



**RANCANG BANGUN DAN UJI KINERJA MESIN  
PENGERING DALAM PROSES PRODUKSI  
BIOPELET LIMBAH KULIT KOPI**

**SKRIPSI**

Oleh

**Razhika Faradila  
131710201084**

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



**RANCANG BANGUN DAN UJI KINERJA MESIN  
PENGERING DALAM PROSES PRODUKSI  
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

**Razhika Faradila  
131710201084**

Pembimbing:

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

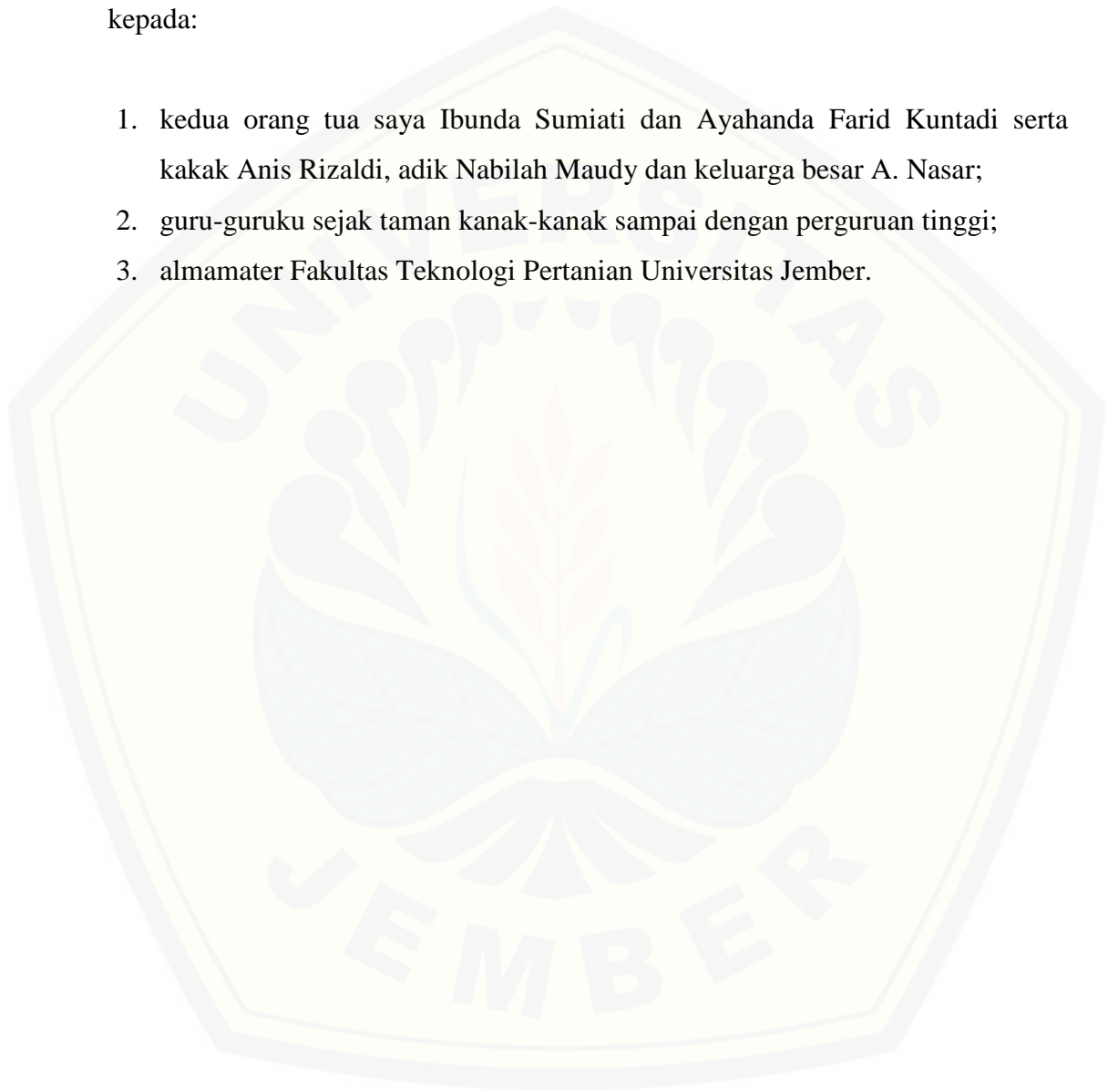
Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Hamid Ahmad

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

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terimakasih saya yang tidak terkira kepada:

1. kedua orang tua saya Ibunda Sumiati dan Ayahanda Farid Kuntadi serta kakak Anis Rizaldi, adik Nabilah Maudy dan keluarga besar A. Nasar;
2. guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.



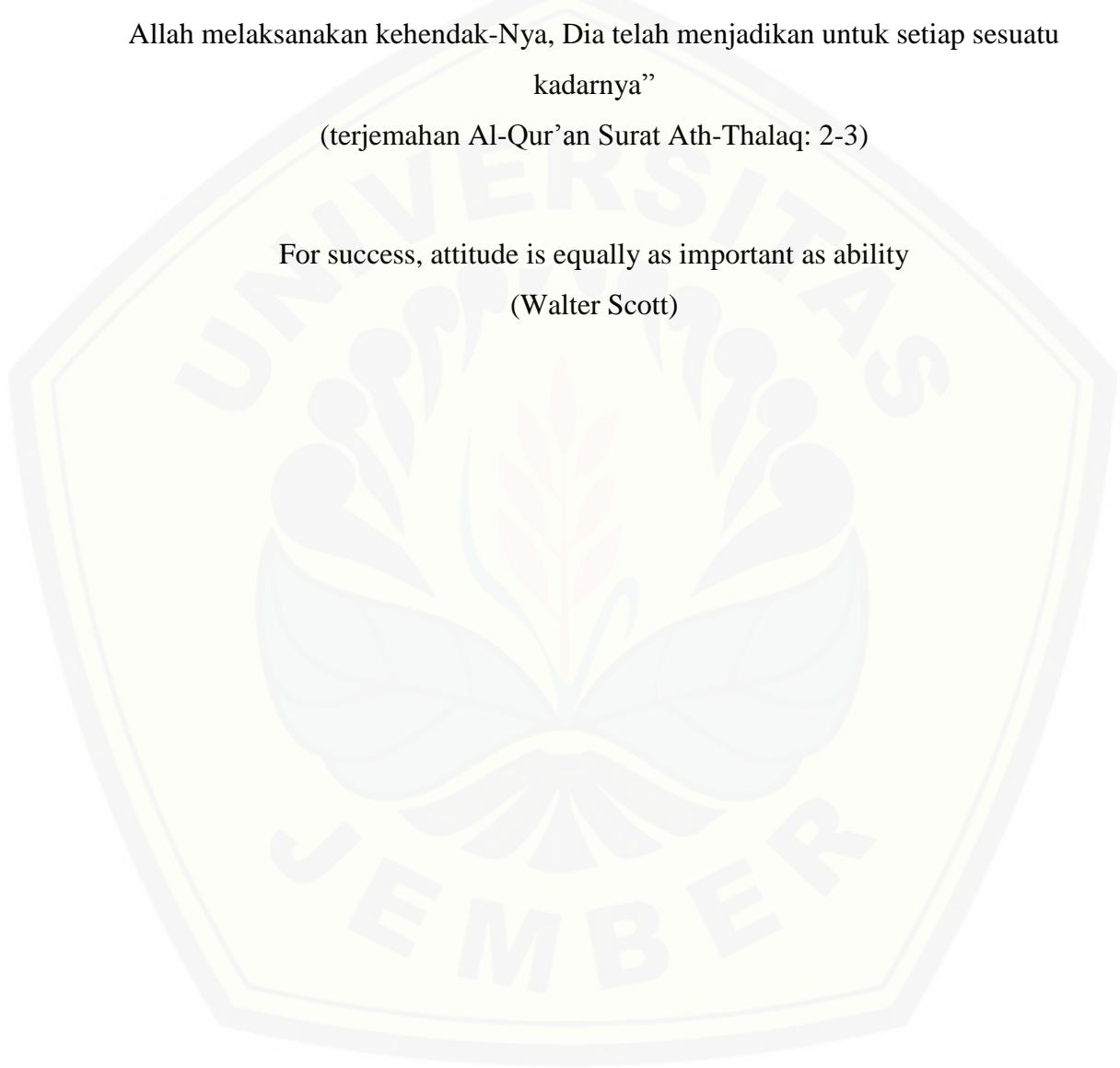
**MOTTO**

“Barang siapa bertakwa kepada Allah maka Dia akan menjadikan jalan keluar baginya, dan memberinya rizki dari jalan yang tidak ia sangka, dan barang siapa yang bertawakkal kepada Allah maka cukuplah Allah baginya, Sesungguhnya Allah melaksanakan kehendak-Nya, Dia telah menjadikan untuk setiap sesuatu kadarnya”

(terjemahan Al-Qur'an Surat Ath-Thalaq: 2-3)

For success, attitude is equally as important as ability

(Walter Scott)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Razhika Faradila

NIM : 131710201084

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Rancang Bangun dan Uji Kinerja Mesin Pengering dalam Proses Produksi 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 kebenarannya 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, 5 Oktober 2017

Yang menyatakan,

Razhika Faradila  
NIM 131710201084

**SKRIPSI**

**RANCANG BANGUN DAN UJI KINERJA MESIN  
PENGERING DALAM PROSES PRODUKSI  
BIOPELET LIMBAH KULIT KOPI**

Oleh

Razhika Faradila  
NIM 131710201084

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Hamid Ahmad

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Rancang Bangun dan Uji Kinerja Mesin Pengering dalam Proses Produksi Biopellet Limbah Kulit Kopi” karya Razhika Faradila telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Kamis, 5 Oktober 2017

Tempat : Ruang Sidang II, Fakultas Teknologi Pertanian

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Soni Sisbudi Harsono, M.Eng., M.Phil.  
NIP. 196412311989021040

Ir. Hamid Ahmad  
NIP. 195502271984031002

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota

Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng.  
NIP. 196910051994021001

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.  
NIP. 196812051997021002

Mengesahkan  
Dekan,

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

## RINGKASAN

**Rancang Bangun dan Uji Kinerja Mesin Pengering dalam Proses Produksi Biopelet Limbah Kulit Kopi;** Razhika Faradila, 131710201084; 54 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Tingkat pemakaian bahan bakar khususnya bahan bakar fosil akan meningkat seiring dengan bertambahnya populasi manusia dengan meningkatnya konsumsi bahan bakar. Produksi gas dan minyak yang terus menurun menyebabkan adanya krisis energi. Upaya yang dilakukan dalam mengantisipasi krisis energi yaitu dengan adanya energi alternatif. Biopelet merupakan konversi fisis energi alternatif yang berasal dari biomassa. Biopelet memiliki ukuran lebih kecil dibandingkan dengan briket. Indonesia memiliki lahan perkebunan kopi yang luas dan masih belum dapat memanfaatkan limbah hasil pengolahan kopi secara optimal. Salah satu pemanfaatan limbah kulit kopi dengan menjadikan kulit kopi sebagai bahan baku biopelet. Produksi biopelet limbah kulit kopi jarang ditemukan dikarenakan adanya kesulitan dalam menentukan hasil terbaik biopelet menggunakan bahan pencampur yang berbeda berdasarkan nilai kadar airnya. Mesin pengering biopelet limbah kulit kopi diharapkan mampu bekerja secara baik dengan meminimalisir kadar air yang sesuai dengan standar produksi biopelet. Hasil penelitian ini diharapkan dapat merancang bangun mesin pengering yang dapat menurunkan kadar air biopelet hingga 15% – 20% dan menentukan komposisi terbaik dengan bahan pencampur. Rancang bangun mesin pengering dengan menggunakan *software autocad* disajikan dengan gambar teknik. Terdapat 3 perlakuan pada pengeringan yaitu suhu masuk pengering dan lamanya proses pengeringan. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah biopelet campuran limbah kulit kopi dengan serbuk gergaji kayu, biopelet limbah kulit kopi dengan kulit ari kedelai dan biopelet limbah kulit kopi dengan sekam padi. Hasil uji kinerja mesin kemudian dianalisis menggunakan analisis deskriptif untuk mengetahui kelayakan teknik tiap komponen dan kemampuan kerja mesin. Analisis statistik yang dilakukan adalah korelasi suhu pengering dengan waktu pengeringan dan korelasi suhu pengering dengan kadar air setelah pengeringan. Uji analisis proksimat pada sampel juga dilakukan untuk mengetahui kadar air, kadar abu dan nilai kalor biopelet limbah kulit kopi. Kapasitas mesin pengering biopelet sebesar 7,5 kg/jam. Suhu udara masuk optimal pengering adalah 64,12°C dengan kelembaban relatif sebesar 66,5% dan lama pengeringan 4 jam dengan efisiensi rata-rata mesin pengering sebesar 25,1%. Komposisi biopelet limbah kulit kopi terbaik dengan menggunakan bahan pencampur sekam padi berdasarkan laju pengeringan 4,46% dan kadar air akhir setelah proses pengeringan yaitu sebesar 14,96%, kadar abu 4,9%, nilai kalor sebesar 4178 kal/g dan kerapatan massa 0,428 gr/cm<sup>3</sup>.

