



**ANALISIS PENGARUH PEMBERIAN VARIASI KADAR  
PEREKAT TAPIOKA TERHADAP KARAKTERISTIK  
BRIKET BIOARANG MAHKOTA NANAS**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana, pada  
program studi teknik pertanian.*

**SKRIPSI**

**Oleh**

**Reza Cahaya Fattahillah  
NIM 181710201058**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
JEMBER  
2023**



**ANALISIS PENGARUH PEMBERIAN VARIASI KADAR  
PEREKAT TAPIOKA TERHADAP KARAKTERISTIK  
BRIKET BIOARANG MAHKOTA NANAS**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana, pada  
program studi teknik pertanian.*

**SKRIPSI**

**Oleh**

**Reza Cahaya Fattahillah  
NIM 181710201058**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
JEMBER  
2023**

**PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua Ibu Rina Rahmawati dan Bapak Mustafa yang telah merawat, mendidik, dan mendoakan serta seluruh anggota keluarga besar atas doa dan dukungan yang selalu tercurahkan selama menyelesaikan skripsi.



**MOTTO**

“Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu, dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang – orang yang khusyu”

(QS. Al Baqarah : 45)

“Ilmu tanpa amal adalah kegilaan, dan amal tanpa ilmu adalah kesia-siaan”

(Imam Ghazali)



## PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Reza Cahaya Fattahillah

NIM : 181710201058

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *Analisis Pengaruh Pemberian Variasi Kadar Perekat Tapioka terhadap Karakteristik Briket Bioarang Mahkota Nanas* adalah benar – benar hasil karya saya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 4 Juli 2023

Yang menyatakan,

Reza Cahaya Fattahillah  
NIM 181710201058

## HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul *Analisis Pengaruh Pemberian Variasi Kadar Perekat Tapioka Terhadap Karakteristik Briket Bioarang Mahkota Nanas* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 4 Juli 2023

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Pembimbing Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama : Dr. Dedy Wirawan Soedibyo, S.TP., M.Si (.....)

NIP : 197407071999031001

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Dr. Elida Novita, S.TP., M.T. (.....)

NIP : 197311301999032001

2. Penguji Anggota 1

Nama : Prof. Dr. Ir. Soni Sisbudi Harsono, M.Eng., M.Phil (.....)

NIP : 196412311989021040

**ABSTRACT**

*As energy sources increase, fossil energy sources decrease, causing the need for energy sources other than fossils. In Indonesia, one of the non-fossil alternative energy sources that is more environmentally friendly is renewable energy (renewable energy), which is abundantly available in the form of agricultural and plantation waste. The use of biomass has been widely used to develop renewable energy. One of the processing of biomass can be used as fuel with a high combustion value such as charcoal briquettes. There are many potential biomass raw materials as materials for making charcoal briquettes, one of which is waste from pineapple fruit. One of the wastes that is often seen in pineapple stalls is the pineapple crown. In the study of making pineapple crown bioarang briquettes, there was a variation of the addition of tapioca adhesive. There were 3 adhesive treatments added, namely 5%, 10% and 15%. The analysis of this study used a one-way ANOVA test to determine the effect of adding tapioca adhesive variations. In the follow-up test using the Tukey test to find out the mean pair of treatments that are significantly different. The results of the analysis carried out in this study showed a significant effect on the values of moisture content, ash content, combustion rate, combustion temperature and firmness. The composition of the best bioarang briquettes in this study was based on the three treatments of adding tapioca flour, namely the lowest water content in treatment A of 3.32%, the lowest ash content in treatment A of 8.49%, the highest calorific value in treatment C of 5468.59 cal /g, the highest burning rate was in treatment C of 0.24 g/minute, the highest burning temperature in treatment C was 189.61 °C and the highest firmness was in treatment C of 8.82 kg/cm<sup>2</sup>.*

*Keywords: Biocharcoal Briquettes, Biomass, Pineapple Crown*



## RINGKASAN

Kebutuhan manusia akan sumber energi dari tahun ke tahun semakin meningkat. Semakin meningkatnya sumber energi maka sumber energi fosil semakin berkurang menyebabkan perlunya sumber energi selain fosil. Di Indonesia salah satu sumber energi alternatif non fosil yang lebih ramah lingkungan antara lain adalah energi terbarukan (*renewable energy*), yang tersedia berlimpah dalam bentuk limbah pertanian dan perkebunan. Pemanfaatan limbah pertanian lebih lanjut akan mengurangi penumpukan limbah dan mengurangi pencemaran lingkungan. Pemanfaatan biomassa telah banyak dilakukan untuk mengembangkan energi terbarukan. Salah satu pengolahan biomassa dapat dijadikan bahan bakar dengan nilai pembakaran tinggi seperti briket arang. Terdapat banyak bahan baku biomassa yang berpotensi sebagai bahan pembuatan briket arang salah satunya adalah limbah dari buah nanas. Salah satu limbah yang sering terlihat pada kios penjual buah nanas adalah mahkota nanas. Akibatnya terjadi penumpukan limbah mahkota nanas yang selama ini hanya menjadi limbah tanpa ada pemanfaatannya. Solusi pemanfaatannya adalah dengan menggunakan mahkota nanas menjadi briket bioarang karena ramah lingkungan dan memiliki nilai kalor tinggi sebagai bahan bakar alternatif. Pada penelitian bertujuan untuk mengetahui karakteristik pembakaran dan komposisi terbaik (kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran, suhu pembakaran dan keteguhan) pada pembuatan briket bioarang dengan penambahan perekat tapioka. Hal ini diharapkan dapat menghasilkan briket bioarang yang berkualitas dan memberikan banyak manfaat.

Variabel pada penelitian pembuatan briket bioarang mahkota nanas yaitu variasi penambahan perekat tapioka. Terdapat 3 perlakuan perekat yang ditambahkan yaitu 5%, 10% dan 15%. Analisis penelitian ini menggunakan Uji Anova satu arah untuk mengetahui pengaruh pemberian variasi penambahan perekat tapioka. Pada uji lanjutan menggunakan Uji Tukey untuk mengetahui pasangan rata – rata perlakuan yang berbeda nyata.

Hasil analisis yang dilakukan pada penelitian ini memperlihatkan pengaruh nyata terhadap nilai kadar air, kadar abu, laju pembakaran, suhu pembakaran dan keteguhan. Komposisi briket bioarang terbaik pada penelitian ini berdasarkan dari tiga perlakuan penambahan tepung tapioka yaitu kadar air terendah pada perlakuan A sebesar 3,32%, kadar abu terendah pada perlakuan A sebesar 8,49%, nilai kalor tertinggi pada perlakuan C sebesar 5468,59 kal/g, laju pembakaran tertinggi pada perlakuan C sebesar 0,24 g/menit, suhu pembakaran tertinggi pada perlakuan C sebesar 189,61 °C dan keteguhan tertinggi pada perlakuan C sebesar 8,82 kg/cm<sup>2</sup>.



## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah S.W.T yang telah memberikan petunjuk dan hidayah - Nya sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Analisis Pengaruh Pemberian Variasi Kadar Perekat Tapioka terhadap Karakteristik Briket Bioarang Mahkota Nanas”. 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 tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, disampaikan ucapan terima kasih kepada pihak - pihak sebagai berikut :

1. Orang tua, Ibu Rina Rahmawati dan Bapak Mustafa yang telah merawat, mendidik, mendoakan dan memberikan dukungan;
2. Adik, Syah Ramzi Daruquthni dan Raihan Kamal Mustafa yang senantiasa memberikan doa dan dukungan;
3. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si.. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluang waktu dan memberikan bimbingan, arahan, dan nasihat dalam penulisan skripsi;
4. Dr. Elida Novita, S.TP., M.T., selaku Dosen Penguji Utama dan Prof. Dr. Ir. Soni Sisbudi Harsono., M.Eng., M.Phil., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah membimbing dan memberikan arahan selama penyusunan naskah skripsi.
5. Dr. Elida Novita, S.TP., M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik yang memberikan bimbingan, arahan, nasihat serta memberikan semangat dalam penulisan skripsi selama menjadi mahasiswa.
6. Rufiani Nadzirah, S.TP., M.Sc selaku Ketua Komisi Bimbingan yang memberikan arahan, bimbingan serta nasihat selama menempuh skripsi.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Pertanian dan pengampu mata kuliah yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman dengan rasa tulus dan ikhlas.
8. Seluruh Staff Jurusan Teknik Pertanian yang senantiasa membantu dalam pengurusan administrasi akademik.

9. Keluarga dan saudara yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, saran dan doa dalam penyusunan skripsi.
10. Dwi Handayani Retno Putri yang senantiasa memberikan semangat, dukungan dan doa dengan rasa tulus, sabar dan ikhlas selama penyusunan skripsi.
11. Seluruh teman-teman dan sahabat KWN 38, TEP 2018 dan Akademi Eko yang telah menemani, memberikan tenaga, pikiran, kritik dan saran dalam penyusunan skripsi.
12. Kiky selaku rekan penelitian yang telah membantu memberikan pikiran dan tenaga selama penelitian.
13. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan selama penyusunan skripsi dan menimba ilmu di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Doa disertakan kepada seluruh pihak semoga senantiasa mendapatkan rahmat dan keberkahan dari Allah S.W.T atas kebaikan yang telah diberikan tanpa pamrih. Perlu disadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan serta penyusunan skripsi. Meskipun demikian, penyusunan skripsi sudah dilakukan dengan semaksimal mungkin agar naskah skripsi dapat diterima dan mudah dimengerti. Harapan untuk kedepannya, semoga skripsi ini memberikan banyak manfaat kepada banyak pihak dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Jember, 4 Juli 2023

Penulis

**DAFTAR ISI**

|  |             |
|--|-------------|
| <b>PERSEMBAHAN .....</b>               | <b>ii</b>   |
| <b>MOTTO .....</b>                     | <b>iii</b>  |
| <b>PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>   | <b>iv</b>   |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>       | <b>v</b>    |
| <b>ABSTRACT .....</b>                  | <b>vi</b>   |
| <b>RINGKASAN .....</b>                 | <b>vii</b>  |
| <b>PRAKATA.....</b>                    | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                 | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>              | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>              | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>            | <b>xiv</b>  |
| <b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>        | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang.....                | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah .....              | 3           |
| 1.3 Batasan Masalah.....               | 3           |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....             | 3           |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....            | 4           |
| <b>BAB 2. TINJAUAN TEORI.....</b>      | <b>5</b>    |
| 2.1 Biomassa.....                      | 5           |
| 2.2 Briket dan Bioarang.....           | 5           |
| 2.3 Mahkota Nanas .....                | 7           |
| 2.4 Perekat Tapioka .....              | 8           |
| 2.5 Teori Pembakaran.....              | 9           |
| 2.6 Karbonisasi .....                  | 12          |
| 2.7 Densifikasi .....                  | 13          |
| 2.8 Karakteristik Briket Bioarang..... | 14          |
| 2.8.1 Kadar Air.....                   | 14          |
| 2.8.2 Kadar Abu .....                  | 14          |
| 2.8.3 Nilai Kalor.....                 | 14          |
| 2.8.4 Laju Pembakaran.....             | 14          |
| 2.8.5 Suhu Pembakaran.....             | 15          |
| 2.8.6 Keteguhan.....                   | 15          |

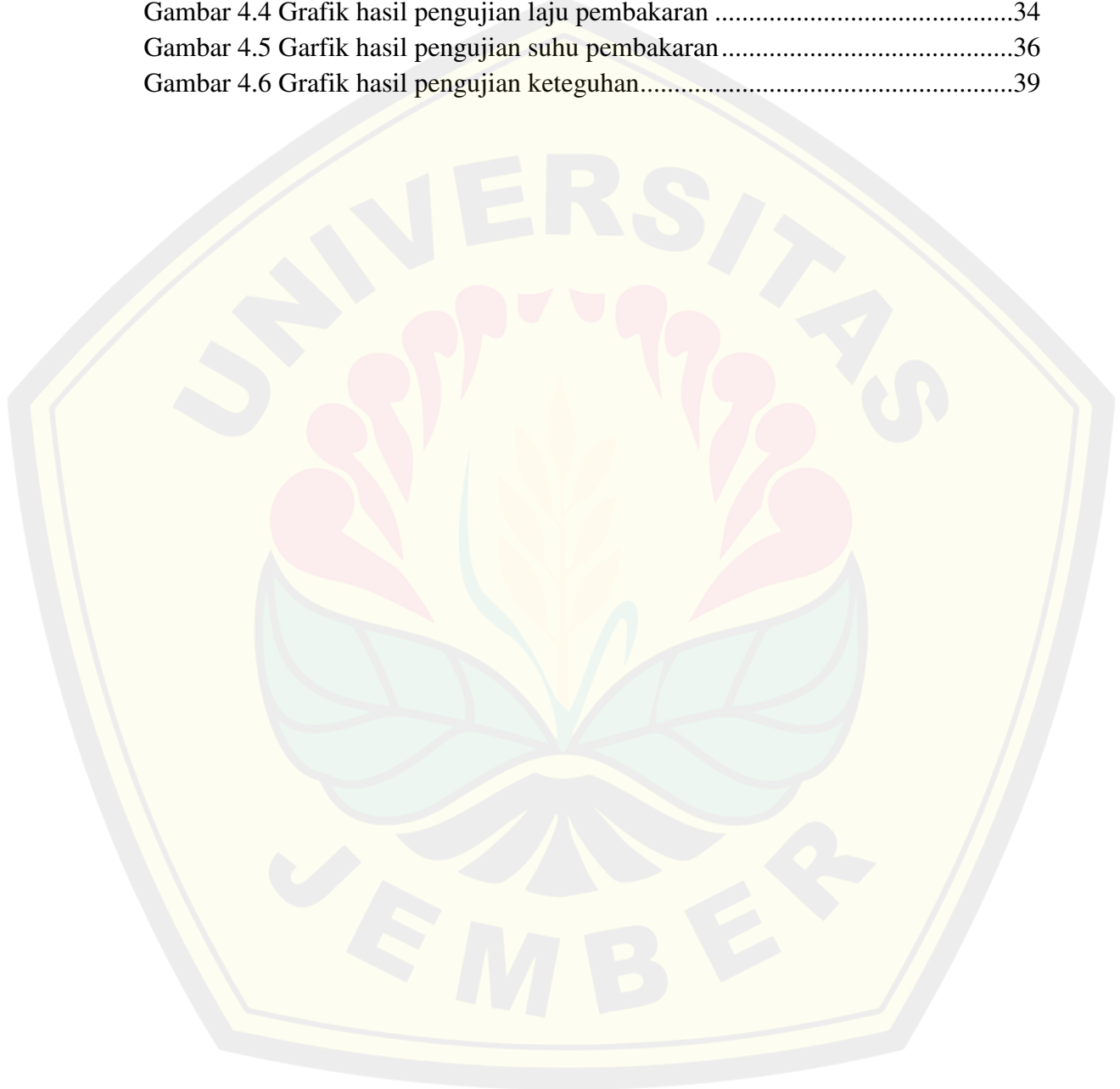
|  |           |
|--|-----------|
| <b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>               | <b>16</b> |
| 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....                   | 16        |
| 3.2 Populasi dan Sampel Penelitian.....                | 16        |
| 3.3 Prosedur Penelitian.....                           | 17        |
| 3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan .....                   | 18        |
| 3.3.2 Pemotongan Bahan.....                            | 18        |
| 3.3.3 Pengeringan Bahan.....                           | 18        |
| 3.3.4 Karbonisasi Bahan.....                           | 18        |
| 3.3.5 Pengecilan dan Pengayakan .....                  | 19        |
| 3.3.6 Pengukuran Berat Arang dan Perekat .....         | 19        |
| 3.3.7 Pembuatan Bahan Perekat .....                    | 19        |
| 3.3.8 Pencampuran Arang dan Bahan Perekat .....        | 20        |
| 3.3.9 Densifikasi dan Pencetakan Briket Bioarang ..... | 20        |
| 3.3.10 Pengeringan Briket Bioarang .....               | 20        |
| 3.3.11 Pengujian dan Pengambilan Data.....             | 21        |
| 3.3.12 Analisis Data .....                             | 22        |
| 3.3.13 Penentuan Komposisi Terbaik.....                | 24        |
| 3.4 Alat dan Bahan Penelitian .....                    | 24        |
| <b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                | <b>26</b> |
| 4.1 Analisis Kadar Air .....                           | 26        |
| 4.2 Analisis Kadar Abu .....                           | 28        |
| 4.3 Analisis Nilai Kalor.....                          | 31        |
| 4.4 Analisis Laju Pembakaran.....                      | 33        |
| 4.5 Analisis Suhu Pembakaran.....                      | 35        |
| 4.6 Analisis Keteguhan.....                            | 38        |
| 4.7 Komposisi Briket Biorang Terbaik .....             | 40        |
| <b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>                | <b>42</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....                                    | 42        |
| 5.2 Saran .....  | 42        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                            | <b>43</b> |
| <b>LAMPIRAN-LAMPIRAN .....</b>                         | <b>46</b> |

