



**MODIFIKASI KOMPOR BIOMASSA BEREMISI RENDAH
BERBAHAN BAKAR BIOPELET LIMBAH KULIT KOPI**

SKRIPSI

Oleh

**Nur Muhamad Bagus Prayogo
NIM 141710201012**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**MODIFIKASI KOMPOR BIOMASSA BEREMISI RENDAH
BERBAHAN BAKAR BIOPELET LIMBAH KULIT KOPI**

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

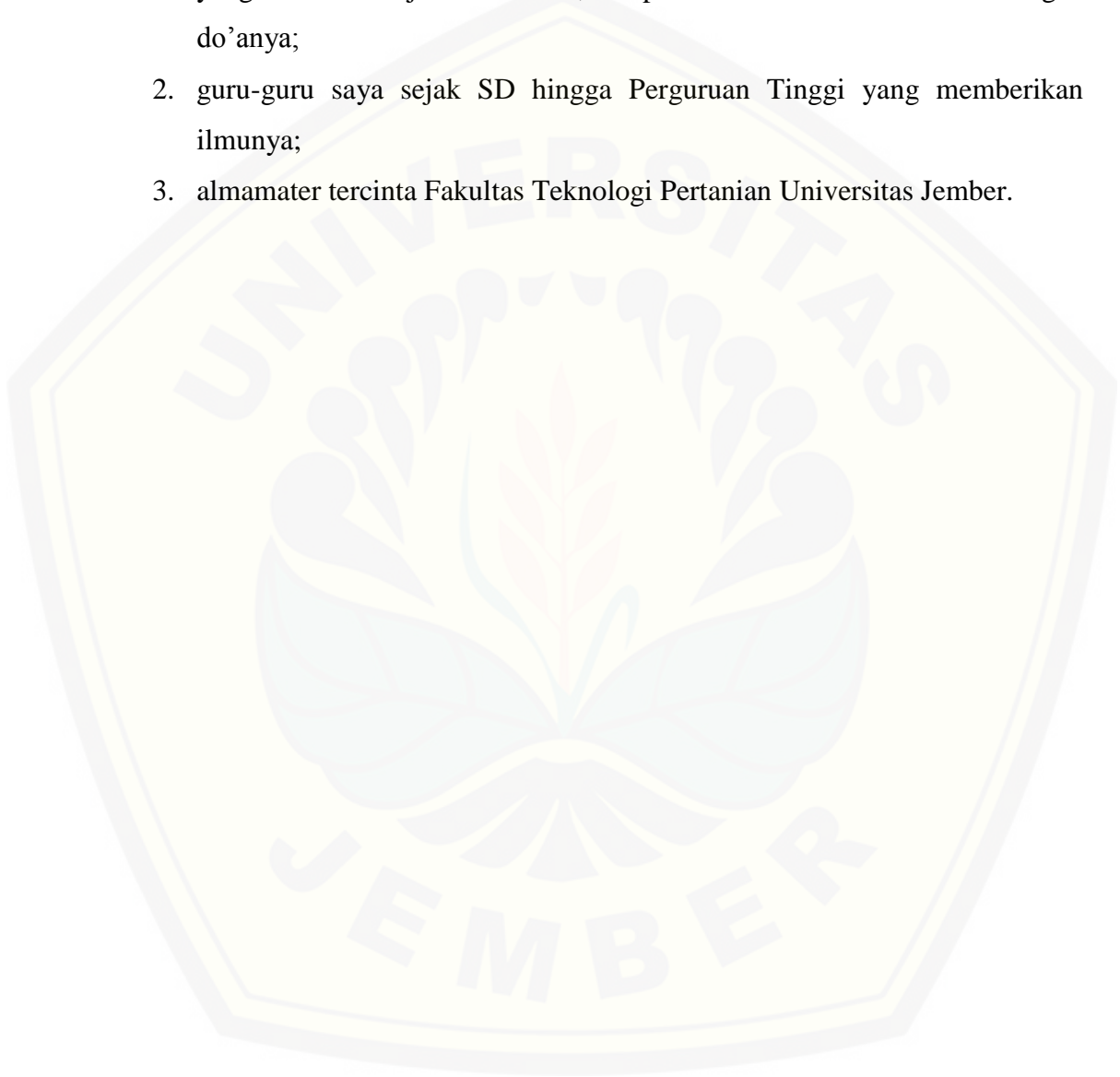
**Nur Muhamad Bagus Prayogo
NIM 141710201012**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terima kasih saya kepada:

1. kedua orang tua saya Ibu Ponik dan Ayah Mistam serta keluarga besar yang telah menjadi motivasi, inspirasi dan memberikan dukungan do'anya;
2. guru-guru saya sejak SD hingga Perguruan Tinggi yang memberikan ilmunya;
3. almamater tercinta Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.



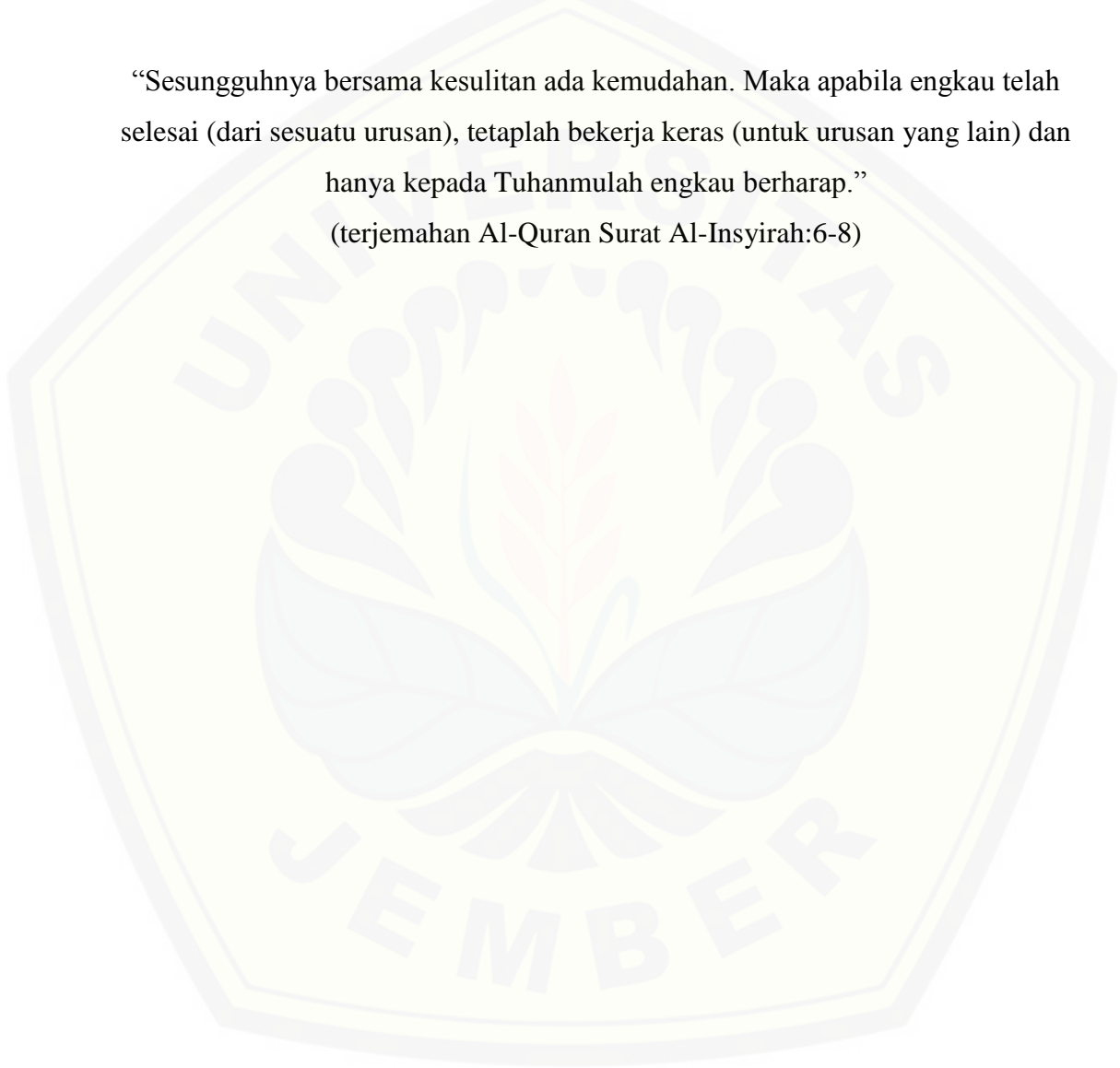
MOTTO

Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesanggupannya

(terjemahan Al-Qur'an Surat Al-Baqarah: 286)

