33^2+6,32^2+6,01^2+6,80^2+6,57^2+6,44^2+6,41^2 \\ &\quad +6,40^2+6,67^2+6,87^2+6,93^2+5,72^2+6,57^2+6,63^2+7,39^2+6,33^2) - ((5,97 \\ &\quad +5,98+5,64+6,56+6,33+6,32+6,01+6,80+6,57+6,44+6,41+6,40+6,67+ \\ &\quad 6,87+6,93+5,72+6,57+6,63+7,39+6,33)^2 / 20) \\ &= 829,53 - 826,13 \\ &= 3,41 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= \left(\left(\frac{(P1_1+P1_2+P1_3+P1_4)^2}{4} \right) + \left(\frac{(P2_1+P2_2+P2_3+P2_4)^2}{4} \right) + \left(\frac{(P3_1+P3_2+P3_3+P3_4)^2}{4} \right) + \right. \\
 &\quad \left. \left(\frac{(P4_1+P4_2+P4_3+P4_4)^2}{4} \right) + \left(\frac{(P5_1+P5_2+P5_3+P5_4)^2}{4} \right) \right) - ((P1_1+P1_2+P1_3+P1_4+P2_1 \\
 &\quad +P2_2+P2_3+P2_4+P3_1+P3_2+P3_3+P3_4+P4_1+P4_2+P4_3+P4_4+P5_1+P5_2+P5_3+P \\
 &\quad 5_4)^2 / 20) \\
 &= \left(\left(\frac{(5,97+5,98+5,44+6,56)^2}{4} \right) + \left(\frac{(6,33+6,32+6,01+6,80)^2}{4} \right) + \right. \\
 &\quad \left(\frac{(6,57+6,44+6,41+6,40)^2}{4} \right) + \left(\frac{(6,67+6,87+6,93+5,72)^2}{4} \right) + \\
 &\quad \left. \left(\frac{(6,57+6,63+7,39+6,33)^2}{4} \right) \right) - ((5,97+5,98+5,44+6,56+6,33+6,32+6,01+ \\
 &\quad 6,80+6,57+6,44+6,41+6,40+6,67+6,87+6,93+5,72+6,57+6,63+7,39+ \\
 &\quad 6,33)^2 / 20) \\
 &= (145,81 + 162,05 + 166,67 + 171,48 + 181,17) - 826,13 \\
 &= 827,18 - 826,13 \\
 &= 1,05
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKG &= JKT - JKP \\
 &= 3,41 - 1,05 = 2,36
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 KTP &= \frac{JKP}{(5-1)} \\
 &= \frac{1,05}{4} = 0,26
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 KTG &= \frac{JKG}{(20-5)} \\
 &= \frac{2,36}{15} = 0,16
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F \text{ hit} &= \frac{KTP}{KTG} \\
 &= \frac{0,26}{0,16} = 1,67
 \end{aligned}$$

4. ANOVA Laju Pembakaran

Pengulangan	P1	P2	P3	P4	P5
1	0,0083	0,0082	0,0090	0,0089	0,0092
2	0,0085	0,0096	0,0088	0,0086	0,0088
3	0,0087	0,0078	0,0092	0,0090	0,0102
4	0,0092	0,0087	0,0087	0,0095	0,0096
rata-rata	0,0087	0,0086	0,0089	0,0090	0,0095
Stdev	0,0004	0,0008	0,0002	0,0004	0,0006