**DAFTAR TABEL**

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Standar mutu SNI briket .....                                  | 6  |
| Tabel 2.2 Komposisi kimia serat daun nanas.....                          | 7  |
| Tabel 3.1 Komposisi perbandingan bahan baku briket.....                  | 20 |
| Tabel 4.1 Data hasil uji kadar air .....                                 | 26 |
| Tabel 4.2 Analisis kadar air menggunakan Uji Anova satu arah.....        | 28 |
| Tabel 4.3 Analisis kadar air menggunakan Uji Tukey.....                  | 28 |
| Tabel 4.4 Data hasil uji kadar abu.....                                  | 29 |
| Tabel 4.5 Analisis kadar abu menggunakan Uji Anova satu arah .....       | 30 |
| Tabel 4.6 Analisis kadar abu menggunakan Uji Tukey .....                 | 31 |
| Tabel 4.7 Data hasil uji nilai kalor.....                                | 31 |
| Tabel 4.8 Data hasil pengujian laju pembakaran .....                     | 33 |
| Tabel 4.9 Analisis laju pembakaran menggunakan Uji Anova satu arah ..... | 34 |
| Tabel 4.10 Analisis laju pembakaran menggunakan Uji Tukey .....          | 35 |
| Tabel 4.11 Data hasil uji suhu pembakaran .....                          | 36 |
| Tabel 4.12 Analisis suhu pembakaran menggunakan Uji Anova satu arah..... | 37 |
| Tabel 4.13 Analisis suhu pembakaran menggunakan Uji Tukey.....           | 37 |
| Tabel 4.14 Data hasil uji keteguhan.....                                 | 38 |
| Tabel 4.15 Analisis keteguhan menggunakan Uji Anova satu arah .....      | 39 |
| Tabel 4.16 Analisis keteguhan menggunakan Uji Tukey .....                | 40 |
| Tabel 4.17 Hasil uji <i>scoring</i> .....                                | 41 |

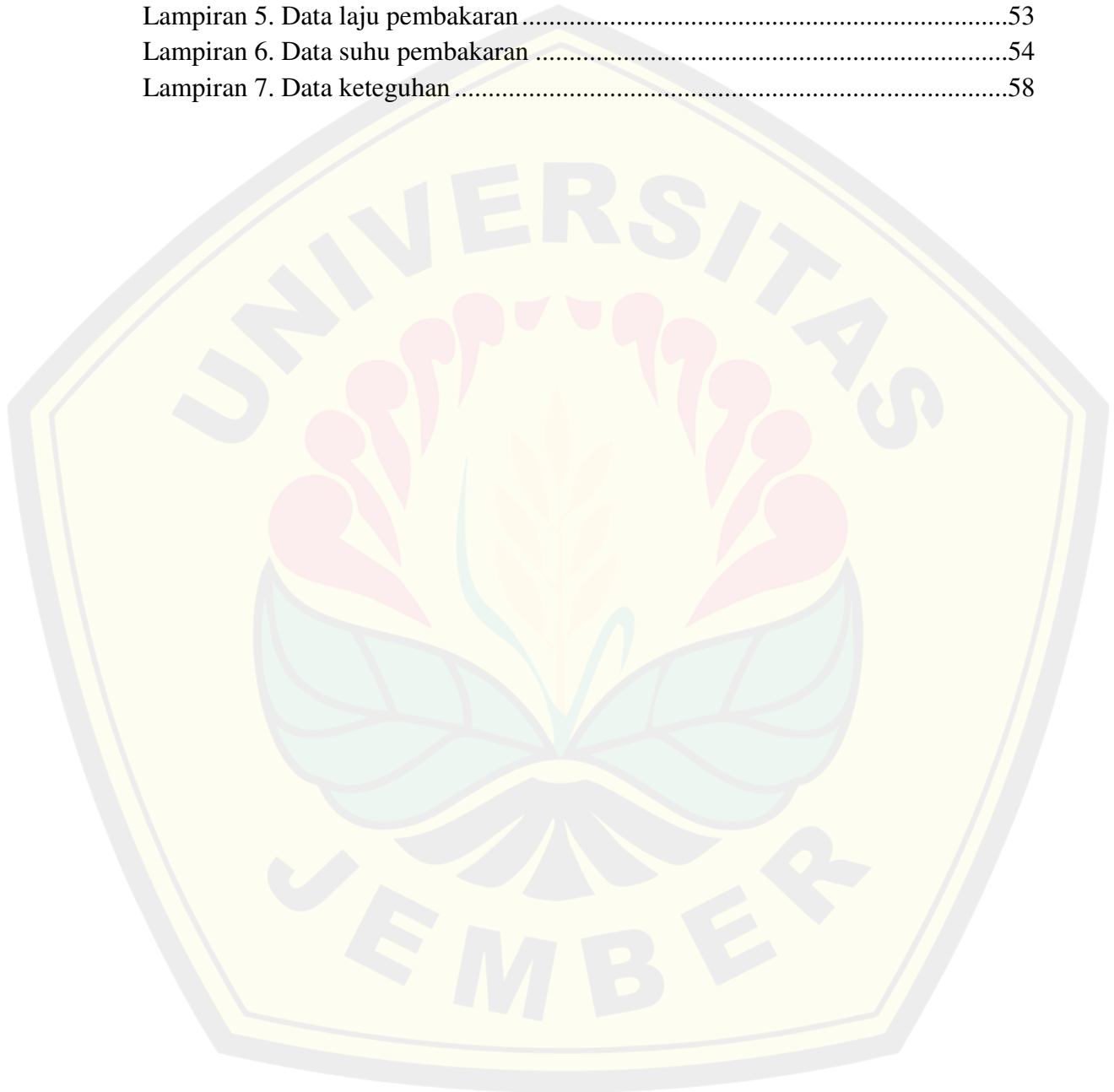
**DAFTAR GAMBAR**

|  |    |
|--|----|
| Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....                | 17 |
| Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian kadar air.....       | 27 |
| Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian kadar abu.....       | 29 |
| Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian nilai kalor.....     | 32 |
| Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian laju pembakaran..... | 34 |
| Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian suhu pembakaran..... | 36 |
| Gambar 4.6 Grafik hasil pengujian keteguhan.....       | 39 |



**DAFTAR LAMPIRAN**

|  |    |
|--|----|
| Lampiran 1. Dokumentasi penelitian ..... | 46 |
| Lampiran 2. Data kadar air .....         | 50 |
| Lampiran 3. Data kadar abu .....         | 51 |
| Lampiran 4. Data nilai kalor .....       | 52 |
| Lampiran 5. Data laju pembakaran .....   | 53 |
| Lampiran 6. Data suhu pembakaran .....   | 54 |
| Lampiran 7. Data keteguhan .....         | 58 |





## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia akan sumber energi dari tahun ke tahun semakin meningkat. Semakin meningkatnya sumber energi maka sumber energi fosil semakin berkurang menyebabkan perlunya sumber energi selain fosil. Di Indonesia salah satu sumber energi alternatif non fosil yang lebih ramah lingkungan antara lain adalah energi terbarukan (*renewable energy*), yang tersedia berlimpah dalam bentuk limbah pertanian dan perkebunan (Thoah dan Fajrin, 2010). Limbah pertanian yang merupakan biomassa tersebut dapat menjadi sumber energi alternatif yang lebih luas penggunaannya. Menurut Arifah (2017), penggunaan biomassa dapat menjadi bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil karena memiliki sifat yang dapat diperbaharui dan dapat dimanfaatkan secara lestari.

Kurangnya pengetahuan masyarakat akan biomassa membuat banyak sisa hasil limbah pertanian menjadi tidak dimanfaatkan dan akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Pemanfaatan limbah pertanian lebih lanjut akan mengurangi penumpukan limbah dan mengurangi pencemaran lingkungan. Pemanfaatan biomassa telah banyak dilakukan untuk mengembangkan energi terbarukan. Salah satu pengolahan biomassa dapat dijadikan bahan bakar dengan nilai pembakaran tinggi seperti briket arang. Briket arang merupakan bentuk energi terbarukan dari biomassa yang berasal dari tumbuhan atau tanaman yang banyak tersedia di lingkungan. Menurut Brades dan Tobing (2008) didalam Arni *et al.* (2014), briket arang merupakan salah satu jenis bahan bakar yang dibuat dari aneka macam bahan hayati atau biomassa, misalnya kayu, ranting, daun-daunan, rumput, jerami, kertas, maupun limbah pertanian lainnya yang dapat dikarbonisasi.

Terdapat banyak bahan baku biomassa yang berpotensi sebagai bahan pembuatan briket arang salah satunya adalah limbah dari buah nanas. Menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember (2021), jumlah produksi nanas tahun 2020 mencapai 2.725 ton. Keberadaan buah nanas yang mencapai 2.725 ton

memiliki limbah yang banyak. Menurut Kusuma *et al.* (2019), limbah buah nanas terdiri dari kulit, mahkota buah dan tonggol (bonggol nanas) dapat mencapai 27 % dari total produksi buah nanas. Salah satu limbah yang sering terlihat pada kios penjual buah nanas adalah mahkota nanas. Akibatnya terjadi penumpukan limbah mahkota nanas yang selama ini hanya menjadi limbah tanpa ada pemanfaatannya. Solusi pemanfaatannya adalah dengan menggunakan mahkota nanas menjadi briket bioarang karena ramah lingkungan dan memiliki nilai kalor tinggi sebagai bahan bakar alternatif.

Bahan utama yang harus terdapat di dalam bahan baku adalah selulosa. Semakin tinggi kandungan selulosa semakin baik kualitas briket. Menurut Hidayat (2008), menyebutkan bahwa serat daun nanas mengandung 69,5%-71,5% selulosa. Menurut Addina dan Lazulva (2019), briket bioarang dengan bahan mahkota nanas yang sudah dijadikan arang melalui proses pengarangan dengan campuran perekat menghasilkan nilai kalor sebesar 5.582,7 kal/g. Nilai kalor tersebut menunjukkan bahwa briket bioarang mampu menghasilkan energi panas yang dapat digunakan untuk bahan bakar alternatif. Proses pembuatan briket bioarang perlu adanya tambahan perekat untuk lebih kuat antar partikel sehingga briket arang menjadi tidak mudah rapuh dan tahan tekanan. Dengan menggunakan tambahan perekat tepung tapioka, digunakan perekat tapioka tersebut karena memiliki harga ekonomis dan tidak beracun dibanding dengan perekat lainnya. Penentuan komposisi mahkota nanas dan perekat tapioka yang tepat akan menghasilkan briket arang dengan nilai kalor yang tinggi. Menurut Lestari *et al.* (2010), keberadaan perekat dalam briket bioarang baik jumlah maupun jenisnya dapat mempengaruhi mutu briket bioarang yang dihasilkan.

Oleh karena itu, perlu adanya penelitian untuk memanfaatkan mahkota nanas yang diolah menjadi bahan bakar padat yang digunakan sebagai pengganti bahan bakar alternatif atau briket bioarang. Penelitian ini diharapkan dapat berpengaruh untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Hasil akhir penelitian ini adalah menentukan karakteristik briket bioarang dengan komposisi mahkota nanas dan campuran perekat tapioka sebagai bahan bakar alternatif yang berkualitas.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik briket bioarang (kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran, suhu pembakaran dan keteguhan) mahkota nanas dengan penambahan variasi dosis perekat tapioka ?
2. Pencampuran komposisi manakah yang dapat menghasilkan briket bioarang mahkota nanas terbaik ?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan utama pembuatan briket bioarang adalah mahkota nanas.
2. Bahan perekat yang digunakan adalah tapioka.
3. Variasi dosis perekat tapioka adalah 5%, 10% dan 15% pada massa bahan baku.
4. Pengujian karakteristik yang dilakukan meliputi pengamatan kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran, suhu pembakaran dan keteguhan.
5. Analisis data yang digunakan pada pembuatan briket bioarang mahkota nanas adalah *analysis of varians (Anova)* satu arah.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menguji karakteristik briket bioarang (kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran, suhu pembakaran dan keteguhan) mahkota nanas dengan penambahan variasi dosis perekat tapioka.
2. Menentukan campuran komposisi terbaik briket bioarang mahkota nanas sebagai bahan bakar alternatif.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi IPTEK dapat memberikan informasi mengenai karakteristik briket bioarang dan menjadi acuan dalam penelitian selanjutnya.
2. Bagi pemerintah yaitu briket bioarang dapat menjadi salah satu energi alternatif untuk pemenuhan bahan bakar nasional sebagai pengganti bahan bakar fosil.
3. Bagi masyarakat dapat memberikan wawasan terkait pemanfaatan limbah pertanian yang dapat dimanfaatkan menjadi briket bioarang sebagai bahan bakar alternatif.



## BAB 2. TINJAUAN TEORI

### 2.1 Biomassa

Biomassa merupakan sumber energi yang berasal dari tumbuhan atau kegiatan pertanian, perkebunan, dan hutan. Adapun bagian pada tumbuhan yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan biomassa yaitu bagian-bagian seperti daun, biji, bunga, ranting, batang, dan akar. Komponen utama dari biomassa adalah karbohidrat (75%) dan lignin (25%) dimana komposisi tersebut dapat berbeda - berbeda tergantung dari jenis tumbuhannya. Penggunaan biomassa sebagai sumber bahan bakar memiliki keuntungan yaitu keberlanjutan penggunaannya dalam jangka waktu yang tidak terbatas karena bahan dasarnya bersumber dari bahan-bahan energi terbarukan, dimana diperkirakan 140 juta ton biomassa yang digunakan setiap tahunnya (Thoha dan Fajrin, 2010).

Menurut Arifah (2017), penggunaan biomassa dapat menjadi bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil karena beberapa sifatnya yang menguntungkan yaitu, dapat dimanfaatkan secara lestari karena sifatnya yang dapat diperbaharui (*renewable resources*), relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara dan juga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya hutan dan pertanian. Arni *et al.* (2014) menambahkan, salah satu teknologi yang memungkinkan dapat merubah biomassa menjadi lebih praktis dan ekonomis yaitu briket. Teknologi ini memungkinkan untuk meningkatkan karakteristik bahan bakar biomassa.

### 2.2 Briket dan Bioarang

Briket adalah bahan bakar padat sebagai sumber energi alternatif pengganti bahan bakar minyak yang melalui proses karbonasi. Briket adalah arang dengan bentuk tertentu yang dibuat dengan teknik pengepresan tertentu dan menggunakan bahan perekat tertentu sebagai bahan pengeras. Bahan-bahan utama pembuat briket umumnya mempunyai ukuran partikel kecil berbentuk serbuk, sebagai contoh serbuk batubara muda, serbuk gergaji, sekam, limbah pertanian, limbah kehutanan, ampas atau arang, dan sebagainya (Rifdah *et al.*, 2017). Arni *et*

*al.* (2014) menambahkan, kualitas briket sebagai bahan bakar yang meliputi sifat fisik dan kimia termasuk nilai kalor yang dihasilkan dapat diatur melalui karakteristik briket meliputi kepadatan, ukuran briket, kuat mampat, dan kandungan air. Sehingga briket adalah bahan bakar padat yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif yang mempunyai bentuk tertentu.

Bioarang merupakan arang (salah satu jenis bahan bakar) yang dibuat dari aneka macam bahan hayati atau biomassa, misalnya kayu, ranting, daun-daunan, rumput, jerami, kertas maupun limbah pertanian lainnya yang dapat dikarbonisasi. Bioarang ini dapat diolah menjadi briket bioarang. Briket bioarang adalah arang yang diolah dengan sistem pengepresan dan menggunakan bahan perekat, sehingga berbentuk briket yang dapat digunakan untuk keperluan sehari - hari (Arni *et al.*, 2014).