**Kata Kunci:** Biomassa, Biopelet, Limbah Kulit Kopi, Pengeringan, Kadar Air



## SUMMARY

**Design and Performance Test of Dryer Machine in Production of Coffee Pulp Waste Biopellet;** Razhika Faradila, 131710201084; 54 pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

The level of fuel consumption, especially fossil fuels, will increase as the human population and the industrial rate in various countries. Gas and oil production which are continue to decrease will cause the energy crisis. The effort which is conducted to anticipate the energy crisis is the production of renewable natural resources (biomass) into an alternative energy. Biopellet is a physical conversion of alternative energy from biomass. Biopellet have a smaller size compare to briquet. Indonesia has a large coffee plantation area but most of coffee farmer still can not utilize the coffee waste especially the pulp waste optimally. One of the coffee pulp waste utilization is by producing solid biofuels such as biopellet. The production of coffee pulp waste biopellet is rarely to find due to the difficulty in determining the best results of biopellets using different mixing materials based on the moisture values. The dryer machine of coffee pulp waste biopellet is expect to work properly by minimizing the water content refer to biopellet production standards. The results of this research are expected to design a dryer machine which can reduce the moisture content of biopellet to 15% – 20% and determine the coffe pulp waste biopellet with the best mixed materials composition. The design of the dryer used autocad software and presented with engineering drawings. There were 3 treatments on the drying process with the inlet temperature of the dryer machine and the duration of the drying process. The samples of biopellet which used in this research were the mixture of coffee pulp waste and sawdust, coffee pulp waste and soybean peel, coffee pulp waste and rice husk. The results of the machine performance test were using descriptive analysis to determine the feasibility of each technique components and the machine's performance. Statistical analysis was done by correlation of dryer temperature with drying time and correlation of drying temperature with water content after drying process. Proximate test on the samples was also conducted to determine the water content, ash content and calorific value also the bulk density of coffee pulp waste biopellet. The capacity of biopellet dryer machine is 7.5 kg/hour with the optimal inlet temperature of dryer machine 64.12 °C with the relative humidity 66.5% in 4 hours drainage and the efficiency is 25.1%. The best composition of coffee pulp waste biopellet is the mixture between coffe pulp waste and rice husk according to the drainage ratio 4.46, water content after the drainage process is equal to 14.96%, ash content 4.9%, heat value 4178 cal/g and bulk density equal to 0.428 gr/cm<sup>3</sup>.

**Key words:** Biomass, Biopellet, Coffee Pulp Waste, Drainage, Water Content

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun dan Uji Kinerja Mesin Pengering dalam Proses Produksi Biopellet Limbah Kulit Kopi”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi 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 komisi bimbingan Jurusan Teknik Pertanian FTP UNEJ yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini;
2. Ir. Hamid Ahmad selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan tenaga, waktu, dan perhatian dalam penyelesaian skripsi ini;
3. Ir. Tasliman, M.Eng. sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian, terimakasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan yang lainnya;
5. Teman-teman seperjuangan skripsi (TEP B dan TEP 2013) dan Pink Scar (Ming, Emil dan Mey) yang selalu memberikan saya motivasi;
6. Semua pihak yang tidak disebut satu persatu.

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

Jember, Oktober 2017

Penulis

**DAFTAR ISI**

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>HALAMAN SAMPUL</b> .....                              | i       |
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                               | ii      |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....                         | iii     |
| <b>HALAMAN MOTTO</b> .....                               | iv      |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....                          | v       |
| <b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....                          | vi      |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....                          | vii     |
| <b>RINGKASAN</b> .....                                   | viii    |
| <b>SUMMARY</b> .....                                     | ix      |
| <b>PRAKATA</b> .....                                     | x       |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                  | xi      |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                | xvi     |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                               | xvii    |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                             | xix     |
| <b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....                          | 1       |
| <b>1.1 Latar Belakang</b> .....                          | 1       |
| <b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....                         | 3       |
| <b>1.3 Batasan Masalah</b> .....                         | 3       |
| <b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....                       | 3       |
| <b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....                      | 4       |
| <b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                     | 5       |
| <b>2.1 Pengeringan</b> .....                             | 5       |
| 2.1.1 Faktor yang Mempengaruhi Pengeringan .....         | 5       |
| 2.2.1 Tujuan Pengeringan .....                           | 5       |
| <b>2.2 Mesin Pengering</b> .....                         | 6       |
| 2.2.1 Mesin Pengering <i>Tray (Tray Dryer)</i> .....     | 6       |
| 2.2.2 Mesin Pengering <i>Batch</i> .....                 | 6       |
| 2.2.3 Mesin Pengering Putar ( <i>Rotary Dryer</i> )..... | 7       |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.3 Perpindahan Panas .....                       | 7         |
| 2.4 Perancangan Mekanis.....                      | 8         |
| 2.5 Biopelet.....                                 | 8         |
| 2.5.1 Bahan Baku Pembuatan Biopelet.....          | 9         |
| 2.5.2 Pembuatan Biopelet .....                    | 9         |
| <b>BAB 3.METODOLOGI PENELITIAN.....</b>           | <b>11</b> |
| 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....             | 11        |
| 3.2 Alat dan Bahan.....                           | 11        |
| 3.2.1 Alat Penelitian .....                       | 11        |
| 3.2.2 Bahan Penelitian .....                      | 11        |
| 3.3 Tahapan Penelitian .....                      | 11        |
| 3.3.1 Studi Literatur .....                       | 12        |
| 3.3.2 Pembuatan Model Mesin.....                  | 12        |
| 3.3.3 Pemilihan Komponen Mesin.....               | 17        |
| 3.3.4 Perakitan Mesin.....                        | 17        |
| 3.3.5 Pengujian Mesin.....                        | 18        |
| 3.3.6 Pengujian Biopelet .....                    | 18        |
| 3.3.7 Analisis Data .....                         | 20        |
| <b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>           | <b>22</b> |
| 4.1 Rancangan Struktural .....                    | 22        |
| 4.1.1 Kerangka Mesin Peralatan .....              | 23        |
| 4.1.2 Bak Pengering dan Ruang Plenum.....         | 23        |
| 4.1.3 Tungku Pembakaran.....                      | 24        |
| 4.1.4 Blower Listrik .....                        | 24        |
| 4.2 Rancangan Fungsional .....                    | 25        |
| 4.3 Uji Fungsional .....                          | 25        |
| 4.4 Uji Elementer.....                            | 25        |
| 4.4.1 Kapasitas dan Dimensi Mesin Pengering ..... | 25        |
| 4.4.2 Suhu Pengeringan .....                      | 26        |
| 4.4.3 Kadar Air Biopelet Setelah Pengeringan..... | 28        |
| 4.4.4 Laju Pengeringan.....                       | 29        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.4.5 Hubungan Kadar Air terhadap Waktu Pengeringan ....          | 30        |
| 4.4.6 Efisiensi Pengeringan .....                                 | 31        |
| <b>4.6 Uji Biopelet Hasil Dari Mesin Pengering Biopelet .....</b> | <b>31</b> |
| 4.6.1 Kadar Air Biopelet Limbah Kulit Kopi.....                   | 33        |
| 4.6.2 Kadar Abu Biopelet Limbah Kulit Kopi .....                  | 34        |
| 4.6.3 Kerapatan Massa Biopelet Limbah Kulit Kopi .....            | 35        |
| 4.6.4 Nilai Kalor Biopelet Limbah Kulit Kopi.....                 | 35        |
| <b>BAB 5.PENUTUP.....</b>   | <b>37</b> |
| <b>5.1 Kesimpulan .....</b>                                       | <b>37</b> |
| <b>5.2 Saran .....</b>  | <b>37</b> |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                       | <b>38</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>  | <b>40</b> |

**DAFTAR TABEL**

|   | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Standar mutu biopelet pada beberapa negara.....                     | 10      |
| 2.2 Tingkat korelasi dan kekuatan hubungan.....                         | 21      |
| 4.1 Fungsi komponen mesin pengering biopelet limbah kulit kopi.....     | 26      |
| 6.1 Hasil pengukuran kadar air dan laju pengeringan.....                | 42      |
| 6.2 Perhitungan kadar air biopelet sebelum dan setelah pengeringan..... | 43      |
| 6.3 Perhitungan kadar abu biopelet.....                                 | 45      |
| 6.4 Perhitungan nilai kalor biopelet.....                               | 46      |
| 6.5 Perhitungan kerapatan massa biopelet.....                           | 46      |

**DAFTAR GAMBAR**

|   | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 <i>Tray dryer</i> .....   | 6       |
| 2.2 <i>Batch dryer</i> .....  | 7       |
| 2.3 <i>Rotary dryer</i> .....   | 7       |
| 3.1 Diagram alir tahapan penelitian.....                                  | 12      |
| 3.2 Dimensi mesin pengering.....  | 13      |
| 3.3 Rancang bangun kerangka mesin pengering biopelet.....                 | 14      |
| 3.4 Komponen mesin pengering biopelet.....                                | 15      |
| 3.5 Bagian-bagian mesin pengering biopelet.....                           | 16      |
| 3.6 Kerangka dan skema mesin pengering biopelet.....                      | 17      |
| 4.1 Mesin pengering biopelet.....   | 22      |
| 4.2 Bak pengering dan ruang plenum.....                                   | 23      |
| 4.3 Tungku Pembakaran.....  | 24      |
| 4.4 <i>Blower</i> listrik.....  | 24      |
| 4.5 Suhu pengeringan percobaan I .....                                    | 26      |
| 4.6 Suhu pengeringan percobaan II .....                                   | 27      |
| 4.7 Laju pengeringan tiap komposisi selama 2 jam .....                    | 29      |
| 4.8 Laju pengeringan tiap komposisi selama 4 jam .....                    | 29      |
| 4.9 Hubungan kadar air dengan waktu pengeringan biopelet tiap campuran... | 30      |
| 4.10 Biopelet hasil dari mesing pengering biopelet.....                   | 32      |
| 4.11 Grafik kadar air akhir biopelet tiap komposisi campuran.....         | 33      |
| 4.12 Grafik kadar abu biopelet tiap komposisi campuran.....               | 34      |
| 4.13 Grafik kerapatan massa biopelet tiap komposisi campuran.....         | 35      |
| 4.14 Grafik nilai kalor biopelet tiap komposisi campuran.....             | 36      |

**DAFTAR LAMPIRAN**

|  | Halaman |
|--|---------|
| 6.1 Matriks Kegiatan Penelitian.....                               | 40      |
| 6.2 Ukuran Dimensi Mesin Pengering.....                            | 40      |
| 6.3 Suhu Pengeringan.....  | 41      |
| 6.4 Komposisi Biopelet.....  | 42      |
| 6.5 Perhitungan Kadar Air.....                                     | 42      |
| 6.6 Perhitungan Kadar Abu Biopelet.....                            | 45      |
| 6.7 Perhitungan Nilai Kalor Biopelet.....                          | 45      |
| 6.8 Perhitungan Kerapatan Massa Biopelet.....                      | 46      |
| 6.9 Perhitungan Efisiensi Pengeringan.....                         | 47      |
| 6.10 Tabel Kinerja Mesin Pengering Biopelet Limbah Kulit Kopi..... | 49      |
| 6.11 Grafik Psikometrik.....                                       | 51      |
| 6.12 Dokumentasi Penelitian.....                                   | 52      |



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tingkat pemakaian bahan bakar khususnya bahan bakar fosil semakin meningkat seiring dengan bertambahnya populasi manusia dan laju industri di berbagai negara khususnya di Indonesia. Tingkat konsumsi minyak dan gas terus meningkat namun tidak diimbangi dengan ketersediaan bahan baku energi fosil yang terbatas. Jika kondisi ini terjadi terus menerus maka dapat terjadi adanya ancaman krisis energi. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengantisipasi krisis energi yaitu dengan mengolah sumber daya alam yang dapat diperbaharui sebagai sumber energi alternatif seperti biomassa. Biomassa berasal dari limbah pertanian. Salah satu pemanfaatan limbah pertanian yaitu pembuatan biopelet. Biopelet adalah jenis bahan bakar padat berbasis limbah biomassa yang memiliki ukuran lebih kecil dibandingkan briket (Dewan Energi Nasional, 2014). Indonesia yang memiliki banyak lahan pertanian dan perkebunan tentunya tidak akan sulit dalam mendapatkan sumber bahan biomassa khususnya limbah pertanian. Perkebunan dan pertanian merupakan sektor bisnis yang sangat berkembang di Indonesia, hal tersebut menunjukkan potensi yang cukup tinggi untuk memenuhi sumber bahan baku pembuat biomassa (Tajalli, 2015:6).

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan biopelet yaitu limbah pertanian berupa kulit kopi. Potensi luas lahan perkebunan kopi Indonesia seluas 1,3 juta ha, dari luas tersebut baru 950.000 ha yang merupakan areal produktif perkebunan kopi dan menghasilkan kopi rata-rata 750.000 ton per tahun (Rukmana, 2014). Limbah kulit kopi yang diolah menjadi bahan baku biopelet berasal dari Kecamatan Sumberwringin Kabupaten Bondowoso. Kecamatan Sumberwringin memiliki luas wilayah 13.860,7 ha terdiri dari tanah sawah 1.685,0 ha, tanah tegalan seluas 1.707,6 ha, tanah Perkebunan seluas 1.265,9 ha, tanah pekarangan untuk bangunan dan halaman sekitar 545,4 ha; dan tanah kering lainnya seluas 8.656,8 ha. Produk utama dari perkebunan di Kecamatan Sumberwringin yaitu kopi robusta perhutani dengan luas lahan panen 1.507,40 ha dan produksi 585,74 ton, kopi arabika perhutani dengan luas lahan panen 614,03 ha dan produksi 488,36 ton, kopi

robusta rakyat dengan luas lahan 633,5 ha dan produksi 198,22 ton serta kopi arabika rakyat dengan luas panen 54,29 ha dan produksi 4,00 ton (Badan Pusat Statistik, 2016). Kecamatan Sumberwringin merupakan pemasok utama produksi kopi di Kabupaten Bondowoso. Namun pengolahan limbah kopi khususnya kulit kopi kering di Kecamatan Sumberwringin masih belum optimal. Setelah musim panen, limbah kulit kopi hanya dibiarkan di pekarangan atau disimpan di gudang tanpa adanya pengolahan lebih lanjut.