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain) dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”

(terjemahan Al-Quran Surat Al-Insyirah:6-8)



PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

nama : Nur Muhamad Bagus Prayogo

NIM : 141710201012

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Modifikasi Kompor Biomassa Beremisi Rendah Berbahan Bakar Biopellet Limbah Kulit Kopi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan 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, Mei 2018

Yang Menyatakan,

Nur Muhamad Bagus Prayogo
NIM. 141710201012

SKRIPSI

**MODIFIKASI KOMPOR BIOMASSA BEREMISI RENDAH
BERBAHAN BAKAR BIOPELET LIMBAH KULIT KOPI**

Oleh

**Nur Muhamad Bagus Prayogo
NIM 141710201012**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Soni Sisbudi Harsono, M.Eng., M.Phil.

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Modifikasi Kompor Biomassa Beremisi Rendah Berbahan Bakar Biopellet Limbah Kulit Kopi” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada:

hari, tanggal : Kamis, 31 Mei 2018

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Soni Sisbudi Harsono., M.Eng., M.Phil Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng.

NIP. 19641231 198902 1 040

NIP. 19631212 199003 1 002

Tim Penguji

Ketua,

Anggota,

Ir. Setiyo Harri, M.S.

NIP. 19530924 198303 1 001

Aris Zainul Muttaqin S.T., M.T

NIP. 19681207 199512 1 002

Mengesahkan

Dekan,

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

NIP. 19680923 199403 1 009

RINGKASAN

Modifikasi Kompor Biomassa Beremisi Rendah Berbahan Bakar Biopellet Limbah Kulit Kopi. Nur Muhamad Bagus Prayogo, NIM 141710201012; 36 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Konsumsi energi di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun. Energi yang selama ini dikonsumsi masih bertumpu pada energi fosil seperti bahan bakar minyak dan gas. Setiap tahun konsumsi bahan bakar minyak dan gas meningkat namun produksinya semakin menurun. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi penurunan produksi energi tersebut adalah dengan menciptakan energi terbarukan, salah satunya yaitu biopellet limbah kulit kopi. Media yang dapat digunakan untuk memanfaatkan energi terbarukan adalah kompor biomassa, namun beberapa kompor biomassa mempunyai efisiensi yang rendah dan emisi yang tinggi. Hal ini disebabkan karena lubang pada tabung pembakaran kompor masih belum sesuai sehingga perlu dilakukan modifikasi. Lubang ini akan mempengaruhi suplai udara yang dibutuhkan untuk pembakaran. Tujuan dari penelitian ini adalah memodifikasi kompor biomassa, menguji kinerja kompor biomassa, dan menentukan kompor biomassa terbaik berdasarkan jumlah lubang pada tabung pembakaran. Pengujian kinerja kompor biomassa meliputi kalor, efisiensi termal, dan emisi. Modifikasi dengan berbagai variasi lubang ini bertujuan untuk mendapatkan kalor yang tinggi, efisiensi termal yang tinggi, dan emisi yang rendah. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis perbandingan untuk menentukan kompor biomassa terbaik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kalor yang dihasilkan dari yang tertinggi ke terendah adalah kompor 40 lubang sebesar 316,880 kJ, kompor 20 lubang sebesar 310,601 kJ, kompor 10 lubang sebesar 308,229 kJ, dan kompor UB-03 sebesar 306,833 kJ. Efisiensi termal dari yang tertinggi ke terendah adalah kompor UB-03 sebesar 16,47%, kompor 10 lubang sebesar 16,39%, kompor 20 lubang sebesar 15,96%, dan kompor 40 lubang sebesar 15,38%. Emisi yang dihasilkan dari yang tertinggi ke terendah adalah kompor UB-03 sebesar 333 ppm, kompor 10 lubang sebesar 298 ppm, kompor 20 lubang sebesar 289 ppm, dan kompor 40 lubang sebesar 273 ppm. Uji F pada efisiensi termal dan emisi menunjukkan bahwa terjadi perbedaan yang tidak nyata antara jumlah lubang terhadap efisiensi termal dan emisi. Hal ini juga disebabkan karena efisiensi termal dan emisi yang dihasilkan berselisih dekat. Sedangkan Uji F pada kalor menunjukkan bahwa dengan perlakuan yang berbeda terdapat perbedaan yang nyata antara jumlah lubang terhadap kalor. Hal ini juga disebabkan karena kalor yang dihasilkan pada masing-masing kompor berbeda jauh. Kompor biomassa terbaik adalah kompor biomassa dengan 40 lubang. Kompor ini mempunyai kalor tertinggi, emisi terendah, namun mempunyai efisiensi termal terendah juga. Hasil uji emisi menunjukkan bahwa emisi kompor biomassa untuk semua jumlah lubang lebih rendah daripada kompor biomassa UB-03.

SUMMARY

Modification of Low Emission Biomass Stove Uses Biopellet Waste Coffee Peel. Nur Muhamad Bagus Prayogo, NIM 141710201012; 36 pages; Department of Agricultural Engineering; Faculty of Agricultural Technology; Jember University.

Energy consumption in Indonesia increases from year to year. Energy has consumed still based on fossil energy such as oil and gas fuel. Every year consumption of oil and gas fuel increases but its production decreases. Efforts that can be done to overcome the declining in energy production is created renewable energy, one of them is biopellet waste coffee peel. The medium that can be used to utilize renewable energy is biomass stove, but some biomass stoves have low efficiency and high emissions. This is caused hole in burner tube stove which is still not suitable so that it needs to be modified. This hole will affect air supply required for combustion. The purposes of this research are modified biomass stoves, tested the performance of biomass stoves, and determined the best biomass stoves based on the number of holes in the burner tube. Performance testing of biomass stoves include heat, thermal efficiency, and emissions. Modifications with variations hole aims to obtain high heat, high thermal efficiency, and low emissions. The analysis used in this research is comparative analysis to determine the best biomass stove. The result shows that the heat produced from the highest to the lowest are 40 holes stove 316,880 kJ, 20 holes stove 310,601 kJ, 10 holes stove 308,229 kJ, and UB-03 stove 306,833 kJ. Thermal efficiency from the highest to the lowest are UB-03 stove 16,47%, 10 holes stove 16,39%, 20 holes stove 15,96%, and 40 holes stove 15,38%. Emissions result from the highest to the lowest are UB-03 stove 333 ppm, 10 holes stove 298 ppm, 20 holes stove 289 ppm, and 40 holes stove 273 ppm. F test on thermal efficiency and emission show that there is not real difference between the number of holes on thermal efficiency and emissions. This is also due to thermal efficiency and the resulting emissions closely disaggregated. While F test on heat show that by different treatment there is a real difference between the number of holes to the heat. This is also because the heat produced on each stove is much different. The best biomass stove is a biomass stove with 40 holes. This stove has the highest heat, lowest emissions, but it has the lowest thermal efficiency as well. Emission test result shows that the emissions of biomass stoves for all hole numbers is lower than that of UB-03 biomass stoves.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Modifikasi Kompor Biomassa Beremisi Rendah Berbahan Bakar Biopellet Limbah Kulit Kopi”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada.