Menurut Saleh *et al.* (2017), briket yang memiliki kualitas baik adalah briket yang memiliki kadar air, kadar abu, kadar zat terbang yang rendah, tetapi memiliki kerapatan, nilai kalor dan suhu api atau bara yang dihasilkan tinggi. Jamilatun (2008), menambahkan briket yang berkualitas mempunyai ciri antara lain tekstur halus, tidak mudah pecah, keras, aman bagi manusia dan lingkungan, dan memiliki sifat-sifat penyalaan yang baik. Sifat penyalaan ini diantaranya mudah menyala, waktu nyala cukup lama, tidak menimbulkan jelaga, asap sedikit dan cepat hilang serta nilai kalor yang cukup tinggi. Briket telah memiliki standar yaitu SNI (Standar Nasional Indonesia) No. SNI 01-6235-2000 dengan rincian syarat yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Standar mutu SNI briket

| Parameter             | Standart SNI |
|-----------------------|--------------|
| Kadar air (%)         | $\leq 8$     |
| Kadar Abu (%)         | $\leq 8$     |
| Kadar Karbon (%)      | $\geq 77$    |
| Nilai Kalor (kal/g)   | $\geq 5000$  |
| Kadar zat menguap (%) | $\leq 15$    |

Sumber : Iskandar *et al.* (2019)

Pemilihan proses pembriketan harus mengacu pada segmen pasar agar dicapai dengan memperlihatkan nilai ekonomis, teknis dan lingkungan yang



optimal. Pembriketan bertujuan untuk memperoleh suatu bahan bakar yang berkualitas yang dapat digunakan untuk sebagai sumber energi pengganti pada semua sektor (Setiawan *et al.*, 2012). Sinurat (2011) menambahkan, keuntungan yang diperoleh dari penggunaan briket antara lain biayanya murah dengan alat yang sederhana dan bahan baku yang berasal dari limbah pertanian. Proses pembriketan dilakukan dengan cara penggerusan, pencampuran bahan baku, pencetakan, pengeringan pada kondisi tertentu dan pengepakan sehingga diperoleh briket yang mempunyai bentuk, ukuran fisik dan sifat kimia tertentu.

### 2.3 Mahkota Nanas

Limbah buah nanas terdiri dari kulit, mahkota buah dan tonggol (bonggol nanas) dapat mencapai 27 % dari total produksi buah nanas (Kusuma *et al.*, 2019). Buah nanas berbentuk silinder dihiasi oleh suatu roset daun – daun yang pendek, tersusun spirial yang disebut mahkota nanas. Mahkota nanas memiliki tinggi 10,5 – 30 cm, jumlah helaian daun mahkota nanas yang dijumpai berkisar antara 60 – 93, dengan bobot mahkota 1,4 – 4,5 g (Joni *et al.*, 2019).

Bahan utama yang harus terdapat di dalam bahan baku adalah selulosa. Semakin tinggi kandungan selulosa semakin baik kualitas briket. Menurut Hidayat (2008), menyebutkan bahwa serat daun nanas mengandung 69,5%-71,5% selulosa. Berikut merupakan hasil analisis komposisi kimia serat daun nanas pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi kimia serat daun nanas

| Komposisi Kimia                            | Serat Nanas (%) | Serat Kapas (%) | Serat Rami (%) |
|--|-----------------|-----------------|----------------|
| Alpha Selulosa                             | 69,5 – 71,5     | 94              | 72 – 92        |
| Pentosan                                   | 17,0 – 17,8     | -               | -              |
| Lignin                                     | 4,4 – 4,7       | -               | 0 – 1          |
| Pektin                                     | 1,0 – 1,2       | 0,9             | 3 – 27         |
| Lema dan Wax                               | 3,0 – 3,3       | 0,6             | 0,2            |
| Abu  | 0,71 – 0,87     | 1,2             | 2,87           |
| Zat-zat lain (protein, asam organic, dll.) | 4,5 – 5,3       | 1,3             | 6,2            |

Sumber : Hidayat (2008)



Kandungan selulosa dapat mempengaruhi besarnya kadar karbon terikat dalam briket. Semakin besar kandungan selulosa menyebabkan kadar karbon terikat semakin besar, hal ini dikarenakan komponen penyusun selulosa adalah karbon. Semakin besar kandungan kadar karbon terikat pada bahan baku, mengakibatkan semakin tinggi nilai kalornya (Satmoko *et al.*, 2013). Menurut Addina dan Lazulva (2019), briket bioarang dengan bahan mahkota nanas yang sudah dijadikan arang melalui proses pengarangan dengan campuran perekat menghasilkan nilai kalor sebesar 5.582,7 kal/g. Nilai kalor tersebut menunjukkan bahwa briket mampu menghasilkan energi panas yang dapat digunakan untuk bahan bakar alternatif.

#### 2.4 Perekat Tapioka

Perekat adalah suatu zat atau bahan yang memiliki kemampuan untuk mengikat dua benda melalui ikatan permukaan (Rifdah *et al.*, 2017). Menurut Thoha dan Fajrin (2010), berdasarkan fungsinya bahan perekat didefinisikan sebagai media untuk merekatkan partikel-partikel zat dalam bahan baku pada proses pembuatan briket maka diperlukan zat pengikat sehingga dihasilkan briket yang kompak. Berdasarkan fungsi dari pengikat dan kualitasnya, pemilihan bahan pengikat dapat dibagi sebagai berikut :

1. Berdasarkan sifat / bahan baku perekatan briket.

Karakteristik bahan baku perekatan untuk pembuatan briket adalah sebagai berikut:

- a. Memiliki gaya kohesi yang baik bila dicampur dengan semikokas atau batu bara.
- b. Mudah terbakar dan tidak berasap.
- c. Mudah didapat dalam jumlah banyak dan murah harganya.
- d. Tidak mengeluarkan bau, tidak beracun dan tidak berbahaya.

2. Berdasarkan jenis.

Jenis bahan baku yang umum dipakai sebagai pengikat untuk pembuatan briket adalah sebagai berikut :

a. Pengikat anorganik

Pengikat anorganik dapat menjaga ketahanan briket selama proses pembakaran sehingga dasar permeabilitas bahan bakar tidak terganggu. Pengikat anorganik ini mempunyai kelemahan yaitu adanya tambahan abu yang berasal dari bahan pengikat sehingga dapat menghambat pembakaran dan menurunkan nilai kalor. Contoh dari pengikat anorganik antara lain semen, lempung, natrium silikat.

b. Pengikat organik

Pengikat organik menghasilkan abu yang relatif sedikit setelah pembakaran briket dan umumnya merupakan bahan perekat yang efektif. Contoh dari pengikat organik diantaranya kanji, tar, aspal, amilum, molase dan paraffin.

Jenis perekat yang digunakan dalam pembuatan briket arang berpengaruh terhadap kerapatan, keteguhan tekan, nilai kalor bakar, kadar air dan kadar abu. Perekat pati (tapioka) menghasilkan briket dengan kerapatan dan kadar abu lebih tinggi daripada perekat molase, tetapi menghasilkan keteguhan tekan dan nilai kalor bakar lebih rendah (Wijaya, 2012).

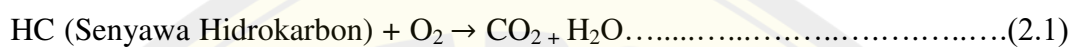
Menurut Utomo dan Primastuti (2013), nilai kalor pada tepung tapioka yakni sebesar 3332,65 kal/g. Pengaruh ukuran partikel bahan perekat pada briket yaitu semakin kecil ukuran partikel dari bahan perekat menghasilkan nilai kalor yang relatif semakin rendah. Hal tersebut disebabkan karena semakin kecil ukuran partikel maka akan membuat kerapatan pada briket meningkat, sehingga air yang berada di dalam briket akan terjebak dan sulit untuk keluar. Air yang terjebak di dalam briket tersebut merupakan kadar air yang menyebabkan menurunnya nilai kalor pada briket.

## 2.5 Teori Pembakaran

Pembakaran adalah oksidasi bahan bakar secara cepat yang disertai dengan produksi panas atau panas dan cahaya. Pelepasan panas dan cahaya ini ditandai dengan terbentuknya api. Pembakaran yang sempurna terjadi hanya jika terdapat pasokan oksigen yang cukup dan biasanya pembakaran dilakukan dengan

udara berlebih untuk menjamin pembakaran yang sempurna. Proses pembakaran juga dapat diartikan sebagai reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen dari udara (Triwibowo, 2013).

Proses pembakaran terdiri dari dua jenis yaitu pembakaran sempurna (*complete combustion*) dan pembakaran tidak sempurna (*incomplete combustion*). Pembakaran sempurna terjadi apabila seluruh unsur C yang bereaksi dengan oksigen hanya akan menghasilkan CO<sub>2</sub>, seluruh unsur H menghasilkan H<sub>2</sub>O, persamaan umum untuk reaksi pembakaran sempurna yaitu sebagai berikut :



Sedangkan pembakaran tak sempurna terjadi apabila seluruh unsur C yang dikandung dalam bahan bakar bereaksi dengan oksigen dan gas yang dihasilkan tidak seluruhnya CO<sub>2</sub>. Keberadaan CO pada hasil pembakaran menunjukkan bahwa pembakaran berlangsung secara tidak lengkap (Nasution, 2022).

Menurut Saputro *et al.* (2013), secara teoritis proses pembakaran bahan bakar padat dibagi menjadi tiga tahapan yaitu pengeringan, devolatilisasi dan *char burning*.

#### 1. Pengeringan

Partikel bahan bakar padat masuk dalam ruang bakar dalam temperatur rendah, partikel bahan bakar mengalami proses pemanasan sehingga bahan bakar mengalami proses kenaikan temperatur yang mengakibatkan menguapnya kandungan air yang berada pada permukaan bahan bakar, sedangkan untuk kadar air yang berada didalam akan menguap melalui pori-pori bahan bakar tersebut. Kandungan air dalam bahan bakar dihindari, karena air merupakan zat yang tidak bisa terbakar. Pada proses ini terjadi penurunan massa yang lambat, dimana laju perubahan energy didalam sistem sama dengan perubahan energi melalui panas dan akibat penguapan air dari dalam partikel.

#### 2. Devolatilisasi

Proses pengeringan akan dilanjutkan dengan proses devolatilisasi/pirolisis. Setelah proses pengeringan, bahan bakar mulai mengalami dekomposisi, yaitu pecahnya ikatan kimia secara termal dan zat terbang (*volatile matter*) akan keluar dari partikel. *Volatile matter* adalah hasil dari proses devolatilisasi. *Volatile matter*

terdiri dari *gas-gas combustible* dan *non combustible* serta hidrokarbon. Untuk partikel yang besar hasil devolatilisasi berpindah dari pusat partikel ke permukaan untuk kemudian keluar. Selama perpindahan ini, hasil devolatilisasi bisa retak, mengembun, membentuk polimer dan mungkin membentuk endapan karbon sepanjang lintasannya. Ketika *volatile matter* keluar dari pori-pori bahan bakar padat, oksigen luar tidak dapat menembus ke dalam partikel, sehingga proses devolatilisasi dapat diistilahkan sebagai tahap pirolisis. Proses ini ditandai dengan proses penurunan massa yang cepat.

### 3. *Char burning*

Setelah proses devolatilisasi selesai maka yang tertinggal adalah arang dan abu. Arang mempunyai porositas tinggi sehingga udara mampu masuk kedalam pori - pori tersebut. Laju pembakaran arang dipengaruhi oleh konsentrasi oksigen, temperature udara, *Reynold Number*, ukuran serta porositas arang. Proses ini ditandai dengan penurunan massa melambat.

Berdasarkan penjelasan dari Naruse *et al.* (1999) di dalam Kurniawan (2012), bahwa karakteristik pembakaran biomassa tergantung dari komposisi biomassa semisal lignin dan selulosa, disamping itu juga didapatkan bahwa biomassa dapat memperbaiki proses penyalaan.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran bahan padat, antara lain sebagai berikut (Kurniawan, 2012) :

#### 1. Ukuran partikel

Partikel yang lebih kecil ukurannya akan lebih cepat terbakar.

#### 2. Kecepatan aliran udara

Laju pembakaran briket akan naik dengan adanya kenaikan kecepatan aliran udara dan kenaikan temperatur.

#### 3. Jenis bahan bakar

Jenis bahan bakar akan menentukan karakteristik bahan bakar. Karakteristik tersebut antara lain kandungan *volatile matter* dan kandungan air (*moisture*).

#### 4. Temperatur udara pembakaran

Kenaikan temperatur udara pembakaran menyebabkan semakin pendeknya waktu pembakaran.

## 2.6 Karbonisasi

Karbonisasi biomassa atau yang lebih dikenal dengan pengarangan merupakan suatu proses untuk menaikkan nilai kalor biomassa dan dihasilkan pembakaran yang bersih dengan sedikit asap. Hasil karbonisasi adalah berupa arang yang tersusun atas karbon dan berwarna hitam. Proses karbonisasi merupakan bagian dari proses pirolisis, yaitu pembakaran biomassa pada kondisi tanpa oksigen. Tujuannya untuk melepaskan zat terbang (*volatile matter*) yang terkandung pada biomassa. Secara umum kandungan zat terbang dalam biomassa cukup tinggi. Produk proses pirolisis ini berbentuk cair, gas, dan padat. Produk padat dari proses ini berupa arang (*char*) yang kemudian disebut karbonisasi (Thoah dan Fajrin, 2010).

Menurut Kurniawan dan Marsono (2008) didalam Sinurat (2011), Pelaksanaan karbonisasi meliputi teknik yang paling sederhana hingga yang paling canggih. Berikut beberapa metode karbonisasi.

### 1. Pengarangan terbuka

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

### 2. Pengarangan di dalam drum

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

### 3. Pengarangan di dalam silo

Sistem pengarangan silo dapat diterapkan untuk produksi arang dalam jumlah banyak. Dinding dalam silo terbuat dari batu bata tahan api. Sementara itu, dinding luarnya disemen dan dipasang besi beton sedikitnya 4 buah tiang yang jaraknya disesuaikan dengan keliling silo. Sebaiknya sisi bawah silo diberi pintu



yang berfungsi untuk mempermudah pengeluaran arang yang sudah jadi. Hal yang penting dalam metode ini adalah menyediakan air yang banyak untuk memadamkan bara.

#### 4. Pengarangan semi modern

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

#### 5. Pengarangan supercepat

Pengarangan supercepat hanya membutuhkan waktu pengarangan hanya dalam hitungan menit. Metode ini menggunakan penerapan roda berjalan. Bahan baku dalam metode ini bergerak melewati lorong besi yang sangat panas dengan suhu mendekati 70°C.

Prinsip proses karbonisasi adalah pembakaran biomassa tanpa adanya kehadiran oksigen. Sehingga yang terlepas hanya bagian volatile matter, sedangkan karbonnya tetap tinggal di dalamnya. Temperatur karbonisasi akan sangat berpengaruh terhadap arang yang dihasilkan sehingga penentuan temperatur yang tepat akan menentukan kualitas arang (Thoah dan Fajrin, 2010).

### 2.7 Densifikasi

Proses densifikasi adalah proses pemadatan biomassa dengan cara pengempaan (penekanan) sehingga rapat massa atau juga kerapatan potensi energinya meningkat (Azhar dan Rustamaji, 2009). Susana (2009) menambahkan proses pemadatan dilakukan dengan tekanan tertentu untuk membentuk menjadi briket dengan perekat sebagai zat pengikat.

Menurut Parinduri dan Parinduri (2020), Briket akan memudahkan dalam penanganan biomassa dengan proses densifikasi. Tujuannya adalah untuk meningkatkan densitas dan memudahkan penyimpanan dan pengangkutan. Secara umum densifikasi pembentukan briket mempunyai beberapa keuntungan, yaitu :

1. Menaikan nilai kalor per unit volume
2. Mudah disimpan dan diangkut

3. Mempunyai ukuran dan kualitas yang seragam.

## 2.8 Karakteristik Briket Bioarang

### 2.8.1 Kadar Air

Kadar air adalah perbandingan berat air yang terkandung dalam bahan bakar padat dengan berat kering bahan bakar tersebut. Kadar air yang tinggi akan berakibat semakin lama briket tersebut terbakar dan membutuhkan energi yang besar (Yudha *et al.*, 2017). Menurut Ristianingsih *et al.* (2015), kadar air yang terkandung dalam briket akan mempengaruhi kualitas briket yang dihasilkan. Kadar air yang diharapkan pada briket harus serendah mungkin.