Masih banyak limbah pertanian yang belum dimanfaatkan secara optimal selain dari limbah kulit kopi kering yaitu serbuk gergaji kayu, kulit ari kedelai dan sekam padi. Produksi padi khususnya di kecamatan Sumberwringin mencapai 20,436 ribu ton dengan luas panen 3.263 ha. Pada tahun 2015, produksi total kayu Indonesia khususnya di Kabupaten Bondowoso mencapai 81 ton m<sup>3</sup>. Jumlah limbah penggergajian kayu yang terbentuk 54,24%. Maka dihasilkan limbah penggergajian kayu berupa serbuk gergaji kayu sebanyak 37,1 ton m<sup>3</sup>. Produksi kedelai sebanyak 84 ton dengan luas panen 58 ha. Biji kedelai terdiri dari 7,3% kulit ari. Maka dihasilkan limbah kulit ari kedelai sebanyak 77 ton. (Badan Pusat Statistik, 2016). Berdasarkan data jumlah limbah yang melimpah dan pemanfaatan limbah yang belum optimal maka limbah tersebut akan diolah sebagai bahan pencampur dalam pembuatan biopelet. Pemanfaatan limbah kulit kopi menjadi bahan baku dalam pembuatan biopelet dapat meningkatkan nilai ekonomis dari limbah kulit kopi dan untuk mengurangi penggunaan kayu sebagai bahan bakar penduduk sekitar.

Produksi biopelet dimulai dari pengeringan bahan baku dan pengurangan, pengecilan ukuran, pencetakan/pemeletan dan pengeringan akhir biopelet. Kecamatan Sumberwringin secara geografis memiliki ketinggian sebesar 13.794,73 m dari permukaan laut. Hal ini menyebabkan kurangnya intensitas cahaya matahari dan kondisi cuaca yang rawan hujan sehingga membuat penduduk khususnya petani kesulitan dalam melakukan pengeringan dengan menggunakan energi surya. Untuk mempermudah proses pengeringan akhir maka diperlukan mesin pengering dalam produksi biopelet. Ada beberapa macam mesin pengering yang sudah ada seperti mesin pengering tipe tray dan mesin pengering putar. Mesin pengering tersebut

hanya digunakan untuk bahan pangan yang berbentuk padatan (tidak berongga). Untuk mesin pengering biopelet dibutuhkan pengering yang biaya operasionalnya masih terjangkau dan tidak merusak bentuk akhir biopelet setelah proses pengeringan. Maka dilakukan rancang bangun mesin pengering biopelet. Setelah mesin pengering selesai dibuat maka dilakukan uji kinerja dan menentukan hasil terbaik biopelet menggunakan bahan pencampur yang berbeda berdasarkan kadar air biopelet.

### **1.2 Rumusan Masalah**

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

1. Bagaimana rancang bangun mesin pengering biopelet?
2. Bagaimana pengaruh bahan pencampur biopelet berupa serbuk gergaji kayu, kulit ari kedelai dan arang sekam padi terhadap penurunan kadar air?

### **1.3 Batasan Masalah**

Penelitian ini dibatasi pada rancang bangun dan uji kinerja mesin pengering. Untuk uji kinerja mesin pengering hanya menggunakan biopelet limbah kulit kopi dengan bahan pencampur berupa serbuk gergaji kayu, kulit ari kedelai dan arang sekam padi.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Merancang bangun mesin pengering biopelet.
2. Menguji kinerja mesin pengering biopelet.
3. Menghitung kadar air dari ketiga campuran biopelet pada proses pengeringan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengembangkan pengetahuan di bidang keteknikan pertanian.
2. Memberikan alternatif kepada petani kopi dalam pemanfaatan limbah kulit kopi yang berpotensi untuk menjadi sesuatu yang lebih berguna.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengerinan

Pengerinan adalah proses pengeluaran air atau pemisahan air dalam jumlah yang relatif kecil dari bahan dengan menggunakan energi panas. Hasil dari proses pengerinan adalah bahan kering yang mempunyai kadar air setara dengan kadar air keseimbangan udara (atmosfir) normal atau setara dengan nilai aktivitas air (aw). Proses pengerinan juga merupakan proses perpindahan panas dari sebuah permukaan benda sehingga kandungan air pada permukaan benda berkurang. Perpindahan panas dapat terjadi karena adanya perbedaan temperatur yang signifikan antara dua permukaan. Perbedaan temperatur ini ditimbulkan oleh adanya aliran udara panas diatas permukaan benda yang akan dikeringkan yang mempunyai temperatur lebih dingin (Mc Cabe *et al.*, 2002:175-178).

#### 2.1.1 Faktor yang Mempengaruhi Pengerinan

Pada pengerinan selalu diinginkan kecepatan pengerinan yang maksimal. Oleh karena itu perlu dilakukan usaha - usaha untuk mempercepat pindah panas dan pindah massa (pindah massa dalam hal ini adalah perpindahan air keluar dari bahan yang dikeringkan dalam proses pengerinan tersebut). Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan untuk memperoleh kecepatan pengerinan maksimum yaitu luas permukaan bahan yang akan dikeringkan, suhu pengerin, kecepatan udara, kelembaban udara tekanan atm dan vakum dan waktu pengerinan (Mc Cabe *et al.*, 2002:178-179).

#### 2.2.2 Tujuan Pengerinan

Tujuan utama dari pengerinan adalah untuk menurunkan kadar air suatu bahan. Semakin rendah kadar air suatu *biofuels* padat dapat meningkatkan kualitas dari bahan bakar tersebut (Maryono *et al.*, 2013:80-81). Manfaat dari penurunan kadar air pada bahan bakar biomassa padat yaitu:

1. Memperkuat komponen pembentuk bahan bakar biomassa padat sehingga tidak mudah hancur dan tidak mudah ditumbuhi jamur;
2. Mempercepat proses penyalaan api dan memperpanjang waktu nyala api;

3. Tidak menimbulkan emisi CO<sub>2</sub> yang berlebih (asap) ketika bahan bakar dinyalakan.

## 2.2 Mesin Pengering

### 2.2.1 Mesin Pengering *Tray* (*Tray Dryer*)

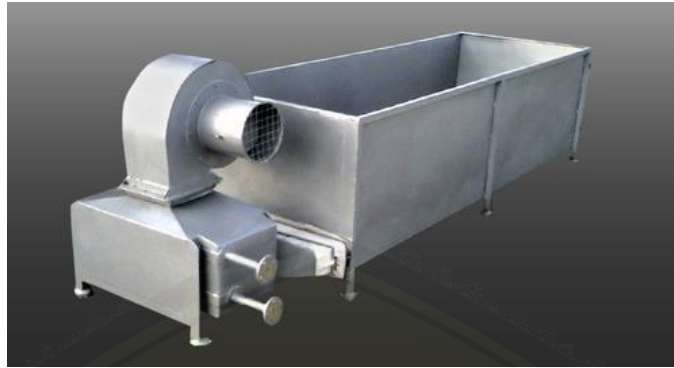
Pengeringan talem digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan yang tidak boleh diaduk dengan cara termal, Sehingga didapatkan hasil yang berupa zat padat yang kering. Prinsip kerja pengering *tray dryer* yaitu dapat beroperasi dalam keadaan vakum dan dengan pemanasan tak langsung. Uap dari zat padat dikeluarkan dengan ejector atau pompa vakum. Pengeringan zat padat memerlukan waktu sangat lama dan siklus pengeringan panjang yaitu 4-8 jam per tumpak (Wirakartakusumah *et al.*,1989:109).



Gambar 2.1 *Tray dryer* (Sumber: Wirakartakusumah *et al.*, 1989)

### 2.2.2 Mesin Pengering *Batch* (*Batch Dryer*)

Proses pengeringan dengan *batch dryer* dapat dilakukan kapan saja atau tidak tergantung cuaca. Pada pengering tipe *batch* dilengkapi dengan komponen-komponen yaitu blower, ruang plenum, bak pengering, dan silinder pembakaran. Bak pengering berfungsi untuk menempatkan bahan basah yang akan dikeringkan yang kemudian permukaan bahan diratakan dan tidak diperlukan pembalikan. (Wirakartakusumah *et al.*,1989:111).



Gambar 2.2 *Batch dryer* (Sumber: Wirakartakusumah et al, 1989)

### 2.2.3 Mesin Pengering Putar (*Rotary Dryer*)

Mesin pengering putar menggunakan tabung silinder horizontal yang digerakkan dengan motor penggerak. Bahan yang dikeringkan akan dipompa dan dipancarkan ke dalam silinder. Silinder akan berputar dan dialiri udara panas yang dihasilkan oleh motor penggerak (Wirakartakusumah *et al.*, 1989:112).



Gambar 2.3 *Rotary dryer* (Sumber: Wirakartakusumah et al, 1989)

## 2.3 Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari suatu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut. Perpindahan panas secara langsung tidak dapat diukur, tetapi pengaruhnya dapat diukur dan diamati. Perpindahan panas dibedakan berdasarkan jenis rambatannya yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

Perpindahan panas secara konduksi adalah proses perpindahan panas dimana panas mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dalam suatu medium padat, cair dan gas. Perpindahan panas secara konveksi adalah adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi, dan gerakan mencampur. Radiasi merupakan ilmu perpindahan panas yang diakibatkan oleh suhu yang dapat mengangkut energi melalui medium yang tembus cahaya. Perpindahan panas secara radiasi merupakan proses di mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang (Kreith, 1997:1-6).

#### **2.4 Perancangan Mekanis**

Perancangan mekanis merupakan proses perancangan dan pemilihan komponen-komponen mekanis dan menggabungkan keduanya secara bersama-sama untuk mencapai fungsi yang diharapkan. Perancangan rangka dan struktur mesin dapat dikatakan sebagai seni dalam hal mengakomodasi komponen-komponen mesin. Detail perancangan rangka dan struktur adalah tidak terbatas, karena itu bagian ini akan memusatkan pada petunjuk-petunjuk umum dalam perancangan mekanis dibedakan menjadi dua jenis yaitu rancangan struktural dan rancangan fungsional. Rancangan struktural pada mesin meliputi bentuk, ukuran dan bahan dari masing-masing komponen yang akan digunakan pada saat proses perakitan mesin. Sedangkan pada rancangan fungsional meliputi keberfungsian tiap komponen-komponen pembentuk mesin sehingga akan menjadi suatu rangkaian mesin yang sempurna (Mott, 2009:110-112).

#### **2.5 Biopelet**

Biopelet merupakan konversi fisis biomassa padat yang melalui proses pemeletan. Pemeletan merupakan proses penekanan bahan menjadi bentuk pelet. Ada berbagai jenis bahan baku seperti bahan bakar padat, biji dan sebagainya yang telah dipeletkan. Biopelet terbuat dari limbah pertanian yang memiliki diameter 6-12 mm dan panjang 10-25 mm (The Japan Institute of Energy, 2008:96-98).



### 2.5.1 Bahan Baku Pembuatan Biopelet

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan biopelet yaitu limbah kopi berupa kulit kopi. Potensi luas lahan perkebunan kopi Indonesia seluas 1,3 juta ha, dari luas tersebut baru 950.000 ha yang merupakan areal produktif perkebunan kopi dan menghasilkan kopi rata-rata 750.000 ton per tahun (Rukmana, 2014). Jumlah limbah kulit kopi di Indonesia mencapai 307.500 ton per tahun. Ada beberapa limbah lain yang dapat dicampurkan dalam pembuatan biopelet yaitu serbuk gergaji kayu, kulit ari kedelai dan sekam padi.

Pada tahun 2015, produksi total kayu khususnya kayu jenis sengon di Kabupaten Bondowoso mencapai 81 ton m<sup>3</sup>. Jumlah limbah yang terbentuk 54,24% dari produksi total. Maka dihasilkan limbah penggergajian kayu berupa serbuk gergaji kayu sebanyak 37,1 ton m<sup>3</sup> per tahun.

Produksi kedelai di Kecamatan Sumberwringin sebanyak 84 ton dengan luas panen 58 ha. Biji kedelai terdiri dari 7,3% kulit, 90,3% kotiledon (isi atau “daging” kedelai) dan 2,4% hipokotil. Maka dihasilkan limbah kulit ari kedelai sebanyak 77 ton (Badan Pusat Statistik, 2016).

Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan. Pada proses penggilingan padi biasanya diperoleh sekam sekitar 20-30%, dedak antara 8-12% dan beras giling antara 50-63,5% data bobot awal gabah. Produksi padi khususnya di kecamatan Sumberwringin mencapai 20,436 ribu ton dengan luas panen 3.263 ha. Maka dihasilkan limbah sekam sekitar 16,36 ribu ton per tahun (Badan Pusat Statistik, 2016).

### 2.5.2 Pembuatan Biopelet

Terdapat 6 tahapan dalam proses pembuatan biopelet, proses pertama adalah pengeringan bahan baku. Secara umum kadar air awal bahan baku pelet adalah 50%. Untuk menghasilkan kualitas pelet yang baik ketika penggilingan dan pemeletan maka kadar air bahan harus mencapai 10 – 20 %.. Proses selanjutnya adalah penggilingan atau pengecilan ukuran. Penggilingan bertujuan untuk memperkecil permukaan bahan sehingga mempermudah proses pemeletan. Kemudian dilanjutkan dengan proses pemeletan, sebelum dilakukan proses

pemeletan, bahan baku akan disatukan menjadi padatan. Setelah semua bahan tercampur maka bahan akan dimasukkan ke dalam mesin pelet. Karena pelet yang telah dibuat memiliki suhu dan kadar air yang tinggi, maka perlu dilakukan proses pendinginan. Pelet yang dikeluarkan akan digunakan sebagai energi untuk pengeringan (The Japan Institute of Energy, 2008:96-98).