1. Dr. Ir. Soni Sisbudi Harsono, M.Eng., M.Phil. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
2. Ir. Setiyo Harri, M.S. dan Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku penguji skripsi;
3. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si., selaku Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian;
4. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
5. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
6. Saudara seperjuangan; Angga, Ega, Uswa, Agung, Ratna, Kholilur, dan Edy terima kasih telah menemani dan membantu saya selama studi di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
7. Teman-teman Jurusan Teknik Pertanian angkatan 2014, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, terimakasih atas nasehat serta motivasinya;
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu baik tenaga maupun pikiran dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

UPT Perpustakaan Universitas Jember

Penulis juga menerima segala kritik dan saran semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Jember, Mei 2018

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kompor Biomassa Saat Ini	4
2.2 Kalor	5
2.2.1 Pembakaran.....	5
2.2.2 Emisi Gas Karbonmonoksida (CO)	5
2.3 Biopellet Limbah Kulit Kopi	6
2.4 Perancangan Kompor Biomassa	7
2.5 Pengertian Uji Analisis Varians (ANOVA)	8
BAB 3. METODOLOGI	9

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	9
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	9
3.2.1 Alat Penelitian.....	9
3.2.2 Bahan Penelitian	9
3.3 Tahapan Penelitian	9
3.3.1 Studi Literatur	10
3.3.2 Modifikasi Kompor Biomassa	10
3.3.3 Pengujian Kompor Biomassa.....	11
3.3.4 Analisis Data.....	12
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Rancangan Struktural	13
4.1.1 Kerangka Kompor Biomassa	13
4.1.2 Tabung Pembakaran	14
4.1.3 Tempat Dudukan dan Tutup	14
4.2 Hasil Uji Kalor Kompor Biomassa	15
4.3 Hasil Uji Efisiensi Termal Kompor Biomassa	17
4.4 Hasil Uji Emisi Kompor Biomassa	18
4.5 Analisa Perbandingan Kalor Menggunakan Uji F	19
4.6 Analisa Perbandingan Efisiensi Termal Menggunakan Uji F	20
4.7 Analisa Perbandingan Emisi Menggunakan Uji F	21
4.8 Pembahasan	22
4.8.1 Kalor	22
4.8.2 Efisiensi Termal	23
4.8.3 Emisi	24
4.9 Kompor Biomassa Terbaik	25
BAB 5. PENUTUP	26
5.1 Kesimpulan	26
5.2 Penutup	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN	29

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Hasil perhitungan kalor.....	16
Tabel 4.2 Hasil pengukuran waktu yang diperlukan untuk membakar.....	16
Tabel 4.3 Hasil pengukuran suhu tertinggi yang dihasilkan pada pembakaran.....	16
Tabel 4.4 Hasil perhitungan massa air yang menguap.....	16
Tabel 4.5 Hasil perhitungan kalor laten	17
Tabel 4.6 Hasil perhitungan massa biopellet yang dibutuhkan untuk membakar	17
Tabel 4.7 Hasil perhitungan kalor yang dihasilkan bahan bakar	18
Tabel 4.8 Hasil perhitungan efisiensi termal.....	18
Tabel 4.9 Hasil pengukuran emisi kompor biomassa	18
Tabel 4.10 Hasil uji normalitas kalor menggunakan shapiro wilk	19
Tabel 4.11 Hasil F hitung kalor.....	20
Tabel 4.12 Hasil uji normalitas efisiensi termal menggunakan shapiro wilk	21
Tabel 4.13 Hasil F hitung efisiensi termal	21
Tabel 4.14 Hasil uji normalitas emisi menggunakan shapiro wilk	22
Tabel 4.15 Hasil F hitung emisi	22

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kompor biomassa UB-03.....	4
Gambar 2.2 Susunan buah kopi	6
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian modifikasi kompor biomassa	10
Gambar 3.2 Ilustrasi kompor biomassa modifikasi 3 dimensi.....	11
Gambar 4.1 Kompor biomassa.....	13
Gambar 4.2 Tabung pembakaran	15
Gambar 4.3 Tempat dudukan.....	15
Gambar 4.4 Tutup kompor.....	15

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Gambar teknik kerangka kompor biomassa	29
B. Gambar teknik tabung pembakaran	30
C. Gambar teknik tempat dudukan dan tutup	31
D. Perhitungan kalor, kalor laten dan kalor bahan bakar	32
E. Perhitungan efisiensi termal	34
F. Dokumentasi penelitian	36
F1. Pengujian kompor biomassa	36
F2. Api yang dihasilkan pada masing-masing kompor	36

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi energi di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun. Peningkatan ini terjadi hampir pada semua sektor yang mencakup sektor industri, transportasi, rumah tangga, dan sektor lainnya. Energi yang selama ini dikonsumsi masih bertumpu pada energi fosil terutama bahan bakar minyak. Konsumsi energi mengalami peningkatan sejak tahun 2003 dari 117 juta ton minyak menjadi 174 juta ton minyak di tahun 2013 atau tumbuh rata-rata sebesar 4,1% per tahun (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2014: 35-36).

Produksi minyak mentah Indonesia mengalami penurunan pada tahun 1977 dengan produksi 1,65 juta barel/hari dan tahun 1995 sebesar 1,60 juta barel/hari. Penurunan produksi tersebut disebabkan berkurangnya produksi sumur-sumur dan terbatasnya penemuan sumur baru. Meskipun Pemerintah melalui Instruksi Presiden (Inpres) 02/2012 tentang Peningkatan Produksi Minyak Bumi Nasional menargetkan produksi minyak dalam negeri menjadi 1,01 juta barel/hari di tahun 2014 tetapi tetap tidak bisa meningkatkan produksi minyak. Untuk mengurangi ketergantungan yang besar terhadap penggunaan BBM, Pemerintah Indonesia telah melakukan program konversi minyak tanah ke LPG (Dewan Energi Nasional, 2014:16). Namun Pemerintah Indonesia memproyeksikan bahwa produksi gas Indonesia pada tahun 2017 menjadi sebesar 7.966 juta m³/hari dan akan mengalami penurunan menjadi 3.339 juta m³/hari di tahun 2030 (Dewan Energi Nasional, 2014:36).

Setiap tahun konsumsi bahan bakar minyak dan gas meningkat namun produksinya semakin menurun. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi penurunan produksi energi tersebut adalah dengan menciptakan energi terbarukan. Salah satu energi terbarukan adalah biomassa. Biomassa merupakan energi alternatif yang berasal dari limbah pertanian. Menurut Kementerian Pertanian (2015), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian telah memetakan potensi sumber energi terbarukan dari bahan biomassa padat di Indonesia sebesar 756,08 juta Giga Joule/tahun. Energi tersebut terdiri atas 614,6 juta Giga Joule/tahun dari

residu pertanian dan 141,48 juta Giga Joule/tahun dari limbah hutan. Contoh limbah pertanian adalah kulit kopi yang dapat digunakan sebagai biopellet. Menurut Rukmana (2014), luas produktif lahan perkebunan kopi di Indonesia adalah 950.000 hektar dan menghasilkan kopi sekitar 750.000 ton per tahun, sehingga limbah kulit kopi yang dihasilkan sebesar 307.500 ton per tahun.

Media pemanfaatan biomassa yang dapat digunakan untuk memanfaatkan energi terbarukan adalah kompor biomassa. Kompor biomassa merupakan media yang dikhususkan untuk beberapa biomassa seperti briket sebagai alat bakar skala rumah tangga (Tama *et al.*, 2012). Dalam kehidupan masyarakat benda ini tidak asing dan mempunyai harga yang terjangkau. Namun beberapa kompor biomassa mempunyai tingkat efisiensi yang rendah dan emisi cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena lubang pada tabung pembakaran kompor masih belum sesuai sehingga perlu dilakukan modifikasi kompor biomassa dengan berbagai variasi lubang pada tabung pembakaran. Lubang ini akan mempengaruhi suplai udara yang dibutuhkan untuk pembakaran. Tujuan dari variasi lubang ini untuk mendapatkan lubang yang sesuai sehingga menghasilkan kalor yang tinggi dengan efisiensi yang tinggi dan emisi yang rendah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana memodifikasi kompor biomassa berbahan bakar biopellet limbah kulit kopi?
2. Bagaimana menguji kinerja kompor biomassa berbahan bakar biopellet limbah kulit kopi?
3. Bagaimana menentukan kompor biomassa terbaik berdasarkan jumlah lubang pada tabung pembakaran?
4. Bagaimana menguji emisi kompor biomassa dibandingkan kompor biomassa UB-03?