### 2.8.2 Kadar Abu

Kadar abu merupakan bagian yang tersisa dari hasil pembakaran, unsur utama abu adalah mineral silika dan pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor yang dihasilkan, sehingga semakin tinggi kadar abu yang dihasilkan maka kualitas briket akan semakin rendah. Kadar abu yang terkandung dalam bahan bakar padat adalah mineral yang tidak dapat terbakar setelah proses pembakaran dan reaksi – reaksi yang menyertainya selesai (Ristianingsih *et al.*, 2015).

### 2.8.3 Nilai Kalor

Salah satu parameter kualitas briket arang yang terpenting adalah nilai kalor. Nilai kalor bahan bakar adalah jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh satu gram bahan bakar dengan meningkatkan temperature dengan satuan kalori menggunakan alat bomb kalorimeter. Penetapan nilai kalor dimaksudkan untuk mengetahui nilai panas pembakaran. Semakin tinggi nilai kalor suatu briket maka akan semakin baik pula kualitasnya (Yudha *et al.*, 2017). Menurut Setyawan dan Ulfa (2019), Tinggi rendahnya nilai kalor juga dipengaruhi oleh kadar air dan kadar abu yang terkandung di dalam briket arang tersebut. Umumnya semakin tinggi kadar abu dan kadar airnya maka nilai kalor briket arang akan semakin menurun, dan sebaliknya.

### 2.8.4 Laju Pembakaran

Laju pembakaran dimaksudkan untuk mengetahui efektifitas suatu bahan bakar. Laju pembakaran berguna untuk mengetahui layak tidaknya briket ini



untuk digunakan sebagai bahan bakar. Faktor - faktor yang mempengaruhi sifat pembakaran suatu bahan adalah tergantung pada ukuran partikelnya, kecepatan aliran udara, jenis bahan bakar, serta temperatur udara pembakarannya. Laju pembakaran briket ini didapatkan dengan membagi antara massa briket arang dengan lama waktu pembakaran briket arang tersebut sampai habis. Laju pembakaran briket arang ditentukan oleh massa briketnya dan lama pembakaran dari awal sampai briket habis, dan ditentukan juga oleh kerapatan massa briket arang tersebut. Semakin rapat massa briket maka massa briket akan semakin besar dan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk habis dalam proses pembakarannya, sehingga laju pembakarannya pun juga akan lebih lama (Setyawan dan Ulfa, 2019).

#### 2.8.5 Suhu Pembakaran

Suhu pembakaran meningkat secara perlahan, kemudian meningkat secara cepat mencapai suhu maksimal dan selanjutnya cenderung menurun sampai pada akhir proses pembakaran. Peningkatan suhu pada awal pembakaran mengalami pelambatan disebabkan karena pada awal penyalaan briket, panas yang dihasilkan dipakai untuk menguapkan sejumlah air yang masih terkandung di dalam briket. Suhu pembakaran briket relatif menurun setelah mencapai suhu maksimal. Perbedaan peningkatan suhu maksimal disebabkan karena perbedaan kandungan nilai kalor dari briket. Nilai kalor yang tinggi akan mampu mencapai suhu pembakaran tinggi dan pencapaian suhu optimal yang cukup lama (Marchel *et al.*, 2019).

#### 2.8.6 Keteguhan

Keteguhan tekan menunjukkan daya tahan atau kekuatan briket terhadap tekanan luar sehingga mengakibatkan briket itu pecah atau hancur. Jika semakin besar nilai keteguhan tekan briket arang berarti daya tahan atau kekuatan partikel briket semakin baik. Keteguhan tekan dilakukan untuk mengetahui kekuatan briket dalam menahan beban dengan tekanan tertentu. Tingkat kekuatan tersebut diketahui ketika briket tidak mampu menahan beban lagi. Semakin tinggi nilai kekuatan tekan briket maka daya tahan briket semakin baik (Arifah, 2017).

## **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian**

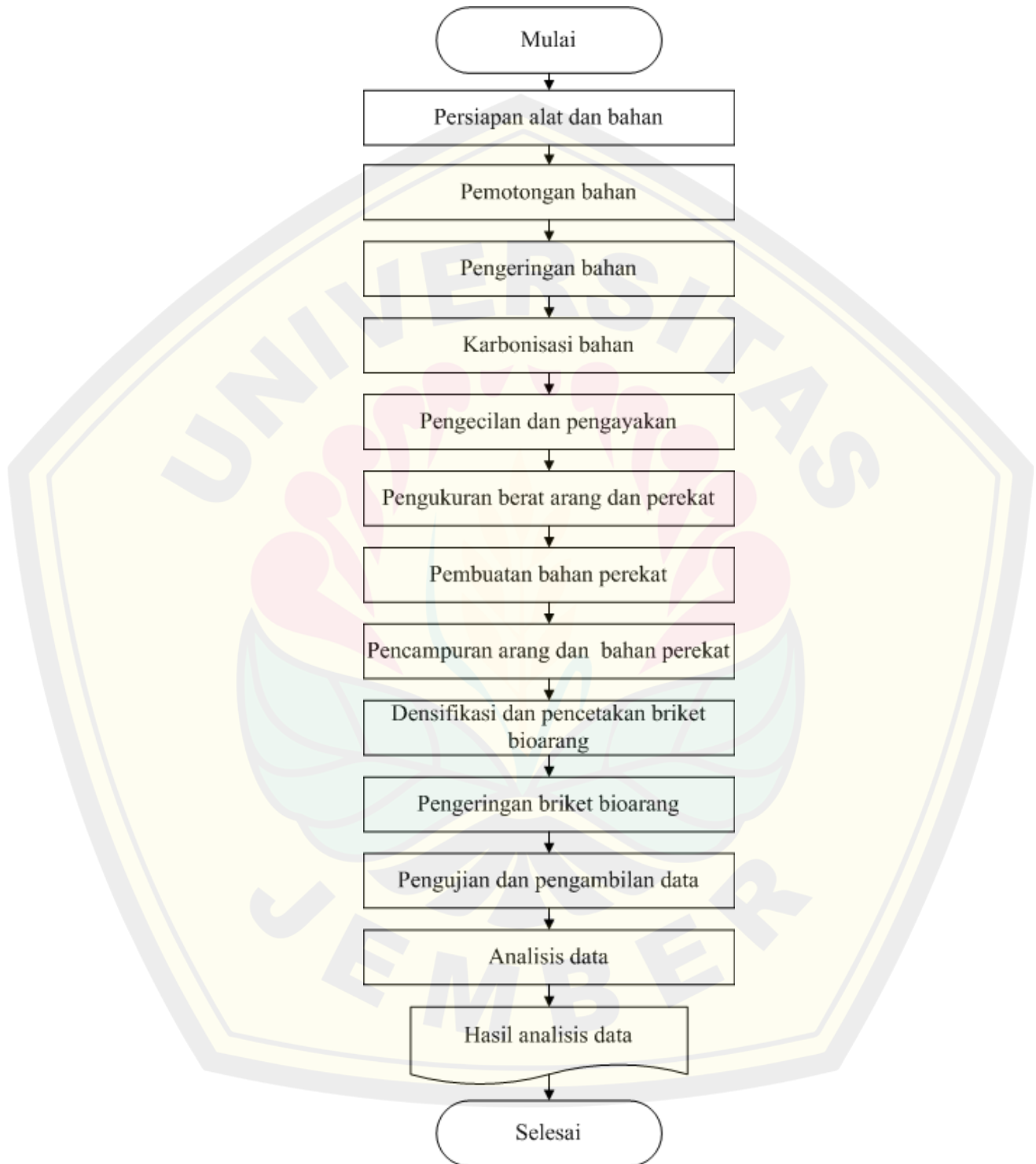
Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Instrumentasi dan Laboratorium Engineering Hasil Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2022 – Januari 2023.

### **3.2 Populasi dan Sampel Penelitian**

Nanas merupakan tumbuhan tropis dengan buah yang dapat dimakan. Nanas tumbuh dari tunas samping. Nanas tergolong buah tropis terpenting ketiga dalam produksi dunia. Menurut data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember pada tahun 2021, jumlah produksi nanas tahun 2020 mencapai 2.725 ton. Mahkota nanas merupakan bahan yang dianggap kurang bernilai untuk masyarakat sehingga kurang dimanfaatkan dengan baik dan menjadi sumber pencemaran lingkungan. Selain itu ketergantungan masyarakat pada penggunaan bahan bakar fosil yang semakin berkurang menyebabkan perlunya energi alternatif. Salah satu upaya untuk membuat energi alternatif menjadi suatu bahan bakar dengan memanfaatkan biomassa yaitu limbah mahkota nanas untuk dijadikan bahan bakar padat atau briket bioarang. Sampel limbah mahkota nanas diperoleh dari kios penjual buah nanas di Desa Ajung, Kecamatan Kalisat, Kabupaten Jember, Jawa Timur.

### 3.3 Prosedur Penelitian

Proses penelitian yang dilakukan memiliki beberapa tahapan dan prosedur pelaksanaan seperti pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Tahapan proses yang dilakukan pada penelitian briket arang mahkota nanas dijelaskan sebagai berikut.

### 3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dilakukan untuk mempersiapkan beberapa alat komponen seperti timbangan analitik, gunting, penumbuk, ayakan mesh 60, tungku, thermometer digital, *stopwatch*, oven listrik dan desikator sebagai pendukung dalam proses penelitian pada pembuatan briket. Alat inti pada proses pembuatan briket yaitu satu set alat pembuatan briket dan drum bekas yang dimodifikasi sedemikian rupa agar dapat melakukan pembakaran dalam pembentukan arang sebagai alat karbonisasi. Drum bekas dibuat agar memiliki bagian yang terdiri atas ruang pembakaran, cerobong, dan lubang masuk udara.

Bahan yang digunakan sebagai bahan baku utama pada penelitian ini adalah mahkota nanas sebanyak 10 kg serta bahan perekat tepung tapioka 2 kg dan air sebanyak 3 liter sebagai media pencampuran bahan perekat.

### 3.3.2 Pemotongan Bahan

Pemotongan bahan bertujuan untuk mempercepat proses pengeringan pada bagian mahkota nanas. Mahkota nanas dipotong dengan ukuran sekitar 3 – 4 cm yang dapat dilakukan dengan menggunakan gunting.

### 3.3.3 Pengeringan Bahan

Proses pengeringan mahkota nanas dilakukan dengan menggunakan bantuan sinar matahari. Pegeringan berlangsung 7 jam/hari selama 2 – 5 hari dengan tujuan untuk mengurangi kadar air pada bahan hingga mencapai kadar air sekitar 15%. Proses pengeringan pada mahkota nanas bertujuan agar memudahkan pada proses selanjutnya.

### 3.3.4 Karbonisasi Bahan

Proses karbonisasi mahkota nanas dilakukan dengan menggunakan metode *drum kiln*. Metode ini menggunakan drum bekas yang dimodifikasi dengan tinggi 74 cm dan diameter 23,5 cm. Drum bekas ditambahkan cerobong asap yang terbuat dari pipa besi dengan tinggi dari dasar mencapai 80 cm dan diameter 12 cm serta bagian lubang masuk udara yang berada di bagian dasar drum dengan diameter 1 cm. Lubang masuk udara dibuat merata pada bagian dasar drum

dengan jumlah keseluruhan sekitar 20 lubang. Pipa pemanas juga ditambahkan pada bagian drum dengan material yang terbuat dari pipa besi berbentuk segi empat dengan dimensi 3 cm x 3 cm dengan tinggi 50 cm.

Karbonisasi bahan baku diawali dengan memasukkan potongan mahkota nanas ke dalam ruang pembakaran hingga terisi penuh. Pembakaran dilakukan pada tungku pada bagian bawah drum menggunakan kayu bakar sebanyak 10 kg sebagai sumber nyala api dan sabut kelapa sebagai umpan pembakaran. Proses karbonisasi menggunakan suhu pembakaran mencapai 450°C selama 90 menit. Pendinginan drum akan dilakukan ketika proses karbonisasi telah mencapai waktu 90 menit dengan waktu pendinginan sekitar 3 jam. Bagian atas drum yang telah melewati proses pendinginan selanjutnya dibuka untuk mengeluarkan arang mahkota nanas.

#### 3.3.5 Pengecilan dan Pengayakan

Mahkota nanas yang telah dihasilkan dari proses karbonisasi ditumbuk menggunakan alat penumbuk berupa lumpang. Selanjutnya didapatkan sampel halus berupa bubuk arang. Kemudian bubuk arang diayak dengan ukuran 60 *mesh*. Partikel arang yang tidak lolos dari ayakan akan dilakukan pengayakan kembali hingga keseluruhan partikel arang habis dan lolos dari ayakan yang bertujuan untuk memperoleh ukuran bahan yang lebih kecil dan seragam agar dapat membentuk briket dengan kerapatan dan keteguhan yang baik.

#### 3.3.6 Pengukuran Berat Arang dan Perekat

Pengukuran berat dilakukan menggunakan timbangan analitik untuk mengukur kebutuhan bahan arang yang akan diberi perlakuan pemberian dosis perekat. Komposisi bahan ditentukan guna menganalisis perbedaan data pada perbedaan perlakuan pemberian dosis perekat briket.

#### 3.3.7 Pembuatan Bahan Perekat

Pembuatan perekat diawali dengan mencampurkan air dan tepung tapioka dengan komposisi perekat yang telah ditentukan, yaitu 5%, 10%, dan 15% perekat di dalam sampel. Rasio yang digunakan antara tepung tapioka dan air yaitu 1 : 5 yang kemudian diaduk dan dipanaskan hingga mencapai suhu 70°C sampai

adonan mengental dan terasa lengket. Pemberian perekat bertujuan untuk memperbaiki kerapatan dan keteguhan dari briket.

### 3.3.8 Pencampuran Arang dan Bahan Perekat

Pencampuran antara arang mahkota nanas dan perekat tapioka untuk menyatukan partikel – partikel briket. Pencampur antara arang mahkota nanas dan perekat tapioka dilakukan pada wadah dan diadukan hingga tercampur merata. Proses tersebut dapat membentuk suatu ikatan partikel - partikel bahan dengan kerapatan tertentu. Pencampuran bahan dilakukan sesuai dengan variasi dosis yang telah ditetapkan yaitu 5%, 10% dan 15% dari massa bahan baku. Berikut komposisi bahan briket dengan pemberian dosis perekat tersaji pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komposisi perbandingan bahan baku briket

| Perlakuan | Perbandingan Arang Mahkota Nanas dan Perekat |                |
|-----------|--|----------------|
|           | Arang Mahkota Nanas                          | Tepung Tapioka |
| A         | 95% (47,5 gram)                              | 5% (2,5 gram)  |
| B         | 90% (45 gram)                                | 10% (5 gram)   |
| C         | 85% (42,5 gram)                              | 15% (7,5 gram) |

### 3.3.9 Densifikasi dan Pencetakan Briket Bioarang

Campuran antara arang mahkota nanas dan perekat dengan komposisi bahan yang telah ditentukan, dimasukkan ke dalam cetakan yang berbentuk silinder, dengan menggunakan satu set alat pengempa hidrolis dengan pemberian beban penekanan yang ditentukan sebesar 150 kg/cm<sup>2</sup>. Besarnya tekanan yang diberikan akan berpengaruh terhadap densitas dan porositas. Densifikasi dilakukan untuk memberikan tekanan sehingga mengakibatkan ikatan antar partikel semakin kuat. Densifikasi dan pencetakan bertujuan untuk menghasilkan briket arang yang berbentuk blok silinder dan menghasilkan efisiensi pembakaran yang tinggi.

### 3.3.10 Pengeringan Briket Bioarang

Pengeringan briket bioarang dilakukan dengan cara pengovenan bahan yang bertujuan untuk mengurangi kadar air yang tertinggal pada briket bioarang mahkota nanas. Pengovenan dilakukan dengan menggunakan oven listrik dengan



menggunakan suhu 60°C selama 12 jam. Proses pengovenan bertujuan untuk menurunkan kadar air sehingga briket bioarang mudah menyala dan tidak berasap.