Menurut Hasanuddin dan Lahay (2012) dalam penelitiannya yang berjudul Pembuatan Biopellet Ampas Kelapa Sebagai Energi Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah Ramah Lingkungan di Universitas Gorontalo bahwa penambahan bahan perekat pada campuran biopellet sebanyak 2,5 – 5 %, bahan perekat yang digunakan adalah tapioka tergelatinasi. Pencetakan biopellet dengan menggunakan mesin pellet (*pellet mill*), diameter biopellet yaitu 8-11 mm, panjang biopellet 15-20 mm. Pengeringan bertujuan untuk menghilangkan uap panas biopellet pada saat keluar dari mesin pelet. Pengeringan dilakukan menggunakan sinar matahari. Setelah benar-benar kering biopellet bisa dijadikan sebagai bahan bakar untuk memasak (pengganti minyak tanah). Penggunaan biopellet telah dikenal luas oleh masyarakat di negara-negara Eropa dan Amerika. Keunggulan utama pemakaian bahan bakar pelet biomassa adalah penggunaan kembali bahan limbah seperti serbuk kayu yang biasanya dibuang begitu saja. Serbuk kayu yang terbuang begitu saja dapat teroksidasi dibawah kondisi yang tak terkontrol akan membentuk gas metana atau gas rumah kaca. Pada umumnya biopellet digunakan sebagai bahan bakar *boiler* pada industri dan pemanas ruangan di musim dingin.

Biopellet tersebut mempunyai standar tertentu, standar biopellet beberapa negara disajikan pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Standar mutu biopellet pada beberapa negara

| Parameter   | Unit              | Jerman (DIN 51271)<br>(a) | Perancis (ITEBE)<br>(b) |
|-------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|
| Diameter    | mm                | 4 – 10                    | 6 – 16                  |
| Panjang     | mm                | <50                       | 10/1                    |
| Densitas    | g/cm <sup>3</sup> | 1.0 – 1.4                 | >1.15                   |
| Kadar air   | %                 | <12                       | ≤15                     |
| Kadar abu   | %                 | <1.50                     | ≤6                      |
| Nilai kalor | kkal/kg           | 4179.9 – 4657.6           | >4036                   |

(Sumber: a)Hahn, 2004; b)Douard, 2007)

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat

Perancangan dan konstruksi mesin dilaksanakan pada bulan Maret 2017 sampai Agustus 2017 bertempat di Bengkel Mesin Mesin Pertanian Sinar Alam, Jalan Danau Toba, Kelurahan Tegalgede, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember.

### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1 Alat Penelitian

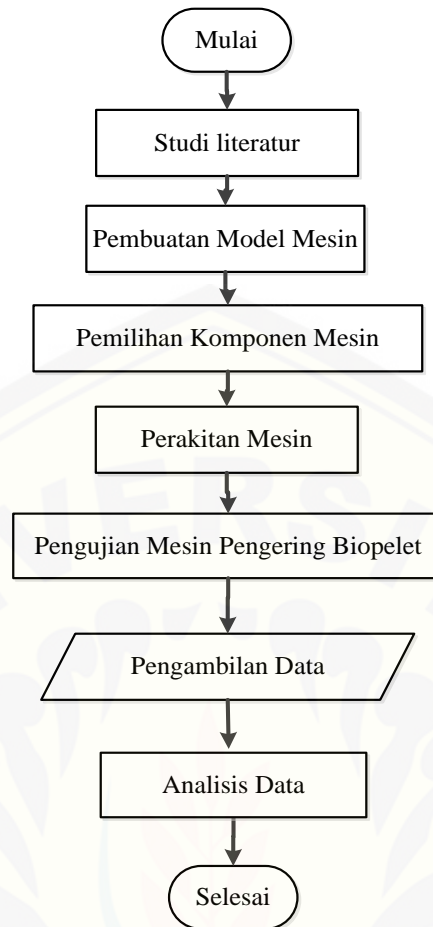
Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi las listrik, bor duduk, kunci pas, tang, obeng, meteran, timbangan, termometer digital, *anemometer*, multimeter digital, *hygrometer* digital, alat tulis dan kamera.

#### 3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini limbah kulit kopi kering yang diperoleh di perkebunan kopi yang terletak di dusun Kluncing Desa Sukorejo, Kecamatan Sumberwringin, Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur. Bahan campuran berupa serbuk gergaji kayu dan sekam padi diperoleh di Pabrik kayu, Jln. Grujagan Taman Kecamatan Bondowoso, Kabupaten Bondowoso. Kulit ari kedelai diperoleh di Pabrik Tempe, Jln. Wahid Hasyim IX, Kelurahan Kaliwates, Kabupaten Jember. Bahan lainnya adalah komponen mesin dan blower sebagai energi penggerak mesin.

### 3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilaksanakan meliputi studi literatur pembuatan model mesin, pemilihan komponen-komponen mesin, perakitan mesin, pengujian mesin, pengambilan data dan pembuatan laporan. Adapun ilustrasi diagram alir rancang bangun diamati pada Gambar 3.1.



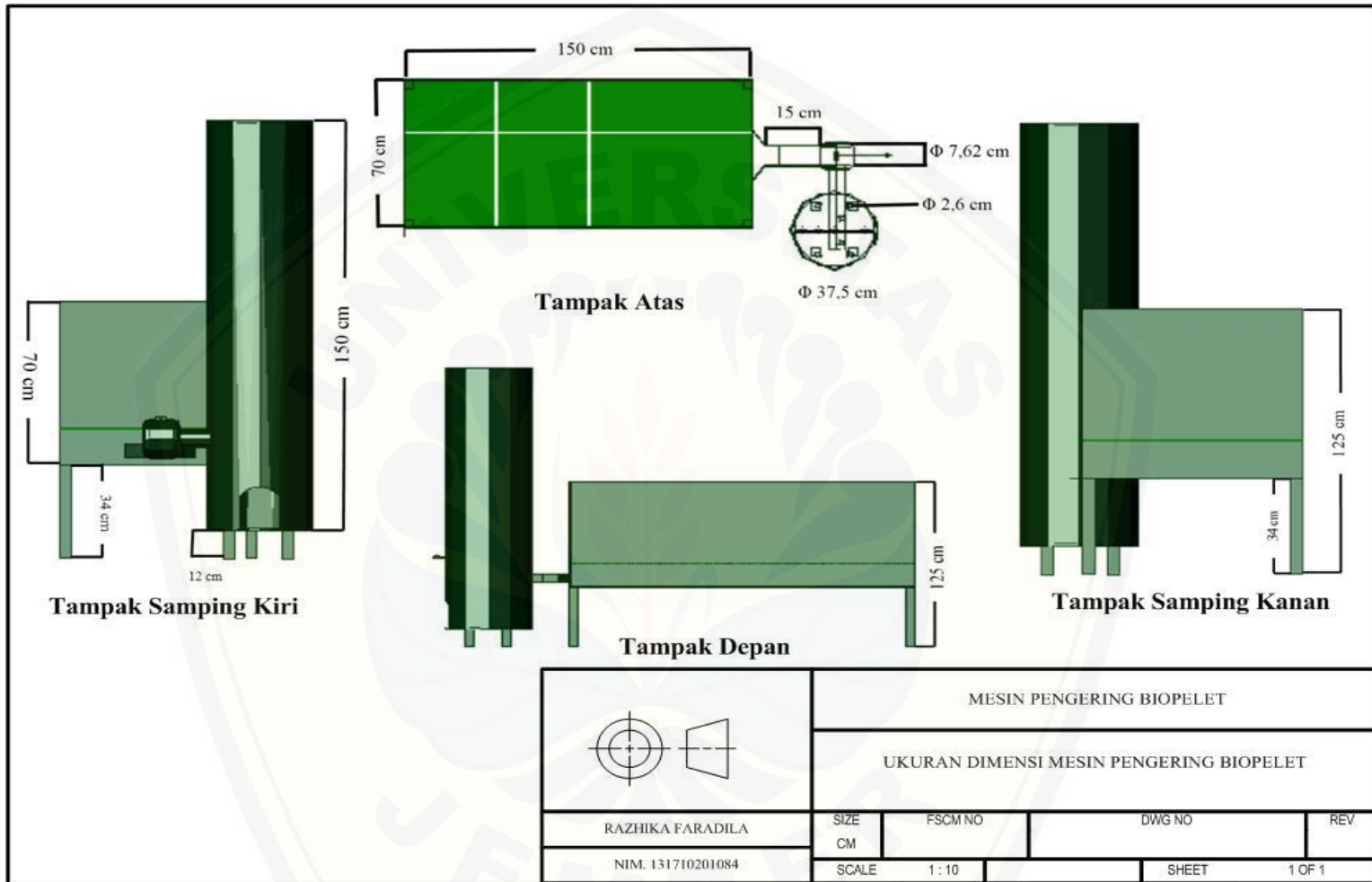
Gambar 3.1 Diagram alir rancang bangun mesin

### 3.3.1 Studi Literatur

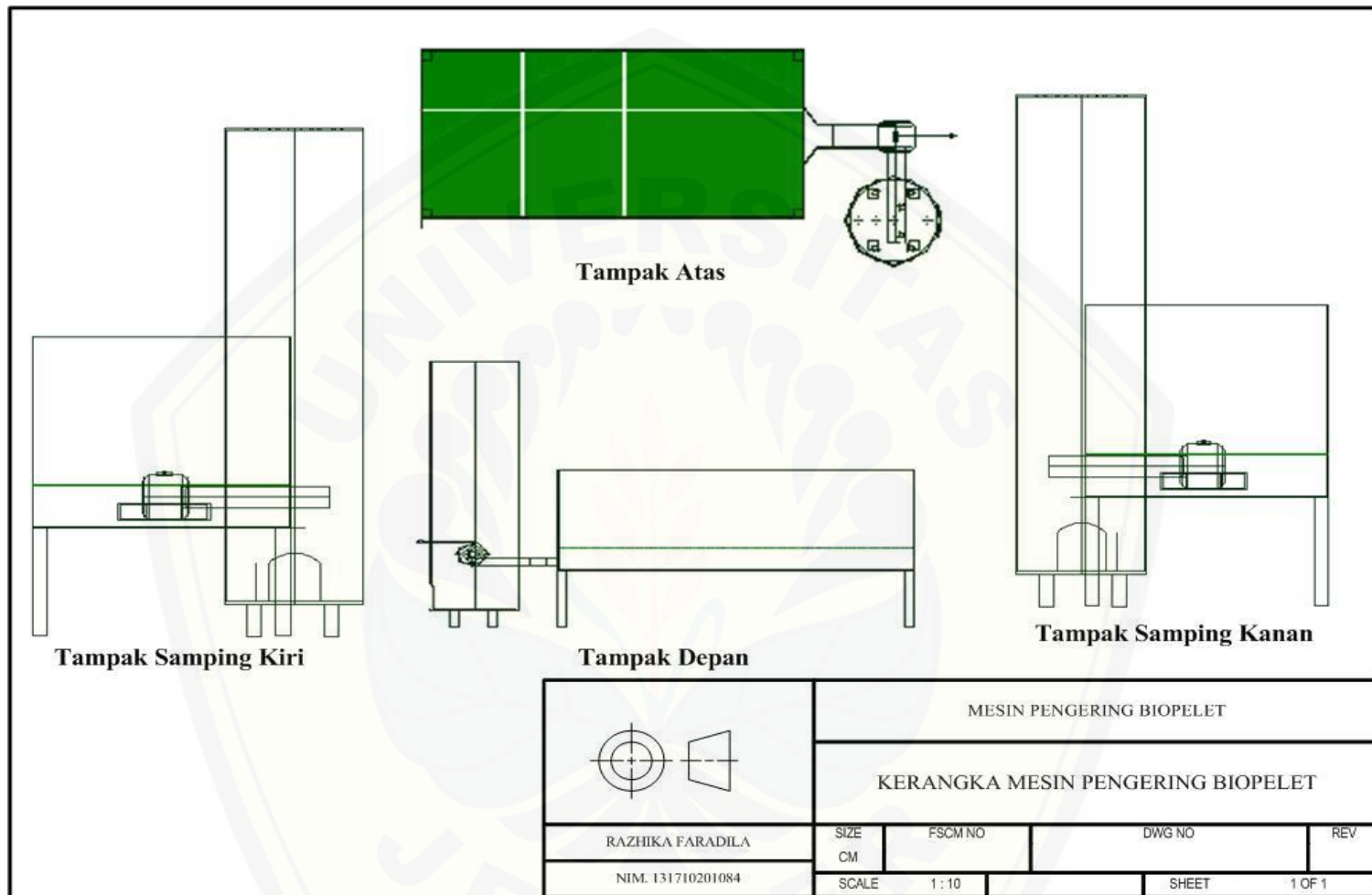
Studi literatur dilakukan sebagai peninjau mengenai limbah pertanian yang digunakan sebagai bahan penelitian. Studi literatur juga dapat memberikan gambaran mengenai elemen-elemen mesin yang dapat digunakan dalam perancangan mesin pengering biopelet. Literatur yang digunakan meliputi buku, jurnal, karya ilmiah dan tulisan ilmiah dari *website*.