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini yaitu melakukan modifikasi jumlah lubang kompor biomassa berbahan bakar biopelet dari limbah kulit kopi. Output yang ingin dihasilkan yaitu kompor biomassa yang mempunyai kalor yang tinggi, efisiensi yang tinggi, dan emisi yang rendah berdasarkan jumlah lubang pada tabung pembakaran.

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memodifikasi kompor biomassa berbahan bakar biopelet limbah kulit kopi.
2. Menguji kinerja kompor biomassa berbahan bakar biopelet limbah kulit kopi yang meliputi kalor, efisiensi, dan emisi.
3. Menentukan kompor biomassa terbaik berdasarkan jumlah lubang pada tabung pembakaran.
4. Menguji emisi kompor biomassa dibandingkan kompor biomassa UB-03.

1.5 Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Manfaat bagi peneliti, mengembangkan energi terbarukan yang terbuat dari limbah kulit kopi dan memperoleh kompor biomassa terbaik.
2. Manfaat bagi masyarakat, dapat memanfaatkan kompor biomassa dengan kinerja yang lebih baik.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kompor Biomassa Saat Ini

Kompor biomassa yang sudah ada yaitu Kompor Biomassa UB-03. Kompor Biomassa UB-03 merupakan kompor berbahan bakar potongan kayu, batok kelapa, briket biomassa, briket arang. Kompor ini merupakan hasil rancangan dari dosen Universitas Brawijaya dan diproduksi oleh CV. Kreasi Daya Mandiri. Kompor ini mempunyai dimensi 28 cm x 28 cm x 36 cm dan mempunyai berat 3,5 kg. Kompor ini mempunyai beberapa komponen yaitu tabung pembakaran, tempat dudukan kompor, dan tutup kompor. Tabung pembakaran mempunyai diameter 14,5 cm dan tinggi 25 cm. Tabung ini pada bagian samping mempunyai 291 lubang dengan diameter 0,2 cm dan bagian bawah mempunyai 7 lubang dengan diameter 0,9 cm. Sedangkan tempat dudukan kompor mempunyai diameter 23 cm dan diameter tutup kompor adalah 11 cm (CV. Kreasi Daya Mandiri, 2015).

Kompor Biomassa UB-03 ini terbuat dari galvalum dan stainless steel dengan berbagai macam ketebalan. Meja kompor terbuat dari bahan stainless steel 0,6 mm. Bagian bawah tabung bakar dari bahan stainless steel tebal 1 mm, stainless steel 0,8 mm untuk badan tabung bakar, dan stainless steel 0,6 mm untuk bagian atas tabung bakar. Sedangkan untuk komponen lain terbuat dari galvalum dengan ketebalan 0,6 mm (CV. Kreasi Daya Mandiri, 2015). Kompor biomassa UB-03 dapat dilihat pada Gambar 2.1.



(a)



(b)

Gambar 2.1 Kompor biomassa UB-03: (a) Tampak bagian luar; (b) Tabung pembakaran (Sumber: CV. Kreasi Daya Mandiri, 2015)

2.2 Kalor

Kalor adalah salah satu bentuk energi yang dapat berpindah dari benda bersuhu lebih tinggi ke benda bersuhu lebih rendah. Banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu benda bergantung pada massa benda, kalor jenis benda, dan perubahan suhu. Kalor merupakan suatu bentuk energi, satuan untuk kalor sama dengan satuan energi (Yanti *et al.*, 2014). Menurut Jati dan Priyambodo (2008) dalam Yanti *et al.*, (2014), jumlah kalor yang diberikan besarnya sebanding dengan kenaikan suhu benda. Semakin banyak kalor yang diberikan kepada benda, semakin besar pula kenaikan suhu benda tersebut.

2.2.1 Pembakaran

Menurut Nurhilal *et al.* (2016), pembakaran merupakan suatu reaksi kimia yang melibatkan pencampuran bahan bakar dan oksigen untuk menghasilkan panas. Syarat agar dapat terjadi suatu proses pembakaran adalah sebagai berikut.

a. Adanya bahan bakar

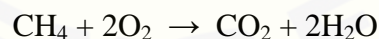
Bahan bakar adalah bahan yang apabila terbakar dapat meneruskan proses pembakaran dengan sendirinya disertai dengan pengeluaran kalor. Unsur-unsur yang terkandung dalam bahan bakar adalah karbon, hidrogen, dan sulfur.

b. Adanya suplai oksigen

c. Adanya energi panas

Energi panas berfungsi untuk mengaktivasi reaksi pembakaran.

Reaksi kimia yang terjadi pada proses pembakaran adalah sebagai berikut.



Reaksi di atas merupakan reaksi sempurna yang terjadi pada proses pembakaran. Namun, terkadang dalam proses pembakaran yang terjadi seringkali menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna yang menghasilkan karbon monoksida (CO).

2.2.2 Emisi Gas Karbon Monoksida (CO)

Menurut Nurhilal *et al.* (2016), pembakaran biomassa dalam kompor akan menghasilkan emisi CO. Emisi ini dapat menyebabkan polusi udara berupa gas

CO, sulfur, nitrogen oksida, dan hidrokarbon. Emisi gas CO berasal dari reaksi oksidasi tidak sempurna hidrokarbon dan karbon yang terkandung dalam biobriket.

2.3 Biopelet Limbah Kulit Kopi

Menurut Rukmana (2014), luas produktif lahan perkebunan kopi di Indonesia adalah 950.000 hektar dan menghasilkan kopi sekitar 750.000 ton per tahun, sehingga limbah kulit kopi yang dihasilkan sebesar 307.500 ton per tahun. Menurut AAK (1988:46-47), kulit kopi terdiri dari berbagai macam lapisan. Lapisan-lapisan pada kulit kopi adalah sebagai berikut.

1. Exocarp merupakan lapisan bagian luar yang tipis dan jika sudah masak lapisan ini akan berwarna merah.
2. Mesocarp merupakan lapisan daging buah. Daging buah ini mengandung serabut yang berlendir dan manis apabila sudah masak.
3. Endocarp merupakan kulit tanduk atau kulit dalam. Kulit ini merupakan lapisan kulit tanduk yang menjadi batas kulit dan biji yang keadaannya agak keras.



Gambar 2.2 Susunan buah kopi (Sumber: AAK:1988)

Dengan melimpahnya limbah kulit kopi maka dilakukanlah cara pengolahan dengan merubahnya menjadi biopelet. Menurut Hasanuddin dan Lahay (2012), cara pembuatan biopelet tersebut adalah sebagai berikut.

1. Persiapan Bahan

Bahan baku yang perlu dipersiapkan adalah kulit kopi kering dan bahan campuran. Bahan campuran terdiri dari bahan perekat dan limbah lain seperti serbuk gergaji kayu, tongkol jagung, dan sekam padi.

2. Pengecilan Ukuran

Kulit kopi kering dan bahan campuran digiling atau dicacah sampai halus.

3. Pencampuran

Kulit kopi kering yang halus dicampurkan dengan limbah lain dan perekat.

4. Pencetakan

Setelah bahan-bahan tadi dicampur, maka selanjutnya akan dilakukan pencetakan. Pencetakan akan menghasilkan biopellet berbentuk silinder dengan ukuran yang lebih kecil dari briket.

5. Pengeringan

Setelah mencetak biopellet, maka biopellet dikeringkan menggunakan bantuan sinar matahari maupun dengan oven.

2.4 Perancangan Kompor Biomassa

Menurut Inayati (2012), perancangan kompor biomassa adalah aplikasi teori perpindahan kalor, pembakaran, dan prinsip aliran fluida untuk memperoleh pembakaran sempurna. Perpindahan kalor yang maksimal merupakan perpindahan api ke bejana masak dengan kalor hilang yang sedikit. Kriteria tersebut dapat dicapai dengan menambahkan beberapa komponen ke kompor. Komponen-komponen tersebut adalah sebagai berikut.

a. Ruang pembakaran

Ruang pembakaran merupakan komponen utama kompor. Pada ruang ini pembakaran terjadi.

b. Lubang udara

Adanya lubang udara pada kompor dapat meningkatkan efisiensi pembakaran karena udara dapat terdistribusi secara merata ke bagian bawah bahan bakar sebagai hasil dari pencampuran udara dengan bahan bakar. Hal ini dapat meningkatkan laju pembakaran sehingga mengurangi panas yang hilang ke dinding.

c. Cerobong

Pemasangan sebuah cerobong pada rancangan kompor akan membantu gas keluar. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan temperatur tinggi ke rendah. Akibatnya gas panas akan bergerak keluar melalui cerobong.

d. Pengatur api

Pengatur api ini berupa pelat yang dapat membuka dan menutup pada lintasan aliran udara pada kompor. Pelat ini berguna untuk mengatur suplai udara dalam kompor, sehingga dapat mengatur panas yang dihasilkan kompor. Terdapat dua posisi umum untuk peletakannya, yaitu di ujung dalam cerobong dan mulut ruang pembakaran.