### 3.3.11 Pengujian dan Pengambilan Data

Tahapan pengujian briket adalah tahap melakukan uji karakteristik briket untuk mengidentifikasi apakah briket yang dihasilkan berkualitas bagus yang sesuai dengan SNI. Langkah-langkah pengujian yang dilakukan meliputi kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran, suhu pembakaran dan keteguhan.

#### 1. Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan dengan perbandingan berat air yang terkandung dalam bahan bakar padat dengan berat kering bahan bakar tersebut. Pengujian ini dapat dilakukan dengan cara pengeringan menggunakan oven maupun sinar matahari. Kadar air sampel dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{massa awal} - \text{massa setelah dikeringkan}}{\text{massa awal}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

#### 2. Kadar Abu

Pengujian kadar abu dilakukan dengan cara membakar cawan yang berisi briket pada briket. Selanjutnya cawan diangkat dan didinginkan menggunakan desikator dan ditimbang. Kadar abu sampel dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kadar Abu} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

#### 3. Nilai Kalor

Pengujian nilai kalor dilakukan dengan mengetahui suatu kuantitas atau jumlah panas baik yang diserap maupun dilepaskan oleh suatu benda. Dilakukan dengan Bomb Calorimeter. Nilai kalor sampel dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Nilai Kalor} = \frac{(\text{suhu akhir} - \text{suhu awal}) \times 2575,6 \left(\frac{\text{cal}}{^\circ\text{C}}\right)}{\text{massa sampel}} \text{ (cal/gr)} \dots \dots \dots (3)$$

#### 4. Laju Pembakaran

Pengujian laju pembakaran dilakukan dengan cara briket dibakar seperti pembakaran terhadap arang. Pencatatan waktu dimulai ketika briket menyala hingga briket habis atau telah menjadi abu. Pengukuran waktu ini menggunakan



*stopwatch*. Laju pembakaran sampel dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Laju Pembakaran} = \frac{\text{massa briket terbakar}}{\text{waktu pembakaran}} (\text{gr/menit}) \dots \dots \dots (4)$$

#### 5. Suhu Pembakaran

Pengukuran suhu pembakaran dilakukan dengan memasukan thermometer digital pada tungku briket. Data suhu pembakaran diambil setiap interval lima menit ketika briket menyala hingga habis terbakar.

#### 6. Keteguhan

Uji keteguhan dilakukan untuk mengetahui kekuatan briket dalam menahan beban dengan tekanan tertentu, tingkat kekuatan tersebut diketahui ketika briket tidak mampu menahan beban lagi dengan menggunakan metode uji tekanan. Dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan (*press test*). Keteguhan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$P = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

P = Kuat tekanan bahan ( $\text{N/m}^2$  atau  $\text{kg/cm}^2$ )

F = Beban tekanan maksimum (gaya tekanan) (N atau kg)

A = Luas bidang bahan ( $\text{m}^2$  atau  $\text{cm}^2$ )

#### 3.3.12 Analisis Data

Analisis data yang digunakan adalah *analysis of varians* atau Uji Anova satu arah. Uji parametrik ini digunakan untuk mengetahui adanya perbedaan rata – rata antara lebih dari dua grup sampel dengan keberagaman analisis yang berlangsung satu arah yaitu antar perlakuan sampel. Analisis data dapat menentukan perbandingan kualitas dan karakteristik briket yang paling baik dan dapat mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi perekat tapioka pada karakteristik briket mahkota nanas. Hasil data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan *Microsoft Excel 2010*. Analisis data yang dilakukan pada penelitian adalah sebagai berikut.

### 1. Penentuan hipotesis

Hipotesis yang digunakan adalah hipotesis nol ( $H_0$ ) dan hipotesis alternatif ( $H_1$ ) dengan ketentuan sebagai berikut.

- a. A = Komposisi briket, 95% arang mahkota nanas : 5% perekat tapioka
- b. B = Komposisi briket, 90% arang mahkota nanas : 10% perekat tapioka
- c. C = Komposisi briket, 85% arang mahkota nanas : 15% perekat tapioka

Uraian penentuan hipotesis yang diajukan adalah sebagai berikut.

- a.  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ , tidak ada yang berbeda nyata dari penambahan perekat tapioka terhadap karakteristik briket bioarang mahkota nanas (kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran, suhu pembakaran, keteguhan).
- b.  $H_1 : \mu_1, \mu_2, \mu_3$ , ada yang berbeda nyata dari penambahan perekat tapioka terhadap karakteristik briket bioarang mahkota nanas (kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran, suhu pembakaran, keteguhan).

### 2. Penentuan taraf signifikansi

Taraf signifikansi yang digunakan untuk analisis data adalah sebesar 0,05 ( $\alpha = 5\%$ ).

### 3. Perhitungan derajat bebas

Terdapat 3 perhitungan derajat bebas yang digunakan pada analisis data ini, yaitu:

- a. Derajat bebas perlakuan

$$= a - 1$$

$$= 3 - 1$$

$$= 2$$

- b. Derajat bebas galat

$$= N - a$$

$$= 9 - 3$$

$$= 6$$

- c. Derajat bebas total

$$= \text{derajat bebas perlakuan} + \text{derajat bebas galat}$$

$$= 2 + 6$$

$$= 8$$

#### 4. Penentuan nilai F tabel

Nilai F tabel diperoleh dari pembacaan pada tabel distribusi F dengan melihat nilai derajat bebas perlakuan dan derajat bebas galat yaitu pada angka (2, 6). Pembacaan pada tabel distribusi F menghasilkan nilai sebesar 5,1432.

#### 5. Penentuan nilai F hitung

Hasil penentuan dari nilai F hitung diperoleh dari perbandingan pada nilai kuadrat tengah (*mean square*) yang didapatkan dari pembagian antara jumlah kuadrat perlakuan (*sum of square*) dengan derajat bebas.

#### 6. Penentuan kriteria keputusan

Kriteria keputusan didasarkan pada perbandingan antara nilai F hitung dan F tabel terhadap hipotesis yang ditentukan sebagai berikut.

- a.  $F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak ( $H_1$  diterima)
- b.  $F \text{ hitung} < F \text{ tabel}$ , maka  $H_0$  diterima ( $H_1$  ditolak)

#### 3.3.13 Penentuan Komposisi Terbaik

Penentuan komposisi terbaik dari pemberian variasi dosis briket bioarang mahkota nanas dan bahan perekat tepung tapioka ditentukan dengan menggunakan metode uji *scoring* dengan berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh.

Karakteristik briket bioarang dapat dilihat kriteria sebagai berikut :

1. Kadar air sesuai SNI 01-6235-2000 yaitu  $\leq 8\%$ .
2. Kadar abu sesuai SNI 01-6235-2000 yaitu  $\leq 8\%$ .
3. Nilai kalor sesuai SNI 01-6235-2000 yaitu  $\geq 5000$  kal/gram.
4. Laju pembakaran yaitu nilai tertinggi.
5. Suhu pembakaran yaitu nilai tertinggi.
6. Keteguhan yaitu nilai tertinggi.

### 3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Satu set alat briket digunakan untuk alat pengempa
2. Timbangan analitik digunakan untuk menimbang bahan
3. Gunting digunakan untuk mengecilkan ukuran bahan

4. Drum bekas digunakan untuk media karbonisasi mahkota nanas
5. Penumbuk lumpang digunakan untuk menghaluskan arang mahkota nanas
6. Ayakan mesh 60 digunakan untuk menyaring bahan menjadi ukuran lebih kecil
7. Kompor dan panci untuk pemanasan dan pengadukan perekat
8. Tungku briket digunakan untuk tempat pembakaran briket
9. Thermometer digital digunakan untuk mengukur suhu pembakaran
10. *Stopwatch* digunakan untuk mengukur laju pembakaran
11. Oven listrik digunakan untuk mengeringkan dan mengurangi kadar air briket
12. Desikator digunakan untuk mendinginkan briket dari proses pengovenan
13. Laptop dan *software Microsoft Excel 2010* untuk pengolahan dan analisis data

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mahkota nanas
2. Tepung tapioka
3. Air

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

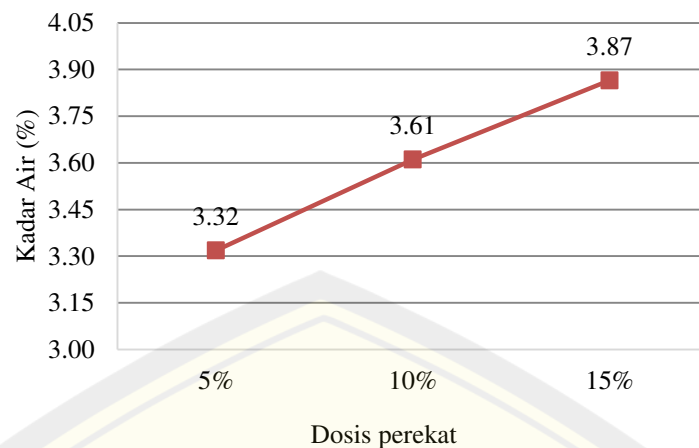
### 4.1 Analisis Kadar Air

Analisis kadar air pada briket bioarang dilakukan untuk mengetahui hasil yang baik dari beberapa hasil perlakuan yang digunakan. Hasil yang diperoleh dari pengamatan kadar air dapat mengetahui kualitas briket bioarang dengan kualitas yang sesuai SNI mutu briket. Kadar air pada briket merupakan air yang terdapat pada bahan. Kadar air merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas briket bioarang mahkota nanas yang dihasilkan, semakin tinggi kadar perekat maka kadar air briket yang diperoleh semakin tinggi (Addina dan Lazulva, 2019). Data hasil dari uji kadar air pada briket bioarang mahkota nanas dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Data hasil uji kadar air

| Perlakuan | Ulangan |      |      | Rata – rata (bb%) |
|-----------|---------|------|------|-------------------|
|           | 1       | 2    | 3    |                   |
| A         | 3.28    | 3.36 | 3.31 | 3.32              |
| B         | 3.60    | 3.61 | 3.62 | 3.61              |
| C         | 3.80    | 3.90 | 3.90 | 3.87              |

Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan bahwa setiap perlakuan briket bioarang mahkota nanas menghasilkan nilai rata – rata kadar air yang berbeda. Nilai rata – rata kadar air pada perlakuan A (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 5%) sebesar 3,32%. Perlakuan B (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 10%) sebesar 3,61%. Sedangkan perlakuan C (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 15%) sebesar 3,87%. Nilai rata – rata kadar air yang diperoleh telah memenuhi standar mutu briket di Indonesia berdasarkan SNI No. 01-6235-2000 yang menjelaskan bahwa standar mutu briket memiliki nilai rata – rata basis basah sebesar kurang dari 8%. Berdasarkan nilai yang dihasilkan tersebut, selanjutnya dibuat grafik hasil dari pengujian kadar air yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian kadar air

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat diketahui nilai kadar air briket bioarang mahkota nanas mengalami peningkatan pada setiap penambahan persentase kadar perekat. Nilai kadar air terendah diperoleh pada perlakuan A (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 5%) sebesar 3,32%. Sedangkan nilai kadar air tertinggi diperoleh pada perlakuan C (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 15%) sebesar 3,87%. Nilai kadar air pada briket dapat dipengaruhi oleh persentase kadar perekat yang digunakan dan sifat dari perekat dan arang yang higroskopis. Menurut Addina dan Lazulva (2019), Semakin tinggi kadar perekat maka kadar air yang diperoleh semakin tinggi, hal ini disebabkan karena sifat perekat dan arang yang higroskopis sehingga mudah menyerap air dari udara. Penambahan perekat yang semakin tinggi menyebabkan air yang terkandung dalam perekat akan masuk dan terikat dalam pori-pori arang, selain itu penambahan perekat yang semakin tinggi akan menyebabkan biobriket mempunyai kerapatan yang semakin tinggi karena konsentrasi bahan perekat sebagai pengikat arang semakin banyak. Sehingga pori-pori biobriket semakin kecil dan pada saat dikeringkan, air yang terperangkap di dalam pori biobriket sukar menguap. Berikut merupakan hasil analisis nilai kadar air menggunakan Anova satu faktor dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.



Tabel 4.2 Analisis kadar air menggunakan Uji Anova satu arah

| Sumber Variasi | Derajat Bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat Tengah | F Hitung | Ftabel |
|----------------|---------------|----------------|----------------|----------|--------|
| Kadar Air      | 2             | 0.4492         | 0.2246         |          |        |
| Galat          | 6             | 0.0101         | 0.0017         | 132.8150 | 5.1433 |
| Total          | 8             | 0.4593         | 0.2263         |          |        |

Berdasarkan Tabel 4.2 menunjukkan bahwa analisis kadar air menggunakan uji anova satu arah pada briket bioarang mahkota nanas memiliki nilai  $F_{hitung}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$ , sehingga menghasilkan keputusan  $H_0$  ditolak yaitu ada yang berbeda nyata dari penambahan perekat tapioka terhadap kadar air briket bioarang mahkota nanas. Hasil analisis tersebut mengindikasikan bahwa variasi dosis perekat yang ditambahkan pada komposisi briket bioarang mahkota nanas memiliki pengaruh yang berbeda terhadap terhadap nilai kadar air briket. Berdasarkan hasil analisis, maka perlu dilakukan uji lanjut menggunakan uji tukey untuk mengetahui rata – rata perlakuan yang berbeda nyata. Hasil uji tukey dari perlakuan perekat yang berbeda nyata terhadap data rata – rata kadar air dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Analisis kadar air menggunakan Uji Tukey

| Komparasi      | Beda Absolut | Nilai Kritis |
|----------------|--------------|--------------|
| 5% dengan 10%  | 0.8772       | 0.1030       |
| 5% dengan 15%  | 1.6403       | 0.1030       |
| 10% dengan 15% | 0.7631       | 0.1030       |

Berdasarkan Tabel 4.3 didapatkan kesimpulan bahwa seluruh perlakuan dosis perekat berbeda nyata terhadap kadar air. Hal tersebut ditinjau dari nilai beda absolut yang lebih besar dari nilai kritis. Sehingga dari nilai tersebut menghasilkan keputusan bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada seluruh data perlakuan dosis perekat terhadap nilai kadar air briket bioarang mahkota nanas.