### 3.3.2 Pembuatan Model Mesin

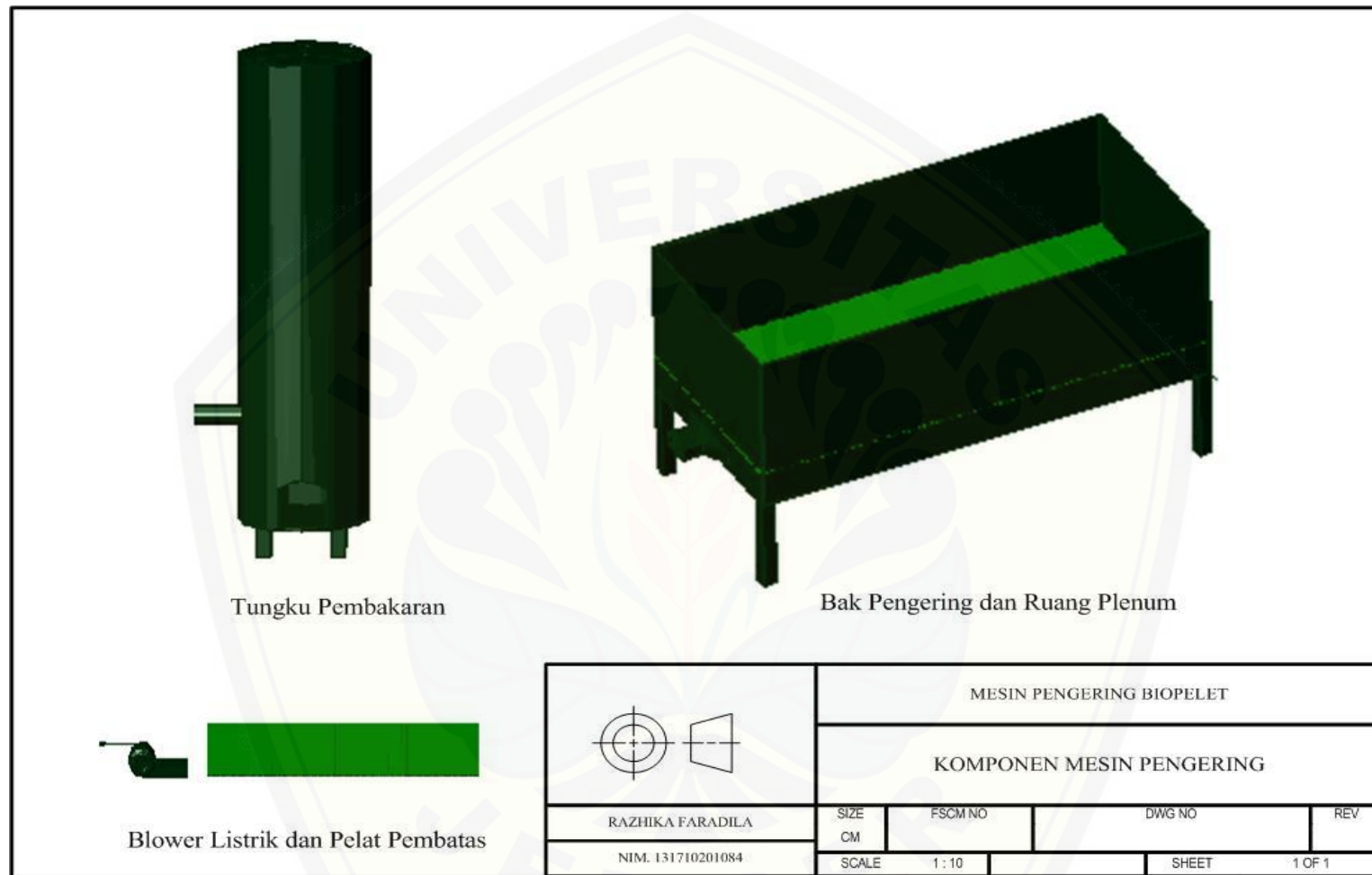
Pembuatan model mesin dilakukan dengan membuat gambar teknik menggunakan *software Autocad* untuk menampilkan gambaran mesin yang ingin dibuat. Adapun gambar teknik perancangan mesin pengering biopelet dapat diamati pada Gambar 3.2, Gambar 3.3, Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.



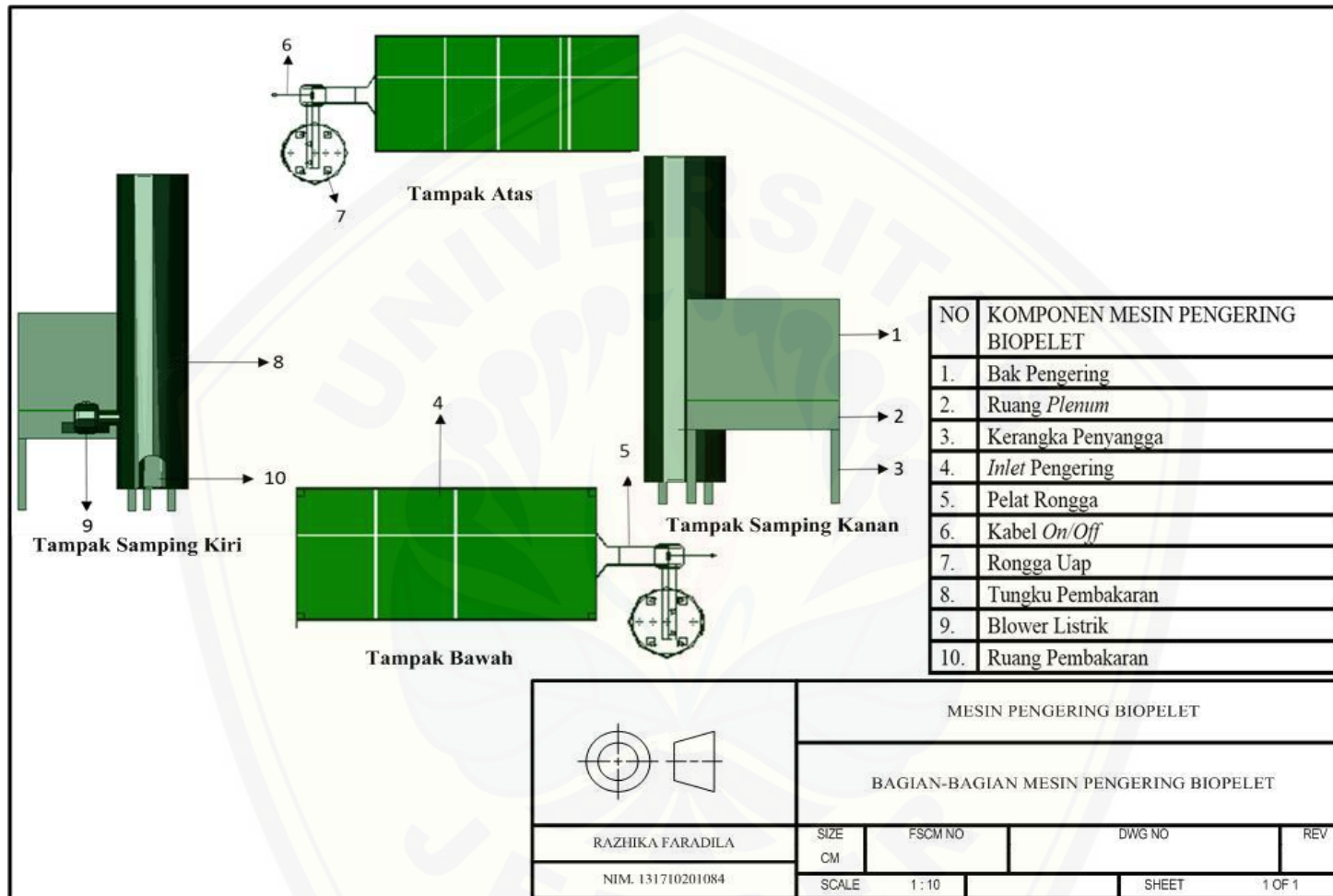
Gambar 3.2 Dimensi mesin pengering biopelet



Gambar 3.3 Rancang bangun kerangka mesin pengering biopelet



Gambar 3.4 Komponen mesin pengering biopelet



Gambar 3.5 Bagian-bagian mesin pengering biopelet

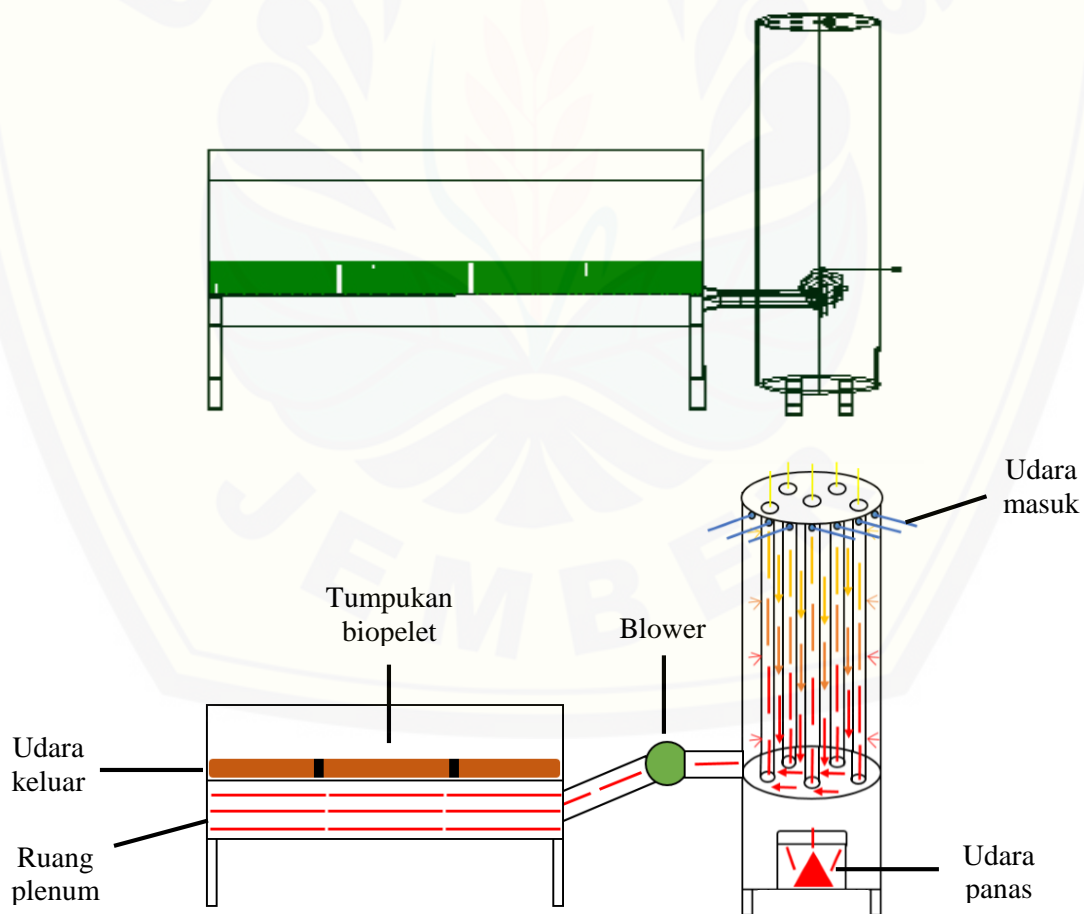


### 3.3.3 Pemilihan Komponen Mesin

Pemilihan komponen mesin didasarkan pada kebutuhan perancangan. Komponen mesin meliputi tenaga penggerak, jenis elemen mesin, jumlah elemen yang dibutuhkan dan bentuk elemen. Pemilihan komponen ini berfungsi untuk mengantisipasi ketersediaan komponen yang dibutuhkan pada proses perakitan. Pada pengering biopellet tipe *batch* terdapat komponen-komponen yaitu tungku pembakaran, ruang plenum dan bak pengering.

### 3.3.4 Perakitan Mesin

Perakitan mesin bertujuan untuk menyatukan komponen-komponen yang akan digunakan menjadi satu kesatuan mesin yang utuh dan dapat dioperasikan. Gambar 3.6 merupakan kerangka dan mesin pengering.



Gambar 3.6 Kerangka dan skema mesin pengering biopellet

### 3.3.5 Pengujian Mesin

Pengujian mesin dilakukan dengan dua metode yaitu secara elementer dan fungsional.

#### a. Uji fungsional

Uji fungsional mengetahui fungsi dan mekanisme kerja mesin pengering biopelet.

- 1) Menyalakan mesin pengering dengan blower listrik yang mengalirkan udara panas melalui inlet pengering ke ruang plenum.
- 2) Mengamati suhu pengering selama proses pengeringan.

#### b. Uji Elementer

Uji elementer dilakukan untuk mengetahui laju pengeringan pada mesin pengering dan efisiensi pengeringan.

##### 1) Laju Pengeringan

Pengukuran laju pengeringan dengan mengetahui kadar air dari biopelet sebelum dan setelah pengeringan dengan lama pengeringan 4 jam.

$$\text{Laju Pengeringan} = \frac{\text{Ka awal (\%bk)} - \text{Ka akhir (\%bk)}}{\text{waktu (jam)}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.2)$$

##### 2) Efisiensi Pengeringan

Efisiensi pengeringan dapat diketahui dengan membandingkan energi masuk pengering dan energi untuk memanaskan bahan serta energi bahan bakar yang digunakan selama pengeringan.

$$\text{Efisiensi Pengeringan } (\eta) = \frac{Q_{\text{output}}}{Q_{\text{input}}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.3)$$

### 3.3.6 Pengujian Biopelet

Pengujian biopelet dilakukan pada Laboratorium TPKL Jurusan Teknik Pertanian Universitas Jember dan Laboratorium Energi Terbarukan Politeknik Jember dengan menghitung kadar air, kadar abu, kerapatan dan nilai kalor untuk mengetahui kualitas biopelet.