2.5 Pengertian Uji Analisis Varians (ANOVA)

Analisis varians atau ANOVA merupakan suatu teknik statistik yang digunakan untuk mengetahui apakah dua atau lebih mean populasi akan bernilai sama dengan menggunakan data dari sampel masing-masing populasi (Harinaldi 2005:192). Konsep ini didasarkan pada konsep distribusi F dan biasanya dapat diaplikasikan untuk berbagai macam kasus maupun dalam analisis hubungan antara berbagai variabel yang diamati (Saleh, 2001:283). Menurut Harinaldi (2005:192), hipotesis awal tersebut nantinya akan dicocokkan dengan kriteria pengambilan keputusan sebagai berikut.

1. Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima
2. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Perancangan kompor biomassa dilaksanakan di Laboratorium Alat dan Mesin Pertanian Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada Bulan September sampai Oktober 2017. Sedangkan untuk pengujiannya dilaksanakan di Laboratorium Mesin Otomotif Jurusan Teknik Mesin Otomotif Politeknik Negeri Jember pada Bulan Januari 2018.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

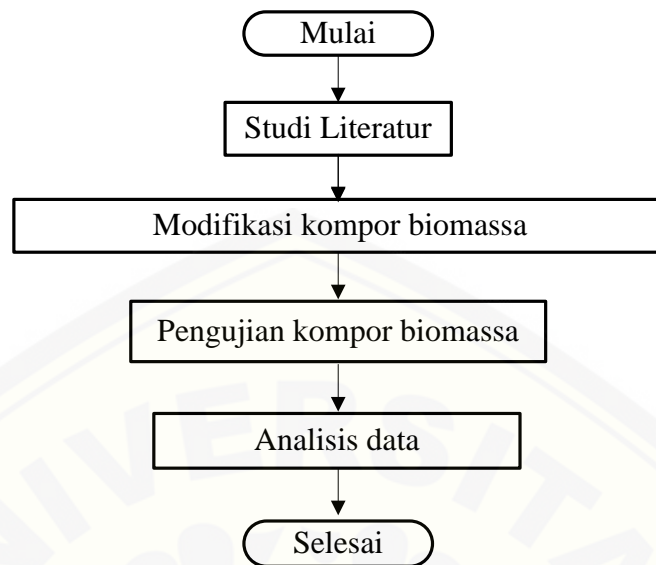
Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi las listrik, tang potong, bor, timbangan digital, termometer, gelas ukur, panci, *stopwatch*, emisi meter, alat tulis, dan kamera.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biopellet limbah kulit kopi yang diperoleh dari Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember. Limbah kulit kopi yang digunakan merupakan kopi jenis Robusta. Bahan lainnya adalah galvalum sebagai bahan pembuatan kompor.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilaksanakan meliputi studi literatur, modifikasi kompor biomassa, pengujian kompor biomassa, analisis data, dan penyusunan laporan. Adapun ilustrasi diagram alir perancangan kompor dapat diamati pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian modifikasi kompor biomassa

3.3.1 Studi Literatur

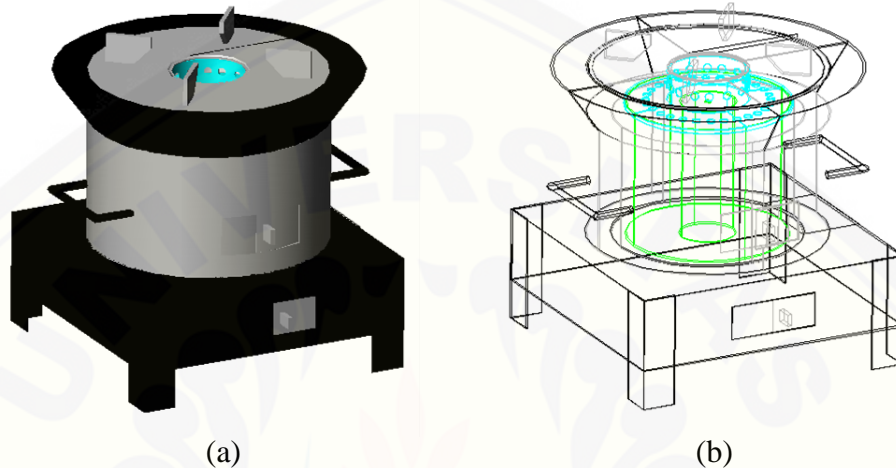
Studi literatur dilakukan sebagai peninjau mengenai biopellet limbah kulit kopi serta bahan-bahan penyusunnya. Studi literatur juga dapat memberikan gambaran mengenai komponen-komponen yang ada pada kompor biomassa dan bahan pembuatan kompor biomassa. Literatur yang digunakan meliputi buku, jurnal, karya ilmiah dan tulisan ilmiah dari website.

3.3.2 Modifikasi Kompor Biomassa

Modifikasi yang pertama yaitu pada ukuran kompor. Kompor biomassa ini ukurannya diperkecil dari kompor UB-03 supaya lebih ringan. Pada kompor UB-03 dimensinya adalah 28 cm x 28 cm x 36 cm, sedangkan pada kompor biomassa ini dimensinya adalah 25 cm x 25 cm x 28,5 cm.

Modifikasi kedua yang dilakukan pada kompor ini yaitu pada tabung pembakaran. Lubang pada tabung pembakaran kompor biomassa hasil modifikasi diperbesar diameternya dari 0,2 cm menjadi 0,7 cm. Tabung pembakaran dibuat sebanyak tiga macam dengan perbedaan jumlah lubang yaitu 10 lubang, 20 lubang, dan 40 lubang.

Modifikasi ketiga yaitu pemasangan pegangan pada samping kerangka kompor. Pegangan berfungsi untuk memudahkan pengguna memindahkan kompor ke tempat lain. Pembuatan model kompor biomassa dilakukan menggunakan *AutoCad*. Ilustrasi kompor biomassa modifikasi 3 dimensi dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Ilustrasi kompor biomassa modifikasi 3 dimensi : (a) Tampak bagian luar; (b) Tampak bagian dalam

3.3.3 Pengujian Kompor Biomassa

Pengujian kompor dilakukan untuk mengetahui kinerja kompor biomassa. Pada proses pengujian dilakukan pengambilan data primer yang diambil secara langsung di lapang. Data primer yang dibutuhkan antara lain: jumlah biopellet yang dibutuhkan (kg), jumlah air yang menguap (kg), waktu (menit), kalor, efisiensi termal, dan jumlah emisi yang dihasilkan.

Menurut Yanti *et al.* (2014), persamaan untuk menentukan banyak kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu suatu benda adalah sebagai berikut.

$$Q = m \times c \times \Delta T \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

Q = Banyak kalor yang diperlukan (J)

m = Massa zat (kg)

c = Kalor jenis zat (J/kg°C)

ΔT = Perbedaan Suhu (°C)

Menurut Nurhilal *et al.* (2016), efisiensi termal merupakan perbandingan antara nilai kalor yang digunakan untuk memanaskan dan menguapkan air dengan kalor yang dihasilkan oleh biobriket. Persamaan untuk menentukan besaran efisiensi termal adalah sebagai berikut.

$$\eta_T = \frac{m_a \times c_a \times \Delta T + \Delta m_a \times L}{\Delta m_k \times LHV} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

- m_a = massa air (kg),
- c_a = kalor jenis air = 4186 (J/kg°C),
- ΔT = perubahan temperatur (°C),
- Δm_a = massa air yang menguap (kg),
- L = kalor laten air = 2.268.000 (J/kg),
- Δm_k = massa bahan bakar yang telah dibakar (kg),
- LHV (*low heating value*) = 18.593.400 (J/kg).