#### 4.2 Analisis Kadar Abu

Analisis kadar abu pada briket bioarang dilakukan untuk mengetahui residu yang tersisa pada proses pembakaran dari beberapa hasil perlakuan yang

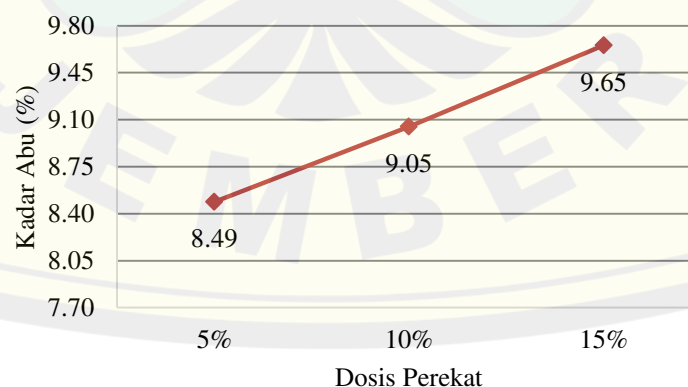


digunakan. Kadar abu merupakan residu yang tersisa pada proses pembakaran yang sudah tidak memiliki unsur karbon lagi. Kadar abu briket arang dipengaruhi oleh kandungan abu dalam bahan baku dan kadar perekat yang digunakan (Arifah, 2017). Data hasil dari uji kadar abu pada briket bioarang mahkota nanas dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Data hasil uji kadar abu

| Perlakuan | Ulangan |      |      | Rata - rata (%) |
|-----------|---------|------|------|-----------------|
|           | 1       | 2    | 3    |                 |
| A         | 8.53    | 8.68 | 8.26 | 8.49            |
| B         | 8.85    | 9.17 | 9.12 | 9.05            |
| C         | 9.54    | 9.83 | 9.59 | 9.65            |

Berdasarkan Tabel 4.4 menunjukkan bahwa setiap perlakuan briket bioarang mahkota nanas menghasilkan nilai rata – rata kadar abu yang berbeda. Nilai rata – rata kadar abu pada perlakuan A (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 5%) sebesar 8,49%. Perlakuan B (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 10%) sebesar 9,05%. Sedangkan perlakuan C (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 15%) sebesar 9,65%. Nilai rata – rata kadar abu yang diperoleh belum memenuhi standar mutu briket di Indonesia berdasarkan SNI No. 01-6235-2000 yang menjelaskan bahwa standar mutu briket memiliki nilai rata – rata basis bobot abu sebesar kurang dari 8%. Berdasarkan nilai yang dihasilkan tersebut, selanjutnya dibuat grafik hasil dari pengujian kadar abu yang dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian kadar abu

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat diketahui nilai kadar abu briket bioarang mahkota nanas mengalami peningkatan pada setiap penambahan persentase kadar perekat. Nilai kadar abu terendah diperoleh pada perlakuan A (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 5%) sebesar 8,49%. Sedangkan nilai kadar abu tertinggi diperoleh pada perlakuan C (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 15%) sebesar 9,65%. Tinggi rendahnya nilai kadar abu pada briket dapat dipengaruhi oleh persentase kadar perekat yang digunakan dan kandungan bahan anorganik yang terdapat pada bahan perekat. Menurut Addina dan Lazulva (2019), Semakin tinggi kadar perekat maka kadar abu yang dihasilkan pada briket semakin tinggi. Selain itu, tingginya kadar abu pada briket juga dipengaruhi oleh tingginya kandungan bahan anorganik yang terdapat pada tepung tapioka. Berikut merupakan hasil analisis nilai kadar abu menggunakan Anova satu faktor dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Analisis kadar abu menggunakan Uji Anova satu arah

| Sumber Variasi | Derajat Bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat Tengah | F Hitung | Ftabel |
|----------------|---------------|----------------|----------------|----------|--------|
| Kadar Abu      | 2             | 2.0403         | 1.0202         |          |        |
| Galat          | 6             | 0.2010         | 0.0335         | 30.4462  | 5.1433 |
| Total          | 8             | 2.2413         | 1.0537         |          |        |

Berdasarkan Tabel 4.5 menunjukkan bahwa analisis kadar abu menggunakan uji anova satu arah pada briket bioarang mahkota nanas memiliki nilai  $F_{hitung}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$ , sehingga menghasilkan keputusan  $H_0$  ditolak yaitu ada yang berbeda nyata dari penambahan perekat tapioka terhadap kadar abu briket bioarang mahkota nanas. Hasil analisis tersebut mengindikasikan bahwa variasi dosis perekat yang ditambahkan pada komposisi briket bioarang mahkota nanas memiliki pengaruh yang berbeda terhadap terhadap nilai kadar abu briket. Berdasarkan hasil analisis, maka perlu dilakukan uji lanjut menggunakan uji tukey untuk mengetahui rata – rata perlakuan yang berbeda nyata. Hasil uji tukey dari perlakuan perekat yang berbeda nyata terhadap data rata – rata kadar abu dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Analisis kadar abu menggunakan Uji Tukey

| Komparasi      | Beda Absolut | Nilai Kritis |
|----------------|--------------|--------------|
| 5% dengan 10%  | 1.6823       | 0.4587       |
| 5% dengan 15%  | 3.4980       | 0.4587       |
| 10% dengan 15% | 1.8157       | 0.4587       |

Berdasarkan Tabel 4.6 didapatkan kesimpulan bahwa seluruh perlakuan dosis perekat berbeda nyata terhadap kadar abu. Hal tersebut ditinjau dari nilai beda absolut yang lebih besar dari nilai kritis. Sehingga dari nilai tersebut menghasilkan keputusan bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada seluruh data perlakuan dosis perekat terhadap nilai kadar abu briket bioarang mahkota nanas.

### 4.3 Analisis Nilai Kalor

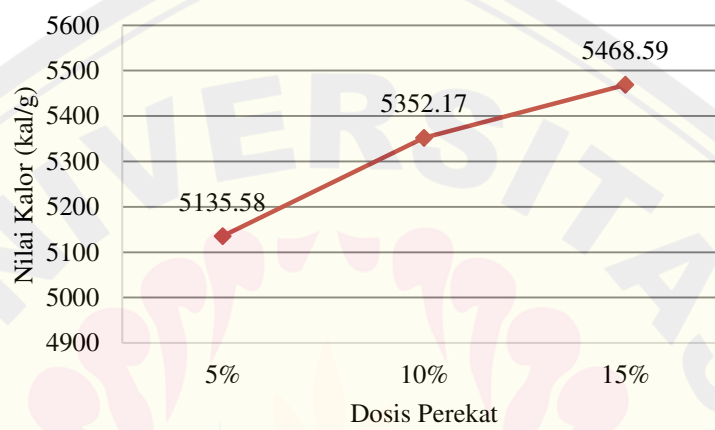
Analisis nilai kalor pada briket bioarang dilakukan untuk mengetahui nilai energi panas yang dihasilkan dari beberapa hasil perlakuan yang digunakan. Hasil yang diperoleh dari pengamatan nilai kalor dapat mengetahui kualitas briket bioarang dengan kualitas yang sesuai SNI mutu briket. Menurut Ristianingsih *et al.* (2015), Nilai kalor sangat menentukan kualitas briket yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai kalornya maka semakin tinggi juga kualitas briket yang dihasilkan. Nilai kalor perlu diketahui untuk mengetahui nilai panas pembakaran yang dapat dihasilkan oleh briket sebagai bahan bakar. Data hasil dari uji nilai kalor pada briket bioarang mahkota nanas dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Data hasil uji nilai kalor

| Perlakuan | Ulangan | Rata - rata (kal/g) |
|-----------|---------|---------------------|
|           | 1       |                     |
| A         | 5135.58 | 5135.58             |
| B         | 5352.17 | 5352.17             |
| C         | 5468.59 | 5468.59             |

Berdasarkan Tabel 4.7 menunjukkan bahwa setiap perlakuan briket bioarang mahkota nanas menghasilkan nilai kalor yang berbeda. Nilai kalor pada perlakuan A (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 5%) sebesar 5135,58 kal/g. Perlakuan B (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat

10%) sebesar 5352,17 kal/g. Sedangkan perlakuan C (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 15%) sebesar 5468,59. Nilai kalor yang diperoleh telah memenuhi standar mutu briket di Indonesia berdasarkan SNI No. 01-6235-2000 yang menjelaskan bahwa standar mutu briket memiliki nilai kalor sebesar lebih dari 5000 kal/g. Berdasarkan nilai yang dihasilkan tersebut, selanjutnya dibuat grafik hasil dari pengujian nilai kalor yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian nilai kalor

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat diketahui nilai kalor briket bioarang mahkota nanas mengalami peningkatan pada setiap penambahan persentase kadar perekat. Nilai kalor terendah diperoleh pada perlakuan A (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 5%) sebesar 5135,58 kal/g. Sedangkan nilai kalor tertinggi diperoleh pada perlakuan C (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 15%) sebesar 5468,59 kal/g. Tinggi rendahnya nilai kalor pada briket dapat dipengaruhi oleh persentase kadar perekat yang digunakan. Semakin banyak penambahan perekat yang digunakan maka semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan, karena perekat mengandung unsur C yang memiliki sifat dapat meningkatkan nilai kalor (Manik, 2010). Wijaya (2012) menambahkan bahwa perekat tapioka memiliki kandungan pati yang besar sehingga menghasilkan briket dengan kerapatan yang tinggi. Menurut Sirajuddin (2021), kerapatan briket berpengaruh signifikan terhadap nilai kalor, jika semakin besar kerapatan briket menyebabkan nilai kalor semakin tinggi.

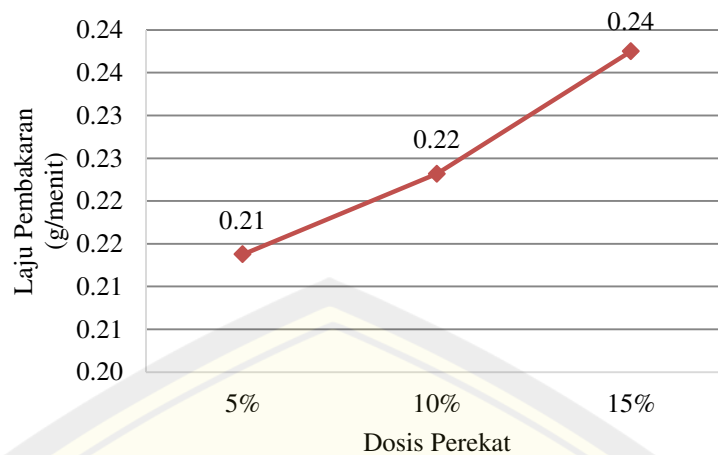
#### 4.4 Analisis Laju Pembakaran

Analisis laju pembakaran pada briket bioarang dilakukan untuk mengetahui kecepatan berkurangnya bobot pada proses pembakaran awal hingga habis keseluruhan dari beberapa hasil perlakuan yang digunakan. Menurut Ristianingsih *et al.* (2015), Kecepatan pembakaran merupakan berkurangnya bobot per satuan menit selama pembakaran. Pengurangan bobot semakin cepat memberikan kecepatan yang besar. Semakin besar kecepatan pembakaran, maka briket akan menyala semakin singkat. Nilai kecepatan pembakaran diperoleh dari berat kering briket dibagi dengan waktu pembakaran briket sampai habis menjadi abu. Data hasil dari uji laju pembakaran pada briket bioarang mahkota nanas dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Data hasil pengujian laju pembakaran

| Perlakuan | Ulangan |      |      | Rata – rata (g/menit) |
|-----------|---------|------|------|-----------------------|
|           | 1       | 2    | 3    |                       |
| A         | 0.21    | 0.22 | 0.21 | 0.21                  |
| B         | 0.22    | 0.23 | 0.22 | 0.22                  |
| C         | 0.23    | 0.24 | 0.24 | 0.24                  |

Berdasarkan Tabel 4.8 menunjukkan bahwa setiap perlakuan briket bioarang mahkota nanas menghasilkan nilai rata – rata laju pembakaran yang berbeda. Nilai rata – rata laju pembakaran pada perlakuan A (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 5%) sebesar 0,21 g/menit. Perlakuan B (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 10%) sebesar 0,22 g/menit. Sedangkan perlakuan C (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 15%) sebesar 0,24 g/menit. Namun, belum ada ketentuan SNI mengenai standarisasi mutu briket pada nilai laju pembakaran. Berdasarkan nilai yang dihasilkan tersebut, selanjutnya dibuat grafik hasil dari pengujian laju pembakaran yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian laju pembakaran

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui nilai laju pembakaran briket bioarang mahkota nanas mengalami peningkatan pada setiap penambahan persentase kadar perekat. Nilai laju pembakaran terendah diperoleh pada perlakuan A (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 5%) sebesar 0,21 g/menit. Sedangkan nilai laju pembakaran tertinggi diperoleh pada perlakuan C (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 15%) sebesar 0,24 g/menit. Tinggi rendahnya laju pembakaran pada briket dapat dipengaruhi oleh nilai kalor yang dihasilkan. Menurut Kholil (2017), Nilai kalor memiliki peranan penting terhadap laju kenaikan nilai entalpi pada reaksi pembakaran. Semakin tinggi nilai kalor pada bahan bakar menghasilkan nilai laju pembakaran yang tinggi. Berikut merupakan hasil analisis nilai laju pembakaran menggunakan Anova satu faktor dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Analisis laju pembakaran menggunakan Uji Anova satu arah

| Sumber Variasi  | Derajat Bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat Tengah | F Hitung | F tabel |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|----------|---------|
| Laju Pembakaran | 2             | 0.0009         | 0.0004         |          |         |
| Galat           | 6             | 0.0002         | 0.0000         | 13.5692  | 5.1433  |
| Total           | 8             | 0.0010         | 0.0005         |          |         |

Berdasarkan Tabel 4.9 menunjukkan bahwa analisis laju pembakaran menggunakan uji anova satu arah pada briket bioarang mahkota nanas memiliki nilai  $F_{hitung}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$ , sehingga menghasilkan keputusan  $H_0$  ditolak



yaitu ada yang berbeda nyata dari penambahan perekat tapioka terhadap laju pembakaran briket bioarang mahkota nanas. Hasil analisis tersebut mengindikasikan bahwa variasi dosis perekat yang ditambahkan pada komposisi briket bioarang mahkota nanas memiliki pengaruh yang berbeda terhadap terhadap nilai laju pembakaran briket. Berdasarkan hasil analisis, maka perlu dilakukan uji lanjut menggunakan uji tukey untuk mengetahui rata – rata perlakuan yang berbeda nyata. Hasil uji tukey dari perlakuan perekat yang berbeda nyata terhadap data rata – rata laju pembakaran dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Analisis laju pembakaran menggunakan Uji Tukey

| Komparasi      | Beda Absolut | Nilai Kritis |
|----------------|--------------|--------------|
| 5% dengan 10%  | 0.0282       | 0.0141       |
| 5% dengan 15%  | 0.0712       | 0.0141       |
| 10% dengan 15% | 0.0430       | 0.0141       |

Berdasarkan Tabel 4.10 didapatkan kesimpulan bahwa seluruh perlakuan dosis perekat berbeda nyata terhadap laju pembakaran. Hal tersebut ditinjau dari nilai beda absolut yang lebih besar dari nilai kritis. Sehingga dari nilai tersebut menghasilkan keputusan bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada seluruh data perlakuan dosis perekat terhadap nilai laju pembakaran briket bioarang mahkota nanas.

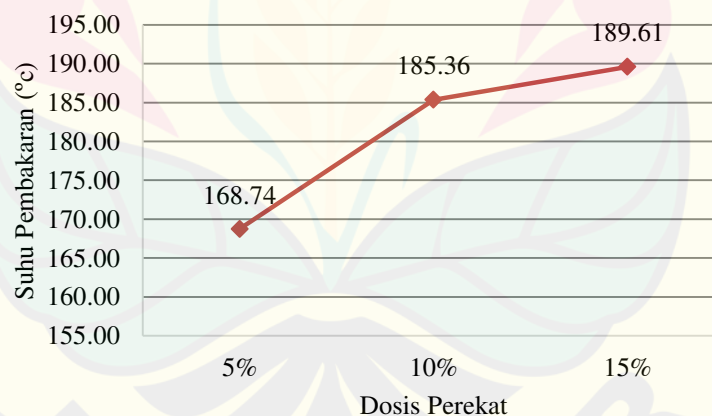
#### 4.5 Analisis Suhu Pembakaran

Analisis suhu pembakaran pada briket bioarang dilakukan untuk mengetahui suhu yang dihasilkan dari beberapa hasil perlakuan yang digunakan. Pengukuran suhu briket dilakukan dengan cara membakar briket arang sampai briket arang habis terbakar. Suhu yang dihasilkan diukur menggunakan *thermocouple* di catat dengan interval waktu 5 menit. Data hasil dari uji suhu pembakaran pada briket bioarang mahkota nanas dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11 Data hasil uji suhu pembakaran

| Perlakuan | Ulangan |        |        | Rata – rata (°C) |
|-----------|---------|--------|--------|------------------|
|           | 1       | 2      | 3      |                  |
| A         | 173.11  | 164.77 | 168.34 | 168.74           |
| B         | 192.85  | 173.73 | 189.50 | 185.36           |
| C         | 193.92  | 189.59 | 185.31 | 189.61           |

Berdasarkan Tabel 4.11 menunjukkan bahwa setiap perlakuan briket bioarang mahkota nanas menghasilkan nilai rata – rata suhu pembakaran yang berbeda. Nilai rata – rata suhu pembakaran pada perlakuan A (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 5%) sebesar 168,74 °C. Perlakuan B (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 10%) sebesar 185,36 °C. Sedangkan perlakuan C (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 15%) sebesar 189,61 °C. Namun, belum ada ketentuan SNI mengenai standarisasi mutu briket pada nilai suhu pembakaran. Berdasarkan nilai yang dihasilkan tersebut, selanjutnya dibuat grafik hasil dari pengujian suhu pembakaran yang dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian suhu pembakaran

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat diketahui nilai suhu pembakaran briket bioarang mahkota nanas mengalami peningkatan pada setiap penambahan persentase kadar perekat. Nilai suhu pembakaran terendah diperoleh pada perlakuan A (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 5%) sebesar 168,74 °C. Sedangkan nilai suhu pembakaran tertinggi diperoleh pada perlakuan