## 1) Kadar Air (ASTM D 5142-02)

Penetapan nilai kadar air dilakukan dengan sampel diletakkan pada cawan porselin yang bobotnya sudah diketahui. Kemudian dikeringkan dalam oven suhu 105 °C selama 24 jam sampai kadar air konstan. Kemudian didinginkan dalam desikator sampai kondisi stabil dan ditimbang. Kadar air sampel dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar Air} = \frac{W-B}{B} \times 100\% \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan :

W : Berat sebelum dikeringkan dalam oven  
B : Berat setelah dikeringkan dalam oven

## 2) Kadar Abu (ASTM D 5142-02)

Penetapan nilai kadar abu dilakukan dengan satu gram sampel diletakkan pada cawan porselin yang bobotnya sudah diketahui. Kemudian masukkan dalam oven suhu 600 °C – 900 °C selama 5 – 6 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator sampai kondisi stabil dan ditimbang. Kadar abu sampel dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kadar Abu} = \frac{\text{Berat Abu}}{\text{Berat Sampel}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.5)$$

## 3) Kerapatan Massa (ASTM D 5142-02)

Penetapan penentuan kerapatan massa dinyatakan dalam hasil perbandingan antara berat dan volume biopellet. Pengujian kerapatan dilakukan dengan metode Archimedes yaitu mengukur massa sampel uji dan mengukur volume sampel dengan menenggelamkan sampel ke air didalam gelas ukur. Kerapatan sampel dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kerapatan} = \frac{m}{V} \dots \dots \dots (3.6)$$

Keterangan :

m : massa (g)  
V : volume bahan yang diteliti (cm<sup>3</sup>)

#### 4) Nilai Kalor (ASTM D 5142-02)

Sampel ditimbang sebanyak  $\pm 1$  gram diletakkan dalam cawan silica dan diikat dengan kawat nikel, kemudian dimasukkan kedalam tabung dan ditutup rapat. Tabung tersebut dialiri oksigen selama 30 detik. Tabung dimasukkan dalam *Oxygen Bomb Calorimeter*. Pembakaran dimulai disaat suhu air sudah tetap. Pengukuran dilakukan sampai suhu optimum. Pengujian nilai kalor dilakukan di laboratorium Energi Terbarukan Fakultas Teknologi Pertanian Politeknik Jember. Besarnya nilai kalor suatu bahan sesuai dengan persamaan sebagai berikut :

$$NK = \frac{\Delta T_b}{\Delta T_s} \times NK_s \times \frac{m_s}{m_b} \dots \dots \dots (3.7)$$

Keterangan :

|                 |                              |
|-----------------|------------------------------|
| NK <sub>s</sub> | : Nilai Kalor Standart (J/g) |
| m <sub>s</sub>  | : massa standart (g)         |
| $\Delta T_s$    | : beda suhu standart (°K)    |
| Nk              | : Nilai kalor bahan (J/g)    |
| m <sub>b</sub>  | : massa bahan (g)            |
| $\Delta T_b$    | : beda suhu (°K)             |

#### 3.3.7 Analisis Data

Analisis data berfungsi untuk menganalisa apakah penelitian sudah sesuai dengan tujuan atau tidak. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

- analisis deskriptif, digunakan dalam pengujian terhadap mesin untuk mengetahui kelayakan teknik tiap komponennya dan kemampuan kerja mesin;
- analisis perbandingan, digunakan untuk menguji perbandingan antara dua sampel data atau lebih. Analisis ini digunakan untuk mengetahui biopellet terbaik antara limbah kulit kopi kering dengan campuran serbuk gergaji kayu, kulit ari kedelai dan sekam padi;
- analisis statistik, digunakan untuk mengetahui hubungan kadar air dengan suhu pengeringan. Analisis yang digunakan adalah analisis korelasi, Tabel 3.1 merupakan tabel tingkat korelasi dan kekuatan hubungan.

Tabel 3.1 Tingkat korelasi dan kekuatan hubungan

| Nilai       | Kekuatan Hubungan                      |
|-------------|--|
| 0           | tidak ada korelasi antara dua variable |
| 0 – 0,25    | korelasi dangat lemah                  |
| 0,25 – 0,5  | korelasi cukup                         |
| 0,5 – 0,75  | korelasi kuat                          |
| 0,75 – 0,99 | korelasi sangat kuat                   |
| 1           | korelasi sempurna                      |

(Sumber: Sarwono, 2006)

Apabila hasil analisis sesuai dengan tujuan yang diharapkan maka dilanjutkan dengan pembuatan laporan.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dijelaskan di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Rancang bangun berhasil menghasilkan mesin pengering biopelet limbah kulit kopi dengan kapasitas mesin 7,5 kg/jam, rata-rata suhu udara masuk optimal sebesar 64,12 °C, rata-rata kelembaban relatife 66,5%, rata-rata suhu panas buang tungku sebesar 91,37 °C dan kecepatan udara masuk blower sebesar 8,27 m/s.
2. Hasil uji kinerja mesin pengering biopelet limbah kulit kopi berdasarkan uji fungsional yaitu mesin pengering biopelet berhasil menurunkan kadar air biopelet limbah kulit kopi sebanyak 15% – 20% dan *inlet* pengering serta blower bekerja sesuai dengan fungsinya. Berdasarkan uji elementer dapat diketahui laju pengeringan sebesar 4,36 % bk jam selama 4 jam pengeringan dengan efisiensi pengeringan sebesar 25,1%.
3. Nilai kadar air akhir terendah dihasilkan oleh biopelet campuran kulit kopi dengan arang sekam padi sebesar 14,96% yang sesuai standar mutu biopelet Prancis (ITEBE) dan hasil pengukuran kadar abu 4,9%, nilai kalor sebesar 4178 kal/g dan kerapatan massa sebesar 0,428 g/cm<sup>3</sup>.

### 5.2 Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap uji kinerja mesin pengering sehingga dapat meningkatkan efisiensi pengeringan. Perlu adanya perbaikan pada perbandingan komposisi tiap campuran serta analisis lebih lanjut terhadap karakteristik pembakaran biopelet limbah kulit kopi.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials. 2002. ASTM standar Coal and Coke D-5. Philadelphia. [Http://files.instrument.com.cn/bbs/upfile/200711309182.pdf](http://files.instrument.com.cn/bbs/upfile/200711309182.pdf) [Diakses pada 24 Mei 2017].
- Badan Pusat Statistik. 2016. Kabupaten Bondowoso Dalam Angka 2015. [https://bondowosokab.bps.go.id/website/pdf\\_publicasi/KABUPATEN-BONDOWOSO-DALAM-ANGKA-2015.pdf](https://bondowosokab.bps.go.id/website/pdf_publicasi/KABUPATEN-BONDOWOSO-DALAM-ANGKA-2015.pdf) [Diakses pada 8 Oktober 2017].
- Bressani, R. 1979. *The By-Products of Coffee Berries*. Dalam Coffee Pulp: Composition, Technology, and Utilization. Editor J.E. Braham dan R. Bressani. Ottawa: Institute of Nutrition of Central America and Panama. <https://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/6006/1/IDL6006.pdf>. [Diakses pada 30 Agustus 2016].
- Douard, F. 2007. Challenge in the expanding French pellet market. ITEBE Pellet 2007 Conference. [https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/pelletslas\\_final\\_results\\_report.pdf](https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/pelletslas_final_results_report.pdf) [Diakses pada 2 Oktober 2017].
- Fitriani, S. 2008. Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan terhadap Beberapa Mutu Manisan Blimbing Wuluh (*Avverrhoebellimbi L.*). *Jurnal Sagu* 7(1): 32-37. <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=105914&val=2286> [Diakses pada 7 Oktober 2017].
- Hahn, B. 2004. *Existing Guidelines and Quality Assurance for Fuel Pellets*. Austria: Umbera. [www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp157.pdf](http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp157.pdf) [Diakses pada 2 Oktober 2017].
- Hasanuddin dan I. H. Lahay. 2012. *Pembuatan Biopellet Ampas Kelapa Sebagai Energi Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah Ramah Lingkungan*. Makassar : Universitas Negeri Gorontalo.
- Irawan, A. 2011. *Modul Laboratorium Pengeringan*. Jurusan Teknik Pertanian : Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. <https://www.scribd.com/document/186482615/Modul-Pengeringan> [Diakses pada 7 Oktober 2017].
- Kreith, F. 1997. *Principles of Heat Transfer*. Third Edition. Colorado: University of Colorado. Terjemahan oleh A. Prijono. 1997. *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*. Edisi ketiga. Jakarta: Erlangga.
- Maryono, Suding dan Rachmawati. 2013. Pembuatan dan Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau dari Kadar Kanji. *Jurnal Chemical* 14(01): 74-83.

- Mc. Cabe, L. and Warren. 2002. *Unit Operation of Chemical Engineering*. Seventh Edition. USA: McGraw Hills. Terjemahan oleh E. Jasfi. 2005. *Operasi Teknik Kimia*. Edisi ketujuh. Jakarta: Erlangga.
- Mott, R. L. 2009. *Machine Elements In Mechanical Design*. New Jersey: Pearson Education, Inc. Terjemahan oleh Rines, F. X. A. U. Santoso, W. Kusbandono, F. A. R. Sambada, I. G. K. Puja, dan A. T. Siswantoro. 2009. *Elemen-Elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis 2*. Edisi Keempat. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Nainggolan, S. R. M., Tamrin, Warji dan B. Lanya. 2013. Uji Kinerja Mesin Pengereng Tipe Batch Skala Lab Untuk Pengerengan Gabah Dengan Menggunakan Bahan Bakar Sekam Padi. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 2(3) : 161-172.
- Syahrul, S., R. Romdhani dan M. Mirmanto. 2016. Pengaruh Variasi Kecepatan Udara dan Massa Bahan Terhadap Waktu Pengerengan Jagung pada Alat Fluidized Bed. *Jurnal Dinamika Teknik Mesin* 6(16): 119-126. <https://media.neliti.com/media/publications/59083-ID-pengaruh-variasi-kecepatan-udara-dan-mas.pdf> [Diakses pada 2 Oktober 2017].
- Rukmana, H. R. 2014. *Untung Selangit Dari Agribisnis Kopi*. Yogyakarta: Lily Publisher
- Tajalli, A. 2015. *Panduan Penilaian Potensi Biomassa Sebagai Sumber Energi Alternatif di Indonesia*. Jakarta: Penabulu Alliance.
- The Japan Institute of Energy. 2008. *Buku Panduan Biomassa Asia, Panduan untuk Produksi dan Pemanfaatan Biomassa*, Editor S. Yokoyama, dan Y. Matsumura. Tokyo: The Japan Institute Of Energy. <http://www.jie.or.jp/biomass/AsiaBiomassHandbook/Indonesian/Part-01.pdf>. [Diakses pada 19 Februari 2017].
- Wirakartakusumah, M. A., D. Hermanianto, dan N. Andarwulan. 1989. *Prinsip Teknik Pangan*. Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor.



LAMPIRAN

6.1 Matriks Kegiatan Penelitian

| Kegiatan                        | Bulan |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                 | Mar   | Apr  | Mei  | Jun  | Jul  | Agt  | Sept | Okt  | Nov  |
|                                 | 2017  | 2017 | 2017 | 2017 | 2017 | 2017 | 2017 | 2017 | 2017 |
| Seminar Proposal                |       |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Kegiatan Internship di Malaysia |       |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Penelitian                      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Analisis dan interpretasi data  |       |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Seminar hasil                   |       |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Draf naskah laporan akhir       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Ujian skripsi                   |       |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Laporan akhir                   |       |      |      |      |      |      |      |      |      |

6.2 Ukuran Dimensi Pengering

| Ruang Plenum           |         | Tungku Pembakaran        |         |
|------------------------|---------|--------------------------|---------|
| Panjang Bak Pengering  | 150 cm  | Diameter Tungku          | 37,5 cm |
| Lebar Bak Pengering    | 70 cm   | Tinggi Tungku            | 150 cm  |
| Tinggi Ruang Plenum    | 31 cm   | Diameter Pipa Udara      | 2,6 cm  |
| Tinggi Bak Pengering   | 50 cm   | Diameter Inlet Pengering | 7,62 cm |
| Tinggi Kaki Bak        | 34 cm   | Tinggi Kaki Tungku       | 25 cm   |
| Diameter outlet blower | 10,16 m | Panjang Inlet Pengering  | 50 cm   |

|              |                                   |
|--------------|-----------------------------------|
| Jenis Blower | Blower hisap listrik tipe NRT-PRO |
| Daya         | 200 Watt                          |
| Tegangan     | 220 V                             |
| Putaran      | 3600 rpm                          |
| I            | 0,90 A                            |

Sumber : Data Brosur, 2017.