Pada tabung pembakaran kompor terdapat tiga variasi tabung, yaitu tabung pembakaran dengan 10 lubang, 20 lubang, dan 40 lubang. Dari hasil variasi lubang tersebut akan diperoleh lubang terbaik untuk tabung pembakaran pada kompor biomassa.

3.3.4 Analisis Data

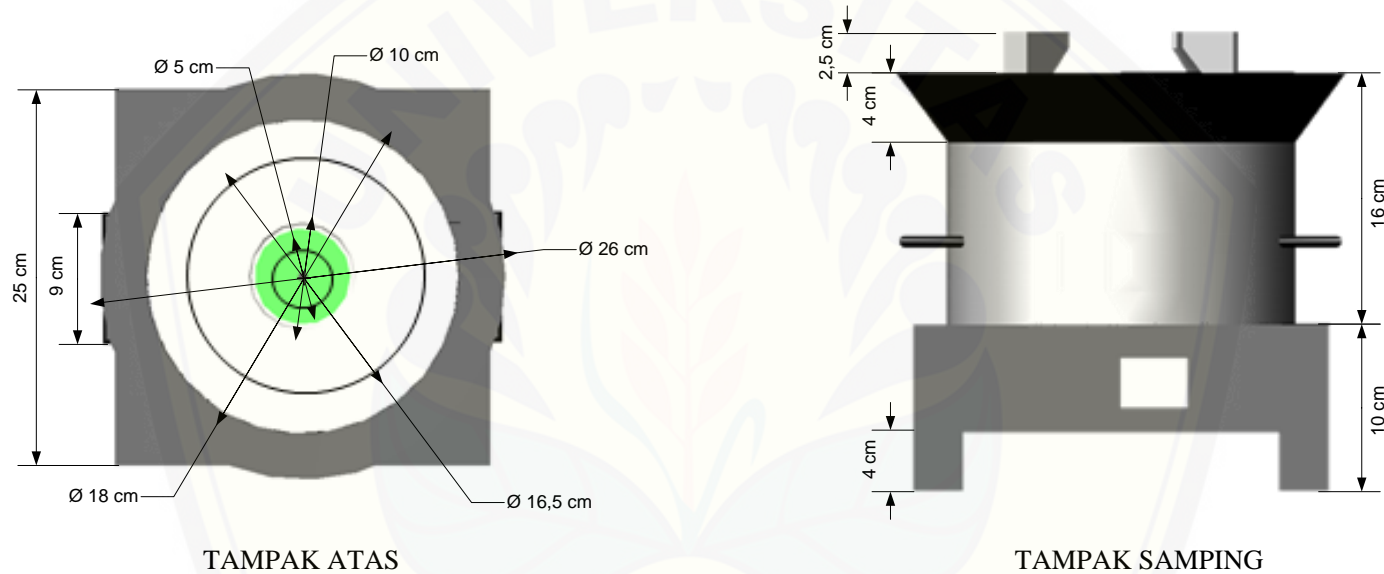
Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis perbandingan untuk menguji perbandingan antara jumlah lubang yang berbeda pada tabung pembakaran. Analisis ini digunakan untuk mengetahui kompor biomassa terbaik antara 10 lubang, 20 lubang, dan 40 lubang. Jumlah lubang ini berpengaruh terhadap kalor, efisiensi termal, dan emisi. Data yang diperoleh akan dilakukan analisis statistik menggunakan aplikasi SPSS 16.0. Apabila hasil analisis telah sesuai dengan tujuan yang diharapkan maka dilanjutkan dengan pembuatan laporan hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- AAK. 1988. *Budidaya Tanaman Kopi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Kinerja Tungku Biomassa*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional Indonesia. <https://cleancookstoves.org/binary-data/DOCUMENT/.../14-1.pdf> [Diakses pada 25 Mei 2017].
- CV. Kreasi Daya Mandiri. 2015. *Spesifikasi Kompor Biomass UB Standar Bahan Bakar Potongan Kayu*. <https://id.kopernik.info/sites/default/files/instructions/Spes-Kompor-BIOMASSA-KAYU.pdf>. [Diakses pada 18 April 2017].
- Dewan Energi Nasional. 2014. *Ketahanan Energi Indonesia 2014*. Jakarta: Dewan Energi Nasional Republik Indonesia. www.den.go.id/index.php/publikasi/download/15.pdf. [Diakses pada 10 April 2017].
- Harinaldi. 2005. *Prinsip-prinsip Statistik untuk Teknik dan Sains*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Hasanuddin dan I. H. Lahay. 2012. *Pembuatan Biopellet Ampas Kelapa Sebagai Energi Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah Ramah Lingkungan. Laporan Penelitian*. Gorontalo : Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo. <http://repository.ung.ac.id/get/simlit/1/125/2/Pembuatan-Biopellet-Ampas-Kelapa-Sebagai-Energi-Alternatif-Bahan-Bakar-Pengganti-Minyak-Tanah-Ramah-Lingkungan.pdf>. [Diakses 10 Mei 2017].
- Inayati, F. 2012. *Perancangan Dan Optimasi Kinerja Kompor Gas-Biomassa Rendah Emisi Karbon Monoksida Berbahan Bakar Biopellet Dari Kayu Karet. Skripsi*. Jakarta : Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2014. *Outlook Energi Indonesia 2014*. Jakarta : Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. <http://prokum.esdm.go.id/Publikasi/Outlook%20Energi%202014.pdf>. [Diakses 9 Mei 2017].
- Kementerian Pertanian. 2015. *Rencana Strategis Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 2015-2019*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. www.litbang.pertanian.go.id/profil/renstra2015-2019.pdf. [Diakses pada 10 April 2017].