$$\begin{aligned}
 JKT &= (P1_1^2+P1_2^2+P1_3^2+P1_4^2+P2_1^2+P2_2^2+P2_3^2+P2_4^2+P3_1^2+P3_2^2+P3_3^2+P3_4^2 \\
 &+P4_1^2+P4_2^2+P4_3^2+P4_4^2+P5_1^2+P5_2^2+P5_3^2+P5_4^2) - ((P1_1+P1_2+P1_3+P1_4 \\
 &+P2_1+P2_2+P2_3+P2_4+P3_1+P3_2+P3_3+P3_4+P4_1+P4_2+P4_3+P4_4+P5_1+P5_2 \\
 &+P5_3+P5_4)^2 / 20) \\
 &= (0,0083^2+0,0085^2+0,0087^2+0,0092^2+0,0082^2+0,0096^2+0,0078^2+0,0087^2 \\
 &+0,0090^2+0,0088^2+0,0092^2+0,0087^2+0,0089^2+0,0086^2+0,0090^2+0,0095 \\
 &^2+0,0092^2+0,0088^2+0,0102^2+0,0096^2) - ((0,0083+0,0085+0,0087+0,0 \\
 &092+0,0082+0,0096+0,0078+0,0087+0,0090+0,0088+0,0092+0,0087+ \\
 &0,0089+0,0086+0,0090+0,0095+0,0092+0,0088+0,0102+0,0096)^2 / 20) \\
 &= 0,0016 - 0,0016 \\
 &= 5,76 \times 10^{-6}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= \left(\left(\frac{(P1_1+P1_2+P1_3+P1_4)^2}{4} \right) + \left(\frac{(P2_1+P2_2+P2_3+P2_4)^2}{4} \right) + \left(\frac{(P3_1+P3_2+P3_3+P3_4)^2}{4} \right) + \right. \\
 &\left. \left(\frac{(P4_1+P4_2+P4_3+P4_4)^2}{4} \right) + \left(\frac{(P5_1+P5_2+P5_3+P5_4)^2}{4} \right) \right) - ((P1_1+P1_2+P1_3+P1_4+P2_1 \\
 &+P2_2+P2_3+P2_4+P3_1+P3_2+P3_3+P3_4+P4_1+P4_2+P4_3+P4_4+P5_1+P5_2+P5_3+P \\
 &5_4)^2 / 20) \\
 &= \left(\left(\frac{(0,0083+0,0085+0,0087+0,0092)^2}{4} \right) + \left(\frac{(0,0082+0,0096+0,0078+0,0087)^2}{4} \right) + \right. \\
 &\left. \left(\frac{(0,0090+0,0088+0,0092+0,0087)^2}{4} \right) + \left(\frac{(0,0089+0,0086+0,0090+0,0095)^2}{4} \right) + \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \left(\frac{(0,0092+0,0088+0,0102+0,0096)^2}{4} \right) - \left((0,0083+0,0085+0,0087+0,0092 \right. \\
 & \left. +0,0082+0,0096+0,0078+0,0087+0,0090+0,0088+0,0092+0,0087+0,00 \right. \\
 & \left. 89+0,0086+0,0090+0,0095+0,0092+0,0088+0,0102+0,0096)^2 / 20 \right) \\
 & = (0,0003 + 0,0003 + 0,0003 + 0,0003 + 0,0004) - 0,0016 \\
 & = 0,0016 - 0,0016 \\
 & = 1,86 \times 10^{-6} \\
 \text{JKG} & = \text{JKT} - \text{JKP} \\
 & = 5,76 \times 10^{-6} - 1,86 \times 10^{-6} = 3,89 \times 10^{-6} \\
 \text{KTP} & = \frac{\text{JKP}}{(5-1)} \\
 & = \frac{0,00000186}{4} = 4,66 \times 10^{-7} \\
 \text{KTG} & = \frac{\text{JKG}}{(20-5)} \\
 & = \frac{0,00000389}{15} = 2,60 \times 10^{-7} \\
 \text{F hit} & = \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} \\
 & = \frac{0,00000047}{0,00000026} = 1,80
 \end{aligned}$$