## 6.2 Suhu Pengeringan

| Rata-Rata Suhu Panas Buang Tungku |                           |
|-----------------------------------|---------------------------|
| Suhu Percobaan I<br>(°C)          | Suhu Percobaan II<br>(°C) |
| 91 °C                             | 88 °C                     |

| Suhu Udara Masuk (°C) |         |         |         |          |
|-----------------------|---------|---------|---------|----------|
| Waktu<br>(menit)      | Tdb (I) | Twb (I) | Tdb (I) | Twb (II) |
| 30                    | 52 °C   | 25 °C   | 57 °C   | 29 °C    |
| 60                    | 54 °C   | 25.8 °C | 60 °C   | 29.8 °C  |
| 90                    | 55 °C   | 26 °C   | 62 °C   | 32 °C    |
| 120                   | 57 °C   | 28 °C   | 64 °C   | 33 °C    |
| 150                   | 59 °C   | 29 °C   | 65 °C   | 34 °C    |
| 180                   | 60 °C   | 29.7 °C | 67 °C   | 34.7 °C  |
| 210                   | 62 °C   | 30 °C   | 69 °C   | 36 °C    |
| 240                   | 63 °C   | 32 °C   | 69 °C   | 32 °C    |

| Suhu Udara Keluar (°C) |         |         |         |          |
|------------------------|---------|---------|---------|----------|
| Waktu<br>(menit)       | Tdb (I) | Twb (I) | Tdb (I) | Twb (II) |
| 30                     | 30 °C   | 29 °C   | 32 °C   | 29 °C    |
| 60                     | 32 °C   | 30 °C   | 35 °C   | 29.7 °C  |
| 90                     | 33 °C   | 31.5 °C | 37 °C   | 32 °C    |
| 120                    | 35 °C   | 26.5 °C | 39 °C   | 33 °C    |
| 150                    | 37 °C   | 32 °C   | 40 °C   | 34 °C    |
| 180                    | 38 °C   | 33 °C   | 40 °C   | 34.7 °C  |
| 210                    | 39 °C   | 34 °C   | 41 °C   | 36 °C    |
| 240                    | 41 °C   | 35 °C   | 42 °C   | 33 °C    |

| Suhu Ruang Pengering |                       |                        |
|----------------------|-----------------------|------------------------|
| Waktu (menit)        | Suhu Percobaan I (°C) | Suhu Percobaan II (°C) |
| 30                   | 45 °C                 | 49 °C                  |
| 60                   | 47 °C                 | 50 °C                  |
| 90                   | 48 °C                 | 52 °C                  |
| 120                  | 48 °C                 | 53 °C                  |
| 150                  | 50 °C                 | 55 °C                  |
| 180                  | 51 °C                 | 56 °C                  |
| 210                  | 52 °C                 | 57 °C                  |
| 240                  | 53 °C                 | 58 °C                  |

Sumber: Data Pengamatan, 2017.

| Suhu Tumpukan Percobaan I  |                |                  |                 |
|----------------------------|----------------|------------------|-----------------|
| Waktu (menit)              | Suhu Atas (°C) | Suhu Tengah (°C) | Suhu Bawah (°C) |
| 30                         | 29 °C          | 31 °C            | 34 °C           |
| 60                         | 29 °C          | 32 °C            | 35 °C           |
| 90                         | 30 °C          | 33 °C            | 34 °C           |
| 120                        | 31 °C          | 33 °C            | 35 °C           |
| 150                        | 31 °C          | 34 °C            | 36 °C           |
| 180                        | 32 °C          | 33 °C            | 36 °C           |
| 210                        | 31 °C          | 35 °C            | 37 °C           |
| 240                        | 32 °C          | 35 °C            | 37 °C           |
| Suhu Tumpukan Percobaan II |                |                  |                 |
| Waktu (menit)              | Suhu Atas (°C) | Suhu Tengah (°C) | Suhu Bawah (°C) |
| 30                         | 31 °C          | 33 °C            | 36 °C           |
| 60                         | 31 °C          | 34 °C            | 37 °C           |
| 90                         | 32 °C          | 35 °C            | 38 °C           |
| 120                        | 33 °C          | 37 °C            | 39 °C           |
| 150                        | 32 °C          | 36 °C            | 40 °C           |
| 180                        | 33 °C          | 37 °C            | 39 °C           |
| 210                        | 34 °C          | 38 °C            | 41 °C           |
| 240                        | 36 °C          | 39 °C            | 43 °C           |

Sumber : Data Pengamatan, 2017.

#### 6.4 Komposisi Biopelet

| Komposisi Biopelet Tiap Campuran  |        |      |
|---|--------|------|
| Kulit Kopi  | 2,5 kg | 50 % |
| Bahan Pencampur (Sekam Padi, Kulit Ari Kedelai dan Gergaji Kayu Sengon) | 2,0 kg | 40 % |
| Perekat (Lem Tapioka + Air)   | 0,5 kg | 10 % |

Sumber : Data Pengamatan, 2017.

#### 6.5 Perhitungan Kadar Air

Tabel 6.1 Hasil pengukuran kadar air dan laju pengeringan

| Waktu (jam) | Jenis Campuran                   | Kadar air awal (%bk) | Kadar air akhir (%bk) | Laju pengeringan (%bk jam) |
|-------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|
| 2           | Kulit Kopi + Serbuk gergaji kayu | 33,27                | 25,31                 | 3,912                      |
|             | Kulit Kopi + Kulit ari kedelai   | 34,30                | 26,23                 | 3,957                      |
|             | Kulit Kopi + Arang Sekam Padi    | 33,04                | 24,94                 | 3,975                      |
| 4           | Kulit Kopi + Serbuk gergaji kayu | 33,27                | 15,40                 | 4,40                       |
|             | Kulit Kopi + Kulit ari kedelai   | 34,30                | 16,86                 | 4,31                       |
|             | Kulit Kopi + Arang Sekam Padi    | 33,04                | 14,96                 | 4,46                       |

Sumber : Data Primer Diolah, 2017.

## Perhitungan Kadar Air Rata-Rata

$$\text{Kadar Air} = \frac{W-B}{B} \times 100\%$$

Keterangan :

W : Berat sebelum dikeringkan dalam oven

B : Berat setelah dikeringkan dalam oven

Tabel 6.2 Perhitungan kadar air biopelet sebelum dan setelah pengeringan

| Waktu Pengeringan         | Bahan Pencampur Biopelet | Sampel    | m <sub>1</sub> | m <sub>2</sub> | Kadar Air (%) |
|---------------------------|--------------------------|-----------|----------------|----------------|---------------|
| Sebelum                   | Serbuk Gergaji Kayu      | Sampel 1  | 7.6255         | 5.724          | 33.22         |
|                           |                          | Sampel 2  | 7.6616         | 5.746          | 33.34         |
|                           |                          | Sampel 3  | 7.7591         | 5.823          | 33.25         |
|                           |                          | Rata-rata |                |                | 33.27         |
|                           | Kulit Kedelai            | Sampel 1  | 7.3982         | 4.856          | 34.36         |
|                           |                          | Sampel 2  | 6.9944         | 4.613          | 34.04         |
|                           |                          | Sampel 3  | 7.3982         | 4.846          | 34.49         |
|                           |                          | Rata-rata |                |                | 34.3          |
|                           | Sekam Padi               | Sampel 1  | 7.9013         | 5.293          | 33.01         |
|                           |                          | Sampel 2  | 7.9285         | 5.308          | 33.05         |
|                           |                          | Sampel 3  | 7.7789         | 5.206          | 33.07         |
|                           |                          | Rata-rata |                |                | 33.04         |
| 1 Jam setelah pengeringan | Serbuk Gergaji Kayu      | Sampel 1  | 5.007          | 3.769          | 32.84         |
|                           |                          | Sampel 2  | 5.051          | 3.803          | 32.81         |
|                           |                          | Sampel 3  | 5.078          | 3.823          | 32.83         |
|                           |                          | Rata-rata |                |                | 32.83         |
|                           | Kulit Kedelai            | Sampel 1  | 5.98           | 4.72           | 26.71         |
|                           |                          | Sampel 2  | 6.368          | 4.785          | 33.09         |
|                           |                          | Sampel 3  | 6.3            | 4.736          | 33.03         |
|                           |                          | Rata-rata |                |                | 30.94         |
|                           | Sekam Padi               | Sampel 1  | 6.41           | 4.896          | 30.92         |
|                           |                          | Sampel 2  | 6.25           | 4.774          | 30.91         |
|                           |                          | Sampel 3  | 6.32           | 4.833          | 30.76         |
|                           |                          | Rata-rata |                |                | 30.87         |

Sumber : Data Primer Diolah, 2017.

| Waktu Pengeringan         | Bahan Pencampur Biopellet | Sampel    | m <sub>1</sub> | m <sub>2</sub> | Kadar Air (%) |
|---------------------------|---------------------------|-----------|----------------|----------------|---------------|
| 2 Jam setelah pengeringan | Serbuk Gergaji Kayu       | Sampel 1  | 5.999          | 4.78           | 25.45         |
|                           |                           | Sampel 2  | 5.989          | 4.775          | 25.42         |
|                           |                           | Sampel 3  | 5.99           | 4.784          | 25.21         |
|                           |                           | Rata-rata |                |                | 25.31         |
|                           | Kulit Kedelai             | Sampel 1  | 5.72           | 4.531          | 26.24         |
|                           |                           | Sampel 2  | 5.726          | 4.536          | 26.24         |
|                           |                           | Sampel 3  | 5.699          | 4.514          | 26.25         |
|                           |                           | Rata-rata |                |                | 26.23         |
|                           | Sekam Padi                | Sampel 1  | 6.502          | 5.203          | 24.97         |
|                           |                           | Sampel 2  | 6.541          | 5.236          | 24.92         |
|                           |                           | Sampel 3  | 6.607          | 5.29           | 24.9          |
|                           |                           | Rata-rata |                |                | 24.94         |
| 3 Jam setelah pengeringan | Serbuk Gergaji Kayu       | Sampel 1  | 5.158          | 4.281          | 20.49         |
|                           |                           | Sampel 2  | 5.201          | 4.309          | 20.7          |
|                           |                           | Sampel 3  | 5.134          | 4.252          | 20.74         |
|                           |                           | Rata-rata |                |                | 20.64         |
|                           | Kulit Kedelai             | Sampel 1  | 6.395          | 5.283          | 21.06         |
|                           |                           | Sampel 2  | 6.383          | 5.276          | 20.99         |
|                           |                           | Sampel 3  | 6.375          | 5.267          | 21.05         |
|                           |                           | Rata-rata |                |                | 21.03         |
|                           | Sekam Padi                | Sampel 1  | 5.395          | 4.497          | 19.97         |
|                           |                           | Sampel 2  | 5.385          | 4.49           | 19.93         |
|                           |                           | Sampel 3  | 5.387          | 4.487          | 20.06         |
|                           |                           | Rata-rata |                |                | 19.99         |
| 4 Jam setelah pengeringan | Serbuk Gergaji Kayu       | Sampel 1  | 5.616          | 4.869          | 15.38         |
|                           |                           | Sampel 2  | 5.519          | 4.783          | 15.39         |
|                           |                           | Sampel 3  | 5.419          | 4.696          | 15.4          |
|                           |                           | Rata-rata |                |                | 15.4          |
|                           | Kulit Kedelai             | Sampel 1  | 6.761          | 5.787          | 16.83         |
|                           |                           | Sampel 2  | 6.738          | 5.769          | 16.8          |
|                           |                           | Sampel 3  | 6.697          | 5.726          | 16.96         |
|                           |                           | Rata-rata |                |                | 16.86         |
|                           | Sekam Padi                | Sampel 1  | 5.881          | 5.118          | 14.91         |
|                           |                           | Sampel 2  | 5.979          | 5.2            | 14.98         |
|                           |                           | Sampel 3  | 5.889          | 5.12           | 15.02         |
|                           |                           | Rata-rata |                |                | 14.96         |

Sumber : Data Primer Diolah, 2017.

## 6.6 Perhitungan Kadar Abu

Perhitungan kadar abu biopelet diperoleh dari rumus:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \left( \frac{W_1}{W_2} \right) \times 100 \%$$

$W_1$  = Berat Abu

$W_2$  = Berat Sampel

Tabel 6.3 Perhitungan Kadar Abu Biopelet

| Jenis Campuran      | sSampel   | W1   | W2   | Kadar Abu (%) |
|---------------------|-----------|------|------|---------------|
| Serbuk Gergaji Kayu | Sampel 1  | 0,19 | 3,13 | 6,70          |
|                     | Sampel 2  | 0,17 | 3,14 | 5,41          |
|                     | Sampel 3  | 0,21 | 3,11 | 6,75          |
|                     | Rata-rata |      |      | 6,07          |
| Kulit Ari Kedelai   | Sampel 1  | 0,31 | 3,12 | 9,93          |
|                     | Sampel 2  | 0,30 | 3,13 | 9,58          |
|                     | Sampel 3  | 0,32 | 3,09 | 10,35         |
|                     | Rata-rata |      |      | 9,95          |
| Arang Sekam Padi    | Sampel 1  | 0,27 | 3,16 | 8,54          |
|                     | Sampel 2  | 0,3  | 3,15 | 9,52          |
|                     | Sampel 3  | 0,24 | 3,16 | 7,59          |
|                     | Rata-rata |      |      | 8,55          |

Sumber : Data Primer Diolah, 2017.