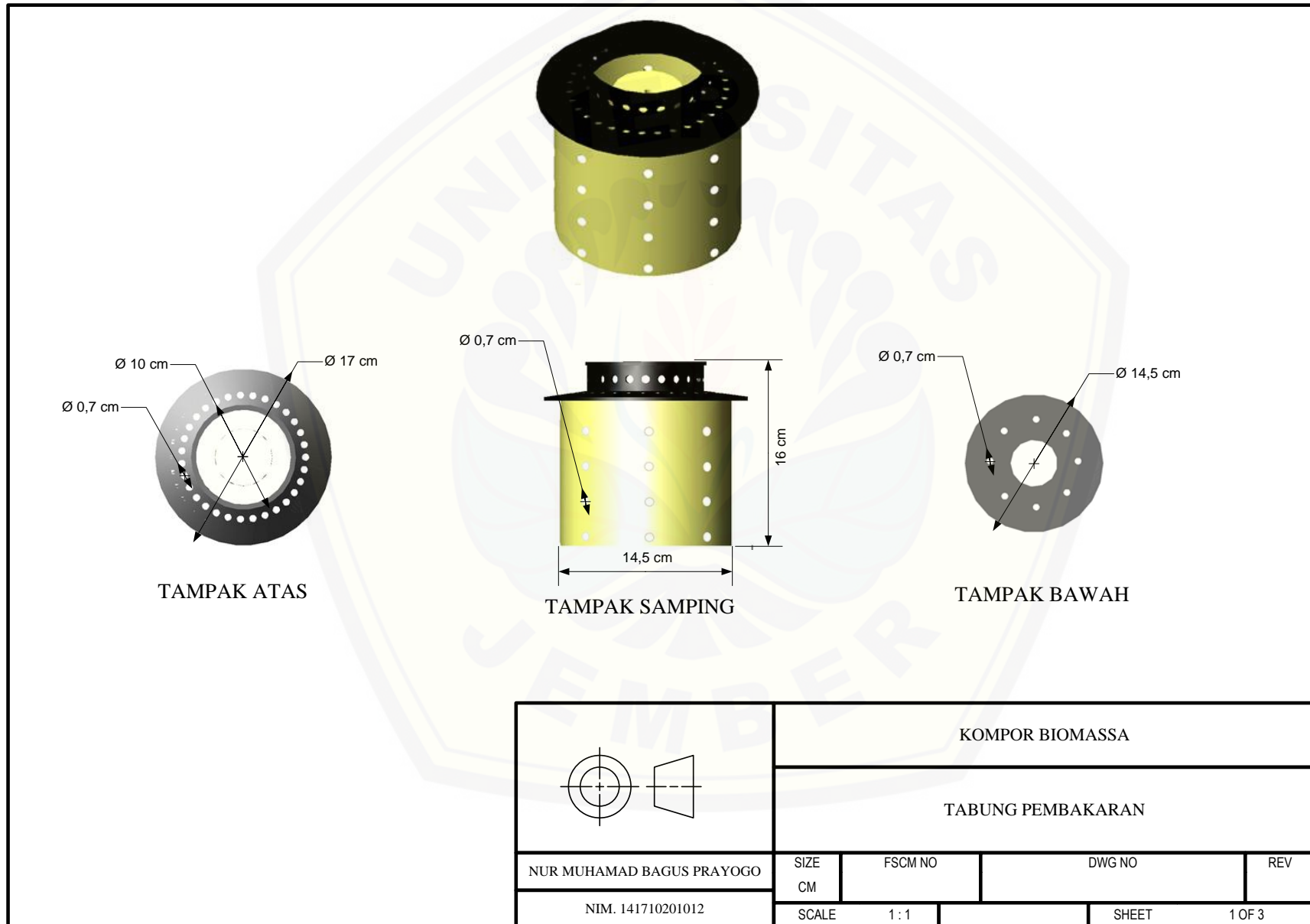
- Mulyanto, A., Mirmanto, Athar, M. 2016. Pengaruh Ketinggian Lubang Udara Pada Tungku Pembakaran Biomassa Terhadap Unjuk Kerjanya. *Jurnal Dinamika Teknik Mesin*. 6(1): 26-29.
- Nurhilal, O., Mulyana, C., Alamsyah, W., Irdianto. 2016. *Pengaruh Suplai Udara Terhadap Efisiensi Kompor Biobriket*. <http://www.hfi-diyjateng.or.id/sites/default/files/1/FULLPengaruh%20Suplai%20Udara%20Terhadap%20Efisiensi%20Kompor%20Biobriket.pdf>. [Diakses pada 25 April 2017].
- Rukmana, H. R. 2014. *Untung Selangit Dari Agribisnis Kopi*. Yogyakarta: Lily Publisher.
- Riadi, Edi. 2016. *Statistika Penelitian (Analisis Manual dan IBM SPSS)*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Saleh, S. 2001. *Statistik Induktif*. Yogyakarta : AMP YKPN.
- Tama, A. S., Sarwono, dan Noriyati, R. D. 2012. Perancangan Kompor Briket Biomass Untuk Limbah Kopi. *Jurnal Teknik Pomits*. 1(1) :1.
- Yanti, R. P., Said, M., dan Ihsan. 2014. Studi Penentuan Nilai Kalori Pada Buah Durian (*Durio Zibethinus*). *Jurnal Teknosains*. 8(2) :164.

LAMPIRAN A. GAMBAR TEKNIK KERANGKA KOMPOR BIOMASSA

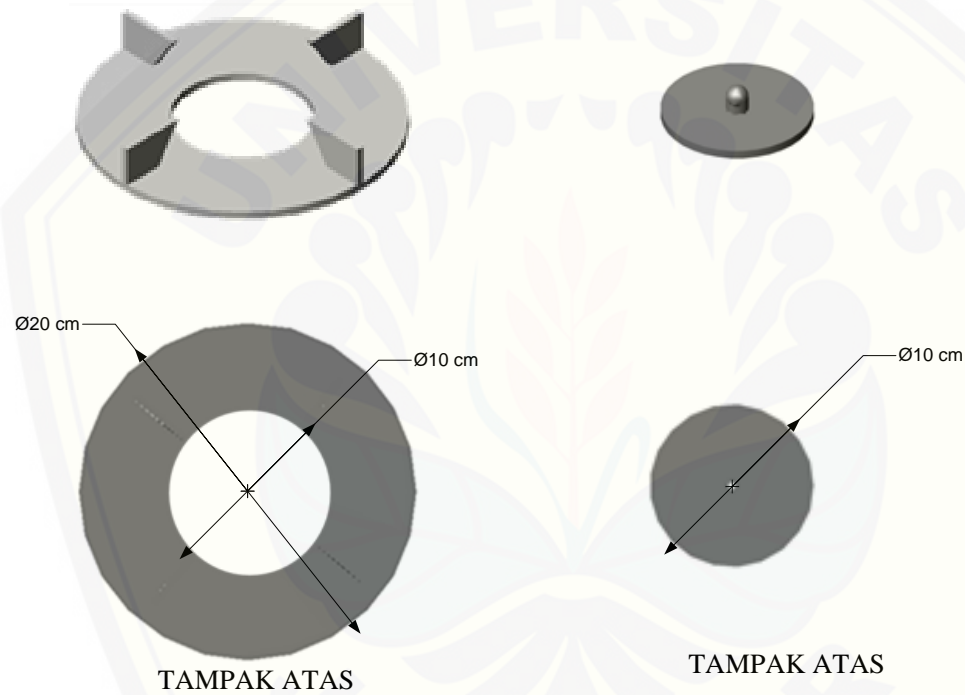


	KOMPOR BIOMASSA			
	KERANGKA			
NUR MUHAMAD BAGUS PRAYOGO	SIZE CM	FSCM NO	DWG NO	REV
NIM. 141710201012	SCALE	1 : 1	SHEET	1 OF 3

LAMPIRAN B. GAMBAR TEKNIK TABUNG PEMBAKARAN



LAMPIRAN C. GAMBAR TEKNIK TEMPAT DUDUKAN DAN TUTUP



	KOMPOR BIOMASSA			
	TEMPAT DUDUKAN DAN TUTUP			
NUR MUHAMAD BAGUS PRAYOGO	SIZE CM	FSCM NO	DWG NO	REV
NIM. 141710201012	SCALE	1 : 1	SHEET	1 OF 3