5. ANOVA Kadar Abu

Pengulangan	P1	P2	P3	P4	P5
1	20,26	23,21	23,71	30,13	32,53
2	20,94	23,05	27,17	32,24	31,66
3	22,18	25,23	23,34	24,93	28,41
4	20,00	19,53	27,73	22,89	29,33
rata-rata	20,85	22,76	25,49	27,55	30,48
Stdev	0,97	2,37	2,29	4,37	1,93

$$\begin{aligned}
 \text{JKT} &= (P1_1^2+P1_2^2+P1_3^2+P1_4^2+P2_1^2+P2_2^2+P2_3^2+P2_4^2+P3_1^2+P3_2^2+P3_3^2+P3_4^2 \\
 &+P4_1^2+P4_2^2+P4_3^2+P4_4^2+P5_1^2+P5_2^2+P5_3^2+P5_4^2) - ((P1_1+P1_2+P1_3+P1_4 \\
 &+P2_1+P2_2+P2_3+P2_4+P3_1+P3_2+P3_3+P3_4+P4_1+P4_2+P4_3+P4_4+P5_1+P5_2 \\
 &+P5_3+P5_4)^2 / 20) \\
 &= (20,26^2+20,94^2+22,18^2+20,00^2+23,21^2+23,05^2+25,23^2+19,53^2+23,71^2 \\
 &+27,17^2+23,34^2+27,73^2+30,13^2+32,24^2+24,93^2+22,89^2+32,53^2+31,66^2 \\
 &+28,41^2+29,33^2) - ((20,26 +20,94+22,18+20,00+23,21+23,05+25,23+ \\
 &19,53+23,71+27,17+23,34+27,73+30,13+32,24+24,93+22,89+32,53+ \\
 &31,66+28,41+29,33)^2 / 20) \\
 &= 13263,59 - 12927,09 \\
 &= 336,50
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JKP} &= \left(\left(\frac{(P1_1+P1_2+P1_3+P1_4)^2}{4} \right) + \left(\frac{(P2_1+P2_2+P2_3+P2_4)^2}{4} \right) + \left(\frac{(P3_1+P3_2+P3_3+P3_4)^2}{4} \right) + \right. \\
 &\left. \left(\frac{(P4_1+P4_2+P4_3+P4_4)^2}{4} \right) + \left(\frac{(P5_1+P5_2+P5_3+P5_4)^2}{4} \right) \right) - ((P1_1+P1_2+P1_3+P1_4+P2_1 \\
 &+P2_2+P2_3+P2_4+P3_1+P3_2+P3_3+P3_4+P4_1+P4_2+P4_3+P4_4+P5_1+P5_2+P5_3+P \\
 &5_4)^2 / 20) \\
 &= \left(\left(\frac{(20,26+20,94+22,18+20,00)^2}{4} \right) + \left(\frac{(23,21+23,05+25,23+19,53)^2}{4} \right) + \right. \\
 &\left(\frac{(23,71+27,17+23,34+27,73)^2}{4} \right) + \left(\frac{(30,13+32,24+24,93+22,89)^2}{4} \right) + \\
 &\left. \left(\frac{(32,53+31,66+28,41+29,33)^2}{4} \right) \right) - ((20,26+20,94+22,18+20,00+23,21+ \\
 &23,05+25,23 +19,53+23,71+27,17+23,34+27,73+30,13+32,24+24,93 \\
 &+22,89+32,53+31,66+28,41+29,33)^2 / 20) \\
 &= (1738,06 + 2071,16 + 2598,45 + 3035,46 + 3716,73) - 12927,09 \\
 &= 13159,86 - 12927,09 \\
 &= 232,77
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\
 &= 336,50 - 232,77 = 103,73
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTP} &= \frac{\text{JKP}}{(5-1)} \\ &= \frac{232,77}{4} = 58,19 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTG} &= \frac{\text{JKG}}{(20-5)} \\ &= \frac{103,73}{15} = 6,92 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F hit} &= \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} \\ &= \frac{58,19}{6,92} = 8,41 \end{aligned}$$

6. ANOVA Jumlah Energi Output

Pengulangan	P1	P2	P3	P4	P5
1	210000	151200	138600	155400	159600
2	197400	151200	142800	155400	134400
3	201600	189000	138600	130200	113400
4	147000	151200	159600	134400	113400
rata-rata	189000	160650	144900	143850	130200
Stdev	28485,79	18900	9997,100	13446,56	21958,14