## 6.7 Perhitungan Nilai Kalor

$$NK_u = \frac{\Delta T_b}{\Delta T_s} \times NK_s \frac{m_s}{m_b}$$

| Simbol       | Keterangan                    | Nilai         |
|--------------|-------------------------------|---------------|
| $\Delta T_s$ | Suhu Standar Bomb Kalorimeter | 1,9602°C      |
| NKs          | Nilai Kalor Standar           | 26460 Joule/g |
| $m_s$        | Massa Standar                 | 0,5 g         |

Tabel 6.4 Perhitungan nilai kalor biopelet

| Bahan Pencampur Biopelet | Sampel    | $m_b$ | $\Delta T_b$ | NKb      |
|--------------------------|-----------|-------|--------------|----------|
| Serbuk Gergaji Kayu      | Sampel 1  | 1     | 2,6456       | 16506,12 |
|                          | Sampel 2  | 1     | 2,4472       | 16516,91 |
|                          | Sampel 3  | 1     | 2,4992       | 18217,74 |
|                          | Rata-rata |       |              | 17080,26 |
| Kulit Kedelai            | Sampel 1  | 1     | 2,0638       | 13929,23 |
|                          | Sampel 2  | 1     | 2,0582       | 13891,43 |
|                          | Sampel 3  | 1     | 2,1651       | 14612,93 |
|                          | Rata-rata |       |              | 14144,53 |
| Arang Sekam Padi         | Sampel 1  | 1     | 2,5969       | 17527,29 |
|                          | Sampel 2  | 1     | 2,5973       | 17529,99 |
|                          | Sampel 3  | 1     | 2,5764       | 17388,93 |
|                          | Rata-rata |       |              | 17482,07 |

Sumber : Data Primer Diolah, 2017.

| Bahan Pencampur Biopelet | MJ/kg | kal/g |
|--------------------------|-------|-------|
| Serbuk Gergaji Kayu      | 17,08 | 4082  |
| Kulit Kedelai            | 14,1  | 3379  |
| Sekam Padi               | 17,48 | 4177  |

## 6.8 PERHITUNGAN KERAPATAN MASSA BIOPELET

| Jenis Campuran      | Massa (g) | Volume (cm <sup>3</sup> ) | Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> ) |
|---------------------|-----------|---------------------------|--------------------------------|
| Serbuk Gergaji Kayu | 1,744     | 3,2                       | 0,545                          |
| Kulit Ari Kedelai   | 1,674     | 3,8                       | 0,440                          |
| Arang Sekam Padi    | 1,543     | 3,6                       | 0,428                          |

Sumber : Data Primer Diolah, 2017

## 6.9 Perhitungan Efisiensi Pengeringan

Contoh perhitungan efisiensi pada pengeringan percobaan II pada campuran arang sekam padi

### Penggunaan Energi Listrik

$$\text{Daya (P)} = 0,90 \times 220 = 198 \text{ W}$$

$$Q_{\text{blower}} = 3,6 \times 198 \times 4 = 2,851 \text{ MJ} = 0,9 \text{ kJ/s}$$

### Energi masuk pengering (Q<sub>in</sub>)

$$\text{Massa jenis zat cair } (\rho') = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Massa jenis gas } (\rho) = 1,1567 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kecepatan udara (V)} = 8,97 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang inlet pengering (A)} &= \pi \times r^2 \\ &= 3,14 \times (0,0381^2) = 0,0045 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{m} &= V \times \rho \times A \\ &= 8,97 \text{ m/s} \times 1,1567 \text{ kg/m}^3 \times 0,0045 \text{ m}^2 \\ &= 0,0466 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$C_p = 1,0535312 \text{ kJ/ kg}^\circ\text{C}$$

$$\text{Suhu rata-rata masuk pengering} = 64,12^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \Delta T &= T_2 - T_1 \\ &= 64,12^\circ\text{C} - 57^\circ\text{C} = 7,12^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= \dot{m} \times C_p \times \Delta T \\ &= 0,0466 \text{ kg/s} \times 1,0535312 \text{ kJ/ kg}^\circ\text{C} \times 7,12^\circ\text{C} = 0,349 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

$$Q_2 = \text{daya blower}$$

$$Q_2 = 0,9 \text{ kJ/s}$$

$$Q_{\text{input}} = Q_1 + Q_2 = 0,350 + 0,9 = 1,25 \text{ kJ/s}$$

### Energi untuk menguapkan air (Q<sub>3</sub>)

$$\text{Berat awal} = 2,5 \text{ kg}$$

$$\text{Berat akhir} = 1,72 \text{ kg}$$

$$\text{Waktu pengeringan} = 4 \text{ Jam}$$

$$V = \frac{2,5 - 1,72}{4 \times 3600}$$

$$= 5,4 \times 10^{-5} \text{ kg/s}$$

$$\text{Hfg} = 2429,48531 \text{ kJ/kg H}_2\text{O}$$

$$Q_3 = V \times \text{Hfg}$$

$$= 5,4 \times 10^{-5} \text{ kg/s} \times 2429,48531 \text{ kJ/kg H}_2\text{O}$$

$$= 0,131 \text{ kJ/s}$$



**Energi untuk memanaskan ruangan (Q<sub>4</sub>)**

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Kecepatan blower (V)      | = 10,57 m/s  |
| ρ                         | = 1,192949 kg/m <sup>3</sup>                                     |
| Luas penampang blower (A) | = π x r <sup>2</sup>   |
|                           | = 3,14 x ( 0,0381 <sup>2</sup> ) = 0.0045 m <sup>2</sup>         |
| ṁ                         | = V x ρ x A  |
|                           | = 10,57 m/s x 1,192949 kg/m <sup>3</sup> x 0,0045 m <sup>2</sup> |
|                           | = 0,056 kg/s   |
| C <sub>p</sub>            | = 0.46 kJ/ kg°C  |
| ΔT                        | = T <sub>2</sub> -T <sub>1</sub>                                 |
|                           | = 58°C – 49°C = 9 °C   |
| Q <sub>4</sub>            | = ṁ x C x ΔT   |
|                           | = 0,056 kg/s x 1 kJ/ kg°C x 9°C                                  |
|                           | = 0,207 kJ/s   |
| Q <sub>out Total</sub>    | = Q <sub>3</sub> + Q <sub>4</sub>                                |
|                           | = 0,131 kJ/s + 0,207 kJ/s  |
|                           | = 0,338 kJ/s   |
| Effisiensi                | = $\frac{0,338}{1,25} \times 100\% = 27,2 \%$                    |

**6.10 Tabel Kinerja Mesin Pengering Biopellet Limbah Kulit Kopi**

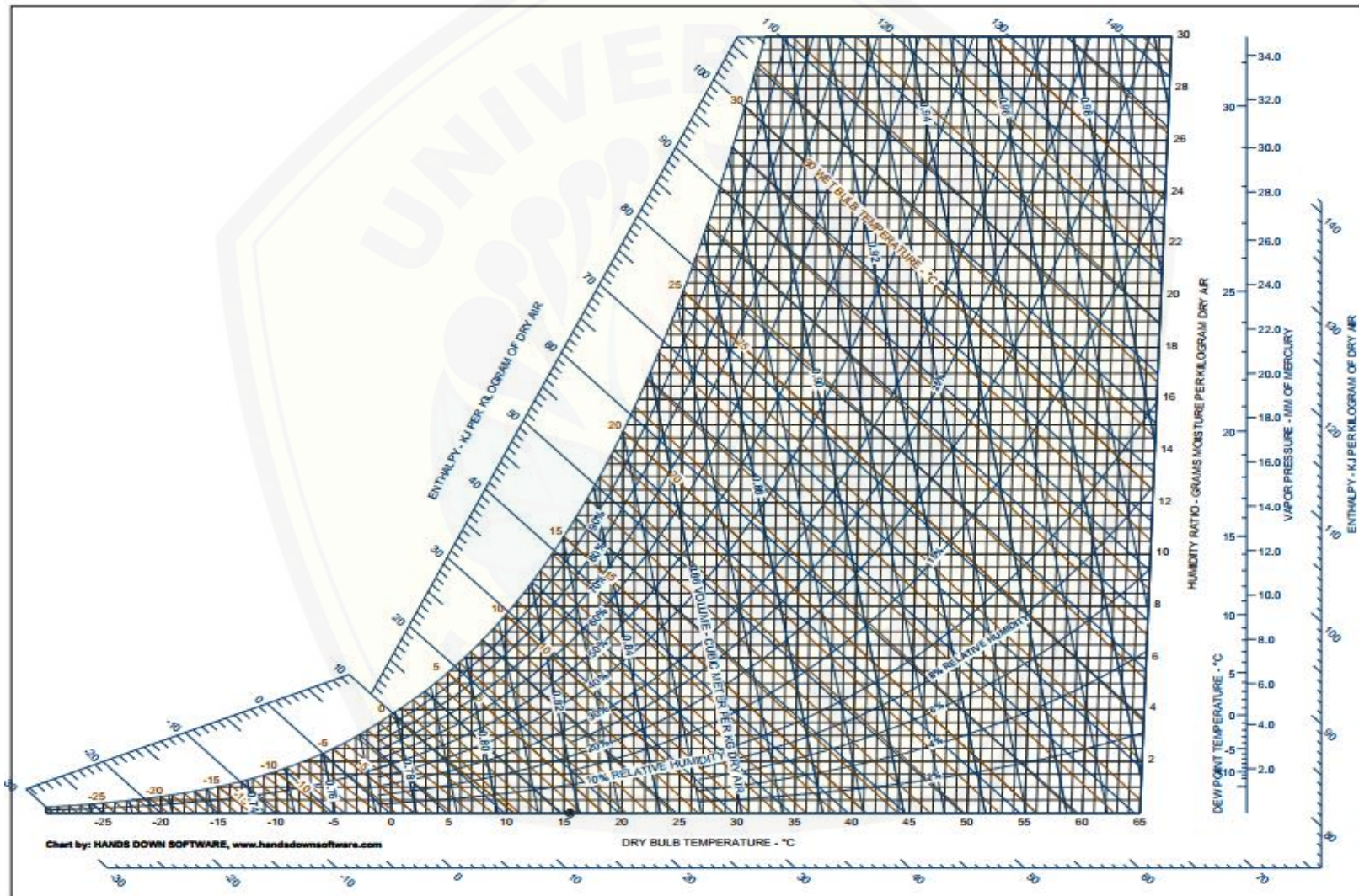
| No | Parameter   | Satuan | Jenis Komposisi Biopellet |                   |                  |
|----|---|--------|---------------------------|-------------------|------------------|
|    |   |        | Gergaji Kayu              | Kulit Ari Kedelai | Arang Sekam Padi |
| I  | 1 Berat Biopellet Limbah Kulit Kopi                     | kg     | 2,5                       | 2,5               | 2,5              |
|    | 2 Berat Biopellet Limbah Kulit Kopi setelah dikeringkan | kg     | 1,81                      | 1,83              | 1,79             |
|    | 3 Kadar air awal  | %      | 32,27                     | 34,30             | 33,04            |
|    | 4 Kadar air akhir (setelah pengeringan)                 | %      | 15,93                     | 17,24             | 15,47            |
|    | 5 Lama Pengeringan                                      | jam    | 4                         | 4                 | 4                |
|    | 6 Kecepatan udara masuk                                 | m/s    | 7,87                      | 7,87              | 7,87             |
|    | 7 Bahan Bakar (LPG)                                     | kg     | 2,5                       | 2,5               | 2,5              |
|    | 8 Laju pengeringan                                      | % jam  | 4,33                      | 4,26              | 4,39             |
|    | 9 Suhu rata-rata lingkungan                             | °C     | 30                        | 30                | 30               |
|    | 10 Suhu rata-rata atas tumpukan                         | °C     | 33                        | 33                | 33               |
|    | 11 Suhu rata-rata tengah tumpukan                       | °C     | 34,87                     | 34,87             | 34,87            |
|    | 12 Suhu rata-rata bawah tumpukan                        | °C     | 37,87                     | 37,87             | 37,87            |
|    | 13 Suhu rata-rata ruang pengering                       | °C     | 47,12                     | 47,12             | 47,12            |
|    | 14 Suhu rata-rata masuk pengering                       | °C     | 57,75                     | 57,75             | 57,75            |
|    | 15 Suhu rata-rata panas buang tungku                    | °C     | 82,21                     | 82,21             | 82,21            |
|    | 16 Suhu maksimal bak pengering                          | °C     | 53                        | 53                | 53               |
|    | 17 Efisiensi Pengeringan                                | %      | 23,48                     | 22,82             | 23,72            |

Sumber : Data Primer Diolah, 2017

| No | Parameter  | Satuan | Jenis Komposisi Biopelet |                   |            |
|----|--|--------|--------------------------|-------------------|------------|
|    |  |        | Gergaji Kayu             | Kulit Ari Kedelai | Sekam Padi |
| 1  | Berat Biopelet Limbah Kulit Kopi                     | kg     | 2.5                      | 2.5               | 2.5        |
| 2  | Berat Biopelet Limbah Kulit Kopi setelah dikeringkan | kg     | 1,74                     | 1,75              | 1,72       |
| 3  | Kadar air awal                                       | %      | 32,27                    | 34,30             | 33,04      |
| 4  | Kadar air akhir (setelah pengeringan)                | %      | 15,4                     | 16,86             | 14,96      |
| 5  | Lama Pengeringan                                     | jam    | 4                        | 4                 | 4          |
| 6  | Kecepatan blower                                     | m/s    | 8,97                     | 8,97              | 8,97       |
| 7  | Bahan Bakar (LPG)                                    | kg     | 3                        | 3                 | 3          |
| 8  | Laju pengeringan                                     | % jam  | 4,46                     | 4,36              | 4,52       |
| 9  | Suhu rata-rata lingkungan                            | °C     | 32,75                    | 32,75             | 32,75      |
| 10 | Suhu rata-rata atas tumpukan                         | °C     | 36,62                    | 36,62             | 36,62      |
| 11 | Suhu rata-rata tengah tumpukan                       | °C     | 40,37                    | 40,37             | 40,37      |
| 12 | Suhu rata-rata bawah tumpukan                        | °C     | 44,62                    | 44,62             | 44,62      |
| 13 | Suhu rata-rata ruang pengering                       | °C     | 53,75                    | 53,75             | 53,75      |
| 14 | Suhu rata-rata masuk pengering                       | °C     | 64,12                    | 64,12             | 64,12      |
| 15 | Suhu rata-rata panas buang tungku                    | °C     | 91,37                    | 91,37             | 91,37      |
| 16 | Suhu maksimal ruang pengering                        | °C     | 58                       | 58                | 58         |
| 17 | Efisiensi Pengeringan                                | %      | 26,81                    | 26,64             | 27,25      |

Sumber : Data Primer Diolah, 201

6.11 Grafik Psikometrik



## 6.12 DOKUMENTASI PENELITIAN

### KOMPONEN MESIN PENGERING BIOPELET



### PERSIAPAN BAHAN





### UJI KINERJA MESIN PENGERING BIOPELET



PENGUJIAN BIOPELET SETELAH PROSES PENGERINGAN