LAMPIRAN D. PERHITUNGAN KALOR, KALOR LATEN, DAN KALOR BAHAN BAKAR

Kalor

Ulangan 1

Kompor 10 lubang

$$Q = Ma \times Ca \times \Delta T$$

$$= 1 \times 4186 \times 73,7$$

$$= 308508,20 \text{ J}$$

Kompor 20 lubang

$$Q = Ma \times Ca \times \Delta T$$

$$= 1 \times 4186 \times 74,3$$

$$= 311019,80 \text{ J}$$

Kompor 40 lubang

$$Q = Ma \times Ca \times \Delta T$$

$$= 1 \times 4186 \times 75,0$$

$$= 313950,00 \text{ J}$$

Kompor UB-03

$$Q = Ma \times Ca \times \Delta T$$

$$= 1 \times 4186 \times 73,3$$

$$= 306833,80 \text{ J}$$

Ulangan 2

Kompor 10 lubang

$$Q = Ma \times Ca \times \Delta T$$

$$= 1 \times 4186 \times 73,8$$

$$= 308926,80 \text{ J}$$

Kompor 20 lubang

$$Q = Ma \times Ca \times \Delta T$$

$$= 1 \times 4186 \times 74,4$$

$$= 311438,40 \text{ J}$$

Kompor 40 lubang

$$Q = Ma \times Ca \times \Delta T$$

$$= 1 \times 4186 \times 76,2$$

$$= 318973,20 \text{ J}$$

Kompor UB-03

$$Q = Ma \times Ca \times \Delta T$$

$$= 1 \times 4186 \times 73,4$$

$$= 307252,40 \text{ J}$$

Ulangan 3

Kompor 10 lubang

$$Q = Ma \times Ca \times \Delta T$$

$$= 1 \times 4186 \times 73,4$$

$$= 307252,40 \text{ J}$$

Kompor 20 lubang

$$Q = Ma \times Ca \times \Delta T$$

$$= 1 \times 4186 \times 73,9$$

$$= 309345,40 \text{ J}$$

Kompor 40 lubang

$$Q = Ma \times Ca \times \Delta T$$

$$= 1 \times 4186 \times 75,9$$

$$= 317717,40 \text{ J}$$

Kompor UB-03

$$Q = Ma \times Ca \times \Delta T$$

$$= 1 \times 4186 \times 73,2$$

$$= 306415,20 \text{ J}$$

Kalor laten

Ulangan 1

Kompor 10 lubang

$$Q = \Delta Ma \times L$$

$$= 0,049 \times 2268000$$

$$= 111132,00 \text{ J}$$

Kompor 20 lubang

$$Q = \Delta Ma \times L$$

$$= 0,059 \times 2268000$$

$$= 133812,00 \text{ J}$$

Kompor 40 lubang

$$Q = \Delta Ma \times L$$

$$= 0,066 \times 2268000$$

$$= 149688,00 \text{ J}$$

Kompor UB-03

$$Q = \Delta Ma \times L$$

$$= 0,050 \times 2268000$$

$$= 113400,00 \text{ J}$$

Ulangan 2

Kompor 10 lubang

$$Q = \Delta Ma \times L$$

$$= 0,048 \times 2268000$$

$$= 108864,00 \text{ J}$$

Kompor 20 lubang

$$Q = \Delta Ma \times L$$

$$= 0,052 \times 2268000$$

$$= 117936,00 \text{ J}$$

Kompor 40 lubang

$$Q = \Delta Ma \times L$$

$$= 0,061 \times 2268000$$

$$= 138348,00 \text{ J}$$

Kompor UB-03

$$Q = \Delta Ma \times L$$

$$= 0,043 \times 2268000$$

$$= 97524,00 \text{ J}$$

Ulangan 3

Kompor 10 lubang

$$Q = \Delta Ma \times L$$

$$= 0,050 \times 2268000$$

$$= 113400,00 \text{ J}$$

Kompor 20 lubang

$$Q = \Delta Ma \times L$$

$$= 0,051 \times 2268000$$

$$= 115668,00 \text{ J}$$

Kompor 40 lubang

$$Q = \Delta Ma \times L$$

$$= 0,059 \times 2268000$$

$$= 133812,00 \text{ J}$$

Kompor UB-03

$$Q = \Delta Ma \times L$$

$$= 0,045 \times 2268000$$

$$= 102060,00 \text{ J}$$

Kalor bahan bakar

Ulangan 1

Kompor 10 lubang

$$Q = \Delta Mb \times LHV$$

$$= 0,134 \times 18593400$$

$$= 2491515,60 \text{ J}$$

Kompor 20 lubang

$$Q = \Delta Mb \times LHV$$

$$= 0,145 \times 18593400$$

$$= 2696043,00 \text{ J}$$

Kompor 40 lubang

$$Q = \Delta Mb \times LHV$$

$$= 0,158 \times 18593400$$

$$= 2937757,20 \text{ J}$$

Kompor UB-03

$$Q = \Delta Mb \times LHV$$

$$= 0,131 \times 18593400$$

$$= 2435735,40 \text{ J}$$

Ulangan 2

Kompor 10 lubang

$$Q = \Delta Mb \times LHV$$

$$= 0,141 \times 18593400$$

$$= 2621669,40 \text{ J}$$

Kompor 20 lubang

$$Q = \Delta Mb \times LHV$$

$$= 0,147 \times 18593400$$

$$= 2733229,80 \text{ J}$$

Kompor 40 lubang

$$Q = \Delta Mb \times LHV$$

$$= 0,163 \times 18593400$$

$$= 3030724,20 \text{ J}$$

Kompor UB-03

$$Q = \Delta Mb \times LHV$$

$$= 0,135 \times 18593400$$

$$= 2510109,00 \text{ J}$$

Ulangan 3

Kompor 10 lubang

$$Q = \Delta Mb \times LHV$$

$$= 0,138 \times 18593400$$

$$= 2565889,20 \text{ J}$$

Kompor 20 lubang

$$Q = \Delta Mb \times LHV$$

$$= 0,146 \times 18593400$$

$$= 2714636,40 \text{ J}$$

Kompor 40 lubang

$$Q = \Delta Mb \times LHV$$

$$= 0,159 \times 18593400$$

$$= 2956350,60 \text{ J}$$

Kompor UB-03

$$Q = \Delta Mb \times LHV$$

$$= 0,137 \times 18593400$$

$$= 2547295,80 \text{ J}$$



LAMPIRAN E. PERHITUNGAN EFISIENSI TERMAL

Ulangan 1

Kompur 10 lubang

$$\eta_T = \frac{(m_a c_a \Delta T) + \Delta m_a x L \times 100\%}{\Delta m k \times LHV}$$

$$= \frac{308508,20 + 111132,00 \times 100\%}{2491515,60}$$

$$= 16,84 \%$$

Ulangan 2

Kompur 10 lubang

$$\eta_T = \frac{(m_a c_a \Delta T) + \Delta m_a x L \times 100\%}{\Delta m k \times LHV}$$

$$= \frac{308926,80 + 108864,00 \times 100\%}{2621669,40}$$

$$= 15,94 \%$$

Kompur 20 lubang

$$\eta_T = \frac{(m_a c_a \Delta T) + \Delta m_a x L \times 100\%}{\Delta m k \times LHV}$$

$$= \frac{311019,80 + 133812,00 \times 100\%}{2696043,00}$$

$$= 16,50 \%$$

Kompur 20 lubang

$$\eta_T = \frac{(m_a c_a \Delta T) + \Delta m_a x L \times 100\%}{\Delta m k \times LHV}$$

$$= \frac{311438,40 + 117936,00 \times 100\%}{2733229,80}$$

$$= 15,71 \%$$

Kompur 40 lubang

$$\eta_T = \frac{(m_a c_a \Delta T) + \Delta m_a x L \times 100\%}{\Delta m k \times LHV}$$

$$= \frac{313950,00 + 149688,00 \times 100\%}{2937757,20}$$

$$= 15,78 \%$$

Kompur 40 lubang

$$\eta_T = \frac{(m_a c_a \Delta T) + \Delta m_a x L \times 100\%}{\Delta m k \times LHV}$$

$$= \frac{318973,20 + 138348,00 \times 100\%}{3030724,20}$$

$$= 15,09 \%$$

Kompur UB-03

$$\eta_T = \frac{(m_a c_a \Delta T) + \Delta m_a x L \times 100\%}{\Delta m k \times LHV}$$

$$= \frac{306833,80 + 113400,00 \times 100\%}{2435735,40}$$

$$= 17,25 \%$$

Kompur UB-03

$$\eta_T = \frac{(m_a c_a \Delta T) + \Delta m_a x L \times 100\%}{\Delta m k \times LHV}$$

$$= \frac{307252,40 + 97524,00 \times 100\%}{2510109,00}$$

$$= 16,13 \%$$

Ulangan 3

Kompor 10 lubang

$$\eta_T = \frac{(m_a c_a \Delta T) + \Delta m_a x L \times 100\%}{\Delta m k \times LHV}$$

$$= \frac{307252,40 + 113400,00 \times 100\%}{2565889,20}$$

$$= 16,39 \%$$

Kompor 20 lubang

$$\eta_T = \frac{(m_a c_a \Delta T) + \Delta m_a x L \times 100\%}{\Delta m k \times LHV}$$

$$= \frac{309345,40 + 115668,00 \times 100\%}{2714636,40}$$

$$= 15,66 \%$$

Kompor 40 lubang

$$\eta_T = \frac{(m_a c_a \Delta T) + \Delta m_a x L \times 100\%}{\Delta m k \times LHV}$$

$$= \frac{317717,40 + 133812,00 \times 100\%}{2956350,60}$$

$$= 15,27 \%$$

Kompor UB-03

$$\eta_T = \frac{(m_a c_a \Delta T) + \Delta m_a x L \times 100\%}{\Delta m k \times LHV}$$

$$= \frac{306415,20 + 102060,00 \times 100\%}{2547295,80}$$

$$= 16,04 \%$$

LAMPIRAN F. DOKUMENTASI PENELITIAN

F1. PENGUJIAN KOMPOR BIOMASSA



F2. API YANG DIHASILKAN PADA MASING-MASING KOMPOR



10 Lubang



20 Lubang



40 Lubang



UB-03