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= (P1_1^2+P1_2^2+P1_3^2+P1_4^2+P2_1^2+P2_2^2+P2_3^2+P2_4^2+P3_1^2+P3_2^2+P3_3^2+P3_4^2 \\ &\quad +P4_1^2+P4_2^2+P4_3^2+P4_4^2+P5_1^2+P5_2^2+P5_3^2+P5_4^2) - ((P1_1+P1_2+P1_3+P1_4 \\ &\quad +P2_1+P2_2+P2_3+P2_4+P3_1+P3_2+P3_3+P3_4+P4_1+P4_2+P4_3+P4_4+P5_1+P5_2 \\ &\quad +P5_3+P5_4)^2 / 20) \\ &= (210000^2+197400^2+201600^2+147000^2+151200^2+151200^2+189000^2+ \\ &\quad 151200^2+138600^2+142800^2+138600^2+159600^2+155400^2+155400^2+130 \\ &\quad 200^2+134400^2+159600^2+134400^2+113400^2+113400^2) - ((210000+197 \\ &\quad 400+201600+147000+151200+151200+189000+151200+138600+142 \\ &\quad 800+138600+159600+155400+155400+130200+134400+159600+134 \\ &\quad 400+113400+113400)^2 / 20) \\ &= 486475920000 - 472596768000 \end{aligned}$$

$$= 13879152000,00$$

$$\begin{aligned} \text{JKP} &= \left(\left(\frac{(P_{1_1}+P_{1_2}+P_{1_3}+P_{1_4})^2}{4} \right) + \left(\frac{(P_{2_1}+P_{2_2}+P_{2_3}+P_{2_4})^2}{4} \right) + \left(\frac{(P_{3_1}+P_{3_2}+P_{3_3}+P_{3_4})^2}{4} \right) + \right. \\ &\quad \left. \left(\frac{(P_{4_1}+P_{4_2}+P_{4_3}+P_{4_4})^2}{4} \right) + \left(\frac{(P_{5_1}+P_{5_2}+P_{5_3}+P_{5_4})^2}{4} \right) \right) - ((P_{1_1}+P_{1_2}+P_{1_3}+P_{1_4}+P_{2_1} \\ &\quad +P_{2_2}+P_{2_3}+P_{2_4}+P_{3_1}+P_{3_2}+P_{3_3}+P_{3_4}+P_{4_1}+P_{4_2}+P_{4_3}+P_{4_4}+P_{5_1}+P_{5_2}+P_{5_3}+P_{5_4})^2 / 20) \\ &= \left(\left(\frac{(210000+197400+201600+147000)^2}{4} \right) + \left(\frac{(151200+151200+189000+151200)^2}{4} \right) + \right. \\ &\quad \left(\frac{(138600+142800+138600+159600)^2}{4} \right) + \left(\frac{(155400+155400+130200+134400)^2}{4} \right) + \\ &\quad \left. \left(\frac{(159600+134400+113400+113400)^2}{4} \right) \right) - ((210000+197400+201600+147 \\ &\quad 000+151200+151200+189000+151200+138600+142800+138600+159 \\ &\quad 600+155400+155400+130200+134400+159600+134400+113400+113 \\ &\quad 400)^2 / 20) \\ &= (142884000000 + 103233690000 + 83984040000 + 82771290000 + \\ &\quad 67808160000) - 472596768000 \\ &= 480681180000 - 472596768000 \\ &= 8084112000,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\ &= 13879152000,00 - 8084112000,00 = 5794740000,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTP} &= \frac{\text{JKP}}{(5-1)} \\ &= \frac{8084112000,00}{4} = 2021103000,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTG} &= \frac{\text{JKG}}{(20-5)} \\ &= \frac{5794740000,00}{15} = 386316000,00 \end{aligned}$$

$$\text{F hit} = \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} = \frac{2021103000,00}{386316000,00} = 5,23$$