C (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 15%) sebesar 189,61 °C. Tinggi rendahnya suhu pembakaran pada briket dapat dipengaruhi oleh nilai kalor yang dihasilkan. Menurut Jamilatun (2008), Briket dengan nilai kalor yang tinggi dapat mencapai suhu pembakaran yang tinggi dan pencapaian suhu maksimumnya cukup lama. Berikut merupakan hasil analisis nilai suhu pembakaran menggunakan Anova satu faktor dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12 Analisis suhu pembakaran menggunakan Uji Anova satu arah

| Sumber Variasi  | Derajat Bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat Tengah | F Hitung | Ftabel |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|----------|--------|
| Suhu Pembakaran | 2             | 729.5903       | 364.7952       |          |        |
| Galat           | 6             | 280.8323       | 46.8054        | 7.7939   | 5.1433 |
| Total           | 8             | 1010.4226      | 411.6005       |          |        |

Berdasarkan Tabel 4.12 menunjukkan bahwa analisis suhu pembakaran menggunakan uji anova satu arah pada briket bioarang mahkota nanas memiliki nilai  $F_{hitung}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$ , sehingga menghasilkan keputusan  $H_0$  ditolak yaitu ada yang berbeda nyata dari penambahan perekat tapioka terhadap suhu pembakaran briket bioarang mahkota nanas. Hasil analisis tersebut mengindikasikan bahwa variasi dosis perekat yang ditambahkan pada komposisi briket bioarang mahkota nanas memiliki pengaruh yang berbeda terhadap terhadap nilai suhu pembakaran briket. Berdasarkan hasil analisis, maka perlu dilakukan uji lanjut menggunakan uji tukey untuk mengetahui rata – rata perlakuan yang berbeda nyata. Hasil uji tukey dari perlakuan perekat yang berbeda nyata terhadap data rata – rata suhu pembakaran dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13 Analisis suhu pembakaran menggunakan Uji Tukey

| Komparasi      | Beda Absolut | Nilai Kritis |
|----------------|--------------|--------------|
| 5% dengan 10%  | 49.8567      | 17.1426      |
| 5% dengan 15%  | 62.5965      | 17.1426      |
| 10% dengan 15% | 12.7398      | 17.1426      |

Berdasarkan Tabel 4.13 didapatkan kesimpulan bahwa pasangan perlakuan dosis perekat (5% dengan 10%) dan (5% dengan 15%) berbeda nyata terhadap

suhu pembakaran. Hal tersebut ditinjau dari nilai beda absolut yang lebih besar dari nilai kritis. Sedangkan pasangan perlakuan dosis perekat (10% dengan 15%) tidak berbeda nyata terhadap suhu pembakaran. Hal tersebut ditinjau dari nilai beda absolut yang lebih rendah dari nilai kritis. Sehingga dari nilai tersebut menghasilkan keputusan bahwa terdapat dua pasang perlakuan perbedaan yang nyata yaitu pada data pasangan perlakuan dosis perekat (5% dengan 10%) dan (5% dengan 15%) terhadap nilai suhu pembakaran briket bioarang mahkota nanas.

#### 4.6 Analisis Keteguhan

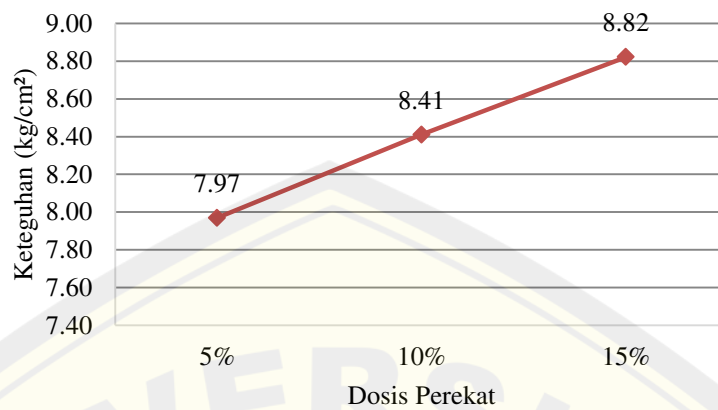
Analisis keteguhan pada briket bioarang dilakukan untuk mengetahui kuat tekan dari beberapa hasil perlakuan yang digunakan. Menurut Saleh *et al.* (2017), Kuat tekan briket merupakan kemampuan briket untuk memberikan daya tahan atau kekompakan briket terhadap pecah atau hancurnya briket jika diberikan beban pada benda tersebut. Semakin tinggi nilai kuat tekan briket berarti daya tahan briket terhadap pecah semakin baik. Data hasil dari uji keteguhan pada briket bioarang mahkota nanas dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 Data hasil uji keteguhan

| Perlakuan | Ulangan |      |      | Rata – rata (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|---------|------|------|-----------------------------------|
|           | 1       | 2    | 3    |                                   |
| A         | 7.94    | 8.12 | 7.85 | 7.97                              |
| B         | 8.38    | 8.56 | 8.29 | 8.41                              |
| C         | 8.65    | 8.82 | 9.00 | 8.82                              |

Berdasarkan Tabel 4.14 menunjukkan bahwa setiap perlakuan briket bioarang mahkota nanas menghasilkan nilai rata – rata keteguhan yang berbeda. Nilai rata – rata keteguhan pada perlakuan A (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 5%) sebesar 7,97 kg/cm<sup>2</sup>. Perlakuan B (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 10%) sebesar 8,41 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan perlakuan C (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 15%) sebesar 8,82 kg/cm<sup>2</sup>. Namun, belum ada ketentuan SNI mengenai standarisasi mutu briket pada nilai keteguhan. Berdasarkan nilai yang dihasilkan tersebut, selanjutnya

dibuat grafik hasil dari pengujian keteguhan yang dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Grafik hasil pengujian keteguhan

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat diketahui nilai keteguhan briket bioarang mahkota nanas mengalami peningkatan pada setiap penambahan persentase kadar perekat. Nilai keteguhan terendah diperoleh pada perlakuan A (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 5%) sebesar 7,97 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan nilai keteguhan tertinggi diperoleh pada perlakuan C (briket bioarang mahkota nanas dengan kadar perekat 15%) sebesar 8,82 kg/cm<sup>2</sup>. Tinggi rendahnya keteguhan pada briket dapat dipengaruhi oleh perekat, jika semakin tinggi dosis perekat maka nilai keteguhan semakin tinggi. Menurut Kholil (2017), Dengan adanya penambahan dosis bahan perekat maka susunan partikel akan semakin baik, teratur dan lebih padat sehingga dalam proses pengempaan keteguhan tekan briket akan semakin tinggi. Berikut merupakan hasil analisis nilai keteguhan menggunakan Anova satu faktor dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15 Analisis keteguhan menggunakan Uji Anova satu arah

| Sumber Variasi | Derajat Bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat Tengah | F Hitung | Ftabel |
|----------------|---------------|----------------|----------------|----------|--------|
| Keteguhan      | 2             | 1.0914         | 0.5457         |          |        |
| Galat          | 6             | 0.1349         | 0.0225         | 24.2692  | 5.1433 |
| Total          | 8             | 1.2263         | 0.5682         |          |        |

Berdasarkan Tabel 4.15 menunjukkan bahwa analisis keteguhan menggunakan uji anova satu arah pada briket bioarang mahkota nanas memiliki

nilai  $F_{hitung}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$ , sehingga menghasilkan keputusan  $H_0$  ditolak yaitu ada yang berbeda nyata dari penambahan perekat tapioka terhadap keteguhan briket bioarang mahkota nanas. Hasil analisis tersebut mengindikasikan bahwa variasi dosis perekat yang ditambahkan pada komposisi briket bioarang mahkota nanas memiliki pengaruh yang berbeda terhadap terhadap nilai keteguhan briket. Berdasarkan hasil analisis, maka perlu dilakukan uji lanjut menggunakan uji tukey untuk mengetahui rata – rata perlakuan yang berbeda nyata. Hasil uji tukey dari perlakuan perekat yang berbeda nyata terhadap data rata – rata keteguhan dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut.

Tabel 4.16 Analisis keteguhan menggunakan Uji Tukey

| Komparasi      | Beda Absolut | Nilai Kritis |
|----------------|--------------|--------------|
| 5% dengan 10%  | 1.3233       | 0.3757       |
| 5% dengan 15%  | 2.5584       | 0.3757       |
| 10% dengan 15% | 1.2351       | 0.3757       |

Berdasarkan Tabel 4.16 didapatkan kesimpulan bahwa seluruh perlakuan dosis perekat berbeda nyata terhadap keteguhan. Hal tersebut ditinjau dari nilai beda absolut yang lebih besar dari nilai kritis. Sehingga dari nilai tersebut menghasilkan keputusan bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada seluruh data perlakuan dosis perekat terhadap nilai keteguhan briket bioarang mahkota nanas.

#### 4.7 Komposisi Briket Biorang Terbaik

Berdasarkan hasil dari penelitian briket bioarang mahkota nanas dengan beberapa perlakuan yang dilakukan menghasilkan komposisi briket bioarang terbaik. Metode yang digunakan untuk mengetahui komposisi briket bioarang mahkota nanas yaitu metode *scoring*. Kriteria - kriteria pada metode ini yaitu :

1. Kadar air terendah
2. Kadar abu terendah
3. Nilai kalor tertinggi
4. Laju pembakaran tertinggi
5. Suhu pembakaran tertinggi
6. Keteguhan tertinggi



Hasil penentuan komposisi briket dengan metode *scoring* dapat dilihat pada Tabel 4.17 berikut.

Tabel 4.17 Hasil uji *scoring*

| Parameter Uji   | Perlakuan                      |                                |                                |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                 | A                              | B                              | C                              |
| Kadar Air       | 3,32%<br>(3)                   | 3,61%<br>(2)                   | 3,87%<br>(1)                   |
| Kadar Abu       | 8,49%<br>(3)                   | 9,05%<br>(2)                   | 9,65%<br>(1)                   |
| Nilai Kalor     | 5135,58 kal/g<br>(1)           | 5352,17 kal/g<br>(2)           | 5468,59 kal/g<br>(3)           |
| Laju Pembakaran | 0,21 g/menit<br>(1)            | 0,22 g/menit<br>(2)            | 0,24 g/menit<br>(3)            |
| Suhu Pembakaran | 168,74 °C<br>(1)               | 185,36 °C<br>(2)               | 189,61 °C<br>(3)               |
| Keteguhan       | 7,97 kg/cm <sup>2</sup><br>(1) | 8,41 kg/cm <sup>2</sup><br>(2) | 8,82 kg/cm <sup>2</sup><br>(3) |
| Total           | 10                             | 12                             | 14                             |

Berdasarkan Tabel 4.17 dapat diketahui bahwa hasil dari penentuan komposisi terbaik briket bioarang mahkota nanas dengan menggunakan metode uji *scoring* yaitu pada perlakuan C dengan komposisi perekat 15%, karena mempunyai total skor tertinggi. Pada perlakuan C skor terendah didapat pada parameter kadar air dan kadar abu. Namun nilai kadar air dan nilai kalor sudah memenuhi standar mutu briket menurut SNI 01-6235-2000, serta pada parameter laju pembakaran, suhu pembakaran dan keteguhan menghasilkan nilai tertinggi.

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Karakteristik pembakaran briket bioarang mahkota nanas dengan penambahan variasi dosis perekat tapioka menghasilkan nilai rata – rata kadar air terendah terdapat pada perlakuan dosis perekat 5% sebesar 3,32%. Nilai rata – rata kadar abu terendah terdapat pada perlakuan dosis perekat 5% sebesar 8,49%. Nilai kalor tertinggi terdapat pada perlakuan dosis perekat 15% sebesar 5468,59 kal/g. Nilai rata – rata laju pembakaran tertinggi terdapat pada perlakuan dosis perekat 15% sebesar 0,24 g/menit. Nilai rata – rata suhu pembakaran tertinggi terdapat pada perlakuan dosis perekat 15% sebesar 189,61°C. Nilai rata – rata keteguhan tertinggi terdapat pada perlakuan dosis perekat 15 % sebesar 8,82 kg/cm<sup>2</sup>.
2. Komposisi terbaik dari briket bioarang mahkota nanas dengan menggunakan metode *scoring* yaitu pada perlakuan C dengan kadar perekat 15%. Hal ini dapat diketahui pada uji karakteristik kadar air dan nilai kalor sesuai dengan SNI 01-6235-2000, serta laju pembakaran, suhu pembakaran dan keteguhan menghasilkan nilai tinggi.

### 5.2 Saran

Saran pada penelitian ini yaitu pada proses karbonisasi diharapkan saat pengisian bahan pada alat tidak mengisi penuh agar pengarangan pada bahan terjadi secara merata. Selain itu, pada saat pengadukan adonan dilakukan perlahan agar adonan tercampur secara merata sehingga menghasilkan briket bioarang yang berkualitas dan memenuhi standar mutu SNI.

## DAFTAR PUSTAKA

- Addina, N. K. dan Lazulva. 2019. *potential of bio-briquette of pineapple crown waste (ananas comosus (l.) merr)*. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*. 02(1):84–89.
- Arifah, R. 2017. Keberadaan karbon terikat dalam briket arang dipengaruhi oleh kadar abu dan kadar zat yang menguap. *Wahana Inovasi*. 6(2):365–377.
- Arni, H. M. Labania, dan A. Nismayanti. 2014. Studi uji karakteristik fisis briket bioarang sebagai sumber energi alternatif. *Online Jurnal of Natural Science*. 3(1):89–98.
- Azhar dan H. Rustamaji. 2009. Bahan bakar padat dari biomassa bambu dengan proses torefaksi dan densifikasi. *Jurnal Rekayasa Proses*. 3(2):26–29.
- Badan Pusat Statistik. 2021. Produksi buah-buahan dan sayuran tahunan menurut jenis tanaman tahun 2017-2020 (Ton). Kabupaten Jember : BPS <https://jemberkab.bps.go.id/statictable/2021/11/08/323/produksi-buah-buahan-dan-sayuran-tahunan-menurut-jenis-tanaman-kw-2017-2020.html> (Diakses pada 12 Februari 2022)
- Hidayat, P. 2008. Teknologi pemanfaatan serat daun nanas sebagai alternatif bahan baku tekstil. *Teknoin*. 13(2):31–35.
- Iskandar, N., S. Nugroho, dan M. F. Feliyana. 2019. Uji kualitas produk briket arang tempurung kelapa berdasarkan standar mutu SNI. *Jurnal Ilmiah Momentum*. 15(2):103–108.
- Jamilatun, S. 2008. Sifat-sifat penyalaan dan pembakaran briket biomassa, briket batubara dan arang kayu. *Jurnal Rekayasa Proses*. 2(2):37–40.
- Joni, A., M. Akrinisa, dan M. Arpah. 2019. Keragaman morfologi tanaman nanas (ananas comosus (l) merr) di kabupaten indragiri hilir. *Jurnal Agro Indragiri*. 4(1):34–38.
- Kholil, A. 2017. Analisis fisis briket arang dari sampah berbahan alami kulit buah dan pelepah salak. *Skripsi*. 1–100.
- Kurniawan, E. 2012. Karakterisasi dan model matematis laju pembakaran biobriket campuran sampah organik dan bungkil jarak (*jatropha curcas l.*) dengan menggunakan perekat tapioka. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 1(1):23–35.

- Kusuma, A. P., S. Chuzaemi, dan M. Mashudi. 2019. Pengaruh lama waktu fermentasi limbah buah nanas (*ananas comosus l. merr*) terhadap kualitas fisik dan kandungan nutrisi menggunakan *aspergillus niger*. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis*. 2(1):1–9.
- Lestari, L., Aripin, Yanti, Zainudin, Sukmawati, dan Marliani. 2010. Analisis kualitas briket arang tongkol jagung yang menggunakan bahan perekat sagu dan kanji. *Jurnal Aplikasi Fisika*. 6(2):93–96.
- Manik, S. F. 2010. Pemanfaatan *spent bleaching earth* dari proses pemucatan cpo sebagai bahan baku briket. *Skripsi*. 1–105.
- Marchel, W. I., P. Freeke, dan T. Dedie. 2019. Analisis perbedaan jenis bahan dan massa pencetakan briket terhadap karakteristik pembakaran briket pada kompor biomassa. 1(5)
- Nasution, M. 2022. Bahan bakar merupakan sumber energi yang sangat diperlukan dalam kehidupan sehari-hari. *Journal of Electrical Technology*. 7(1):29–33.
- Parinduri, L. dan T. Parinduri. 2020. Konversi biomassa sebagai sumber energi terbarukan. *Journal of Electrical Technology*. 5(2):88–92.
- Rifdah, R., N. Herawati, dan F. Dubron. 2017. Pembuatan biobriket dari limbah tongkol jagung pedagang jagung rebus dan rumah tangga sebagai bahan bakar energi terbarukan dengan proses karbonisasi. *Jurnal Distilasi*. 2(2):39–46.
- Ristianingsih, Y., A. Ulfa, dan R. Syafitri. 2015. Karakteristik briket bioarang berbahan baku tandan. *Jurnal Konversi*. 4(2):16–21.
- Saleh, A., L. Novianty, S. Murni, dan A. Nurrahma. 2017. Analisis kualitas briket serbuk gergaji kayu dengan penambahan tempurung kelapa sebagai bahan bakar alternatif. *Al-Kimia*. 5(1):21–30.
- Saputro, D. D., W. Widayat, H. Saptoadi, dan Fauzun. 2013. Karakteristik pembakaran briket limbah pengolahan kayu sengon (*albazia falcataria*). *Saintekno*. 11(2):113–122.
- Satmoko, M. E. A., D. D. Saputro, dan A. Budiyo. 2013. Karakteristik briket dari limbah pengolahan kayu sengon dengan metode cetak panas. *Journal of Mechanical Engineering Learning*. 2(1):1408–1412.
- Setiawan, A., O. Andrio, dan P. Coniwanti. 2012. Pengaruh komposisi pembuatan biobriket dari campuran kulit kacang dan serbuk gergaji terhadap nilai pembakaran. *Jurnal Teknik Kimia*. 18(2):9–16.

- Setyawan, B. dan R. Ulfa. 2019. Analisis mutu briket arang dari limbah biomassa campuran kulit kopi dan tempurung kelapa dengan perekat tepung tapioka. *Edubiotik : Jurnal Pendidikan, Biologi Dan Terapan*. 4(02):110–120.
- Sinurat, E. 2011. Studi Pemanfaatan Briket Kulit Jambu Mete Dan Tongkol Jagung Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Skripsi*. 1–148.
- Sirajuddin, Z. 2021. Pengaruh densitas bahan terhadap mutu briket arang tempurung kelapa. *Mediagro*. 17(1):26–37.
- Susana, I. G. B. 2009. Peningkatan nilai kalor biomassa kotoran kuda dengan metode densifikasi dan thermolisis. *Jurnal Teknik Mesin*. 11(2):103–107.
- Thoha, M. Y. dan D. E. Fajrin. 2010. Pembuatan briket arang dari daun jati dengan sugu aren sebagai pengikat. *Jurnal Teknik Kimia*. 17(1):34–43.
- Triwibowo, B. 2013. Teori dasar simulasi proses pembakaran limbah vinasse dari industri alkohol berbasis cfd. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 2(2):14–24.
- Utomo, A. F. dan N. Primastuti. 2013. Pemanfaatan limbah furniture enceng gondok (*eichornia crassipes*) di koen gallery sebagai bahan dasar pembuatan briket bioarang. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*. 2(2):220–225.
- Wijaya, P. 2012. Analisis pemanfaatan limbah kulit singkong sebagai bahan bakar alternatif biobriket. *Skripsi*. 1–49.
- Yudha, R. S., Komalasari, dan Z. Helwani. 2017. Proses densifikasi pelepah sawit menggunakan *crude gliserol* sebagai filler menjadi bahan bakar padat. *FTEKNIK*. 4(1):1–4.



LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi penelitian



Pemotongan mahkota nanas



Pengeringan mahkota nanas



Karbonisasi



Arang mahkota nanas



Pengecilan ukuran arang



Pengayakan arang





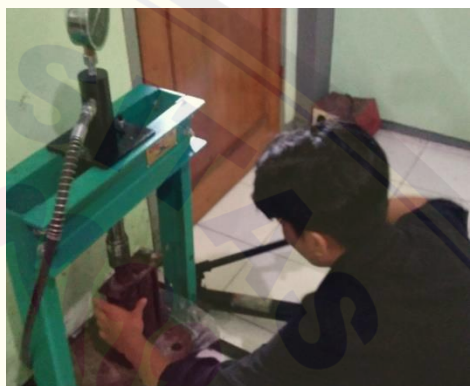
Pengukuran berat arang



Pembuatan bahan perekat



Pencampuran adonan briket bioarang



Pencetakan briket bioarang



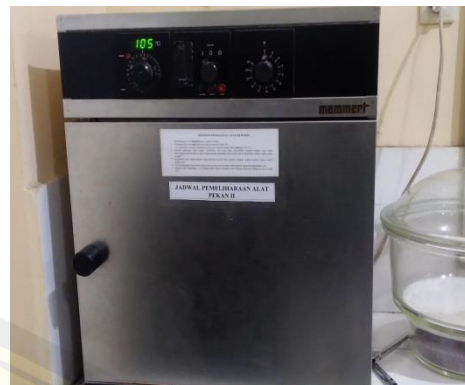
Briket bioarang



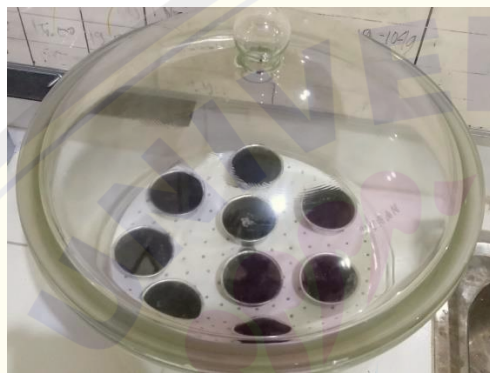
Pengeringan briket bioarang



Penimbangan serbuk (kadar air)



Pengovenan kadar air



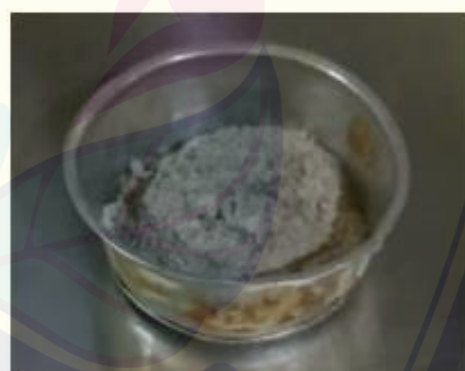
Pendinginan kadar air



Penimbangan hasil kadar air



Penimbangan briket bioarang (kadar abu, laju, dan suhu pembakaran)



Sisa pembakaran



Penimbangan hasil kadar abu



Pengukuran laju dan suhu pembakaran



Penimbangan briket bioarang (keteguhan)



Pengukuran keteguhan

Lampiran 2. Data kadar air

| Perlakuan | Ulangan | Berat Cawan (g) | Berat Sampel (g) | Berat Sampel + Cawan |                     | Kadar Air (%) | Rata-Rata (%) | Max (%) | Min (%) |
|-----------|---------|-----------------|------------------|----------------------|---------------------|---------------|---------------|---------|---------|
|           |         |                 |                  | Sebelum Pengeringan  | Sesudah Pengeringan |               |               |         |         |
| A         | 1       | 4.20            | 5.01             | 9.21                 | 9.04                | 3.28          | 3.32          | 3.36    | 3.28    |
|           | 2       | 4.19            | 5.00             | 9.20                 | 9.03                | 3.36          |               |         |         |
|           | 3       | 4.20            | 5.00             | 9.20                 | 9.04                | 3.31          |               |         |         |
| B         | 1       | 4.20            | 5.00             | 9.21                 | 9.03                | 3.60          | 3.61          | 3.62    | 3.60    |
|           | 2       | 4.20            | 5.01             | 9.21                 | 9.02                | 3.61          |               |         |         |
|           | 3       | 4.10            | 5.00             | 9.11                 | 8.93                | 3.62          |               |         |         |
| C         | 1       | 4.20            | 5.01             | 9.21                 | 9.02                | 3.80          | 3.87          | 3.90    | 3.80    |
|           | 2       | 4.10            | 5.00             | 9.10                 | 8.91                | 3.90          |               |         |         |
|           | 3       | 4.10            | 5.00             | 9.11                 | 8.91                | 3.90          |               |         |         |

Lampiran 3. Data kadar abu

| Perlakuan | Ulangan | Berat Sampel (g) | Sisa Abu (g) | Kadar Abu (%) | Rata-Rata (%) | Max (%) | Min (%) |
|-----------|---------|------------------|--------------|---------------|---------------|---------|---------|
| A         | 1       | 48.51            | 4.14         | 8.53          | 8.49          | 8.68    | 8.26    |
|           | 2       | 50.34            | 4.37         | 8.68          |               |         |         |
|           | 3       | 49.47            | 4.08         | 8.26          |               |         |         |
| B         | 1       | 49.50            | 4.38         | 8.85          | 9.05          | 9.17    | 8.85    |
|           | 2       | 50.27            | 4.61         | 9.17          |               |         |         |
|           | 3       | 48.62            | 4.44         | 9.12          |               |         |         |
| C         | 1       | 48.46            | 4.62         | 9.54          | 9.65          | 9.83    | 9.54    |
|           | 2       | 51.17            | 5.03         | 9.83          |               |         |         |
|           | 3       | 50.49            | 4.84         | 9.59          |               |         |         |



Lampiran 4. Data nilai kalor

| Perlakuan | Kadar Perlakuan                        | Nilai Kalor (kal/g) |
|-----------|--|---------------------|
| A         | 95 % arang mahkota nanas + 5% perekat  | 5135.58             |
| B         | 90 % arang mahkota nanas + 10% perekat | 5352.17             |
| C         | 85 % arang mahkota nanas + 15% perekat | 5468.59             |



UNIVERSITAS GADJAH MADA  
LABORATORIUM PENELITIAN DAN PENGUJIAN TERPADU

Jl. Sekeloa Utara 1 Yogyakarta 55281 Telp. (0271) 543540, 543880 WA: 0811274365  
Email: lpp\_tpt@ugm.ac.id Website: http://lpp.tpt.ugm.ac.id

RP/7.8.1/LPPT  
Rev. 5  
Halaman 1 dari 1

**LAPORAN HASIL UJI**

No. Sertifikat : 02405.D11/UN1/LPPT/2023  
No. Pengujian : 22120102405

**Informasi Umum**

Nama : Reza Cahaya Fatahillah  
Alamat : Universitas Jember  
Tanggal Penerimaan : 26 Desember 2022  
Tanggal Pengujian : 26 Desember 2022  
Lokasi Pengujian : Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu

**Hasil Pengujian**

1. Nama Sampel : Arang Mahkota Nanas (Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka 5%)  
Kode Sampel : A  
Bentuk Sampel : Padat

| Parameter Uji | Hasil   | Satuan | Metode           |
|---------------|---------|--------|------------------|
| Kalori        | 5135,58 | Kalig  | Bomb Calorimeter |

2. Nama Sampel : Arang Mahkota Nanas (Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka 10%)  
Kode Sampel : B  
Bentuk Sampel : Padat

| Parameter Uji | Hasil   | Satuan | Metode           |
|---------------|---------|--------|------------------|
| Kalori        | 5352,17 | Kalig  | Bomb Calorimeter |

3. Nama Sampel : Arang Mahkota Nanas (Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka 15%)  
Kode Sampel : C  
Bentuk Sampel : Padat

| Parameter Uji | Hasil   | Satuan | Metode           |
|---------------|---------|--------|------------------|
| Kalori        | 5468,59 | Kalig  | Bomb Calorimeter |

Yogyakarta, 10 Januari 2023

Manager Teknik



Dr. med. vet. drh. Hovi Wihadnyatami, M.Sc.  
NIP. 198503092010122006

**Perhatian**

- LNU ini hanya berlaku pada sampel yang diujikan
- LNU ini dibuat semata-mata untuk penggunaan yang disebutkan dalam LNU ini
- LPPT tidak bertanggung jawab atas setiap kerugian, kerusakan atau tanggung jawab hukum yang diterima oleh pihak ketiga sebagai akibat dari kepercayaan atau penggunaan LNU ini
- Tidak diperkenankan menggunakan LNU ini tanpa izin dari LPPT UGM



Lampiran 5. Data laju pembakaran

| Perlakuan | Ulangan | Berat Sample (g) | Massa Briket Sisa (g) | Waktu (menit) | Laju Pembakaran (g/menit) | Rata-Rata (g/menit) |
|-----------|---------|------------------|-----------------------|---------------|---------------------------|---------------------|
| A         | 1       | 48.51            | 4.14                  | 212           | 0.21                      | 0.21                |
|           | 2       | 50.34            | 4.37                  | 210           | 0.22                      |                     |
|           | 3       | 49.47            | 4.08                  | 213           | 0.21                      |                     |
| B         | 1       | 49.50            | 4.38                  | 202           | 0.22                      | 0.22                |
|           | 2       | 50.27            | 4.61                  | 198           | 0.23                      |                     |
|           | 3       | 48.62            | 4.44                  | 205           | 0.22                      |                     |
| C         | 1       | 48.46            | 4.62                  | 188           | 0.23                      | 0.24                |
|           | 2       | 51.17            | 5.03                  | 192           | 0.24                      |                     |
|           | 3       | 50.49            | 4.84                  | 191           | 0.24                      |                     |

## Lampiran 6. Data suhu pembakaran

A

| Waktu<br>(menit) | Pengulangan |     |     | Rata-Rata<br>(°C) |
|------------------|-------------|-----|-----|-------------------|
|                  | 1           | 2   | 3   |                   |
| 0                | 37          | 38  | 36  | 37.00             |
| 5                | 95          | 98  | 92  | 95.00             |
| 10               | 103         | 106 | 99  | 102.67            |
| 15               | 118         | 123 | 111 | 117.33            |
| 20               | 105         | 115 | 90  | 103.33            |
| 25               | 102         | 112 | 102 | 105.33            |
| 30               | 111         | 92  | 93  | 98.67             |
| 35               | 103         | 122 | 100 | 108.33            |
| 40               | 90          | 119 | 120 | 109.67            |
| 45               | 110         | 109 | 105 | 108.00            |
| 50               | 148         | 120 | 122 | 130.00            |
| 55               | 158         | 150 | 111 | 139.67            |
| 60               | 112         | 100 | 150 | 120.67            |
| 65               | 120         | 95  | 121 | 112.00            |
| 70               | 210         | 191 | 260 | 220.33            |
| 75               | 232         | 210 | 291 | 244.33            |
| 80               | 305         | 275 | 336 | 305.33            |
| 85               | 309         | 315 | 319 | 314.33            |
| 90               | 311         | 288 | 322 | 307.00            |
| 95               | 306         | 313 | 307 | 308.67            |
| 100              | 306         | 267 | 301 | 291.33            |
| 105              | 320         | 311 | 300 | 310.33            |
| 110              | 312         | 284 | 296 | 297.33            |
| 115              | 328         | 285 | 306 | 306.33            |
| 120              | 325         | 287 | 289 | 300.33            |
| 125              | 321         | 271 | 285 | 292.33            |
| 130              | 309         | 270 | 280 | 286.33            |
| 135              | 311         | 251 | 273 | 278.33            |
| 140              | 283         | 247 | 245 | 258.33            |
| 145              | 253         | 216 | 227 | 232.00            |
| 150              | 205         | 195 | 203 | 201.00            |
| 155              | 176         | 160 | 174 | 170.00            |
| 160              | 157         | 149 | 162 | 156.00            |
| 165              | 141         | 150 | 151 | 147.33            |
| 170              | 132         | 145 | 117 | 131.33            |
| 175              | 127         | 112 | 115 | 118.00            |
| 180              | 89          | 93  | 79  | 87.00             |
| 185              | 97          | 100 | 62  | 86.33             |

|           |     |     |     |        |
|-----------|-----|-----|-----|--------|
| 190       | 58  | 57  | 58  | 57.67  |
| 195       | 49  | 44  | 60  | 51.00  |
| 200       | 45  | 37  | 47  | 43.00  |
| 205       | 31  | 35  | 31  | 32.33  |
| 210       | 29  | 28  | 31  | 29.33  |
| 215       | 28  |     | 28  | 28.00  |
| 220       |     |     |     |        |
| Max       | 328 | 315 | 336 | 314.33 |
| Min       | 28  | 28  | 28  | 28.00  |
| Rata-Rata | 173 | 165 | 168 | 168.74 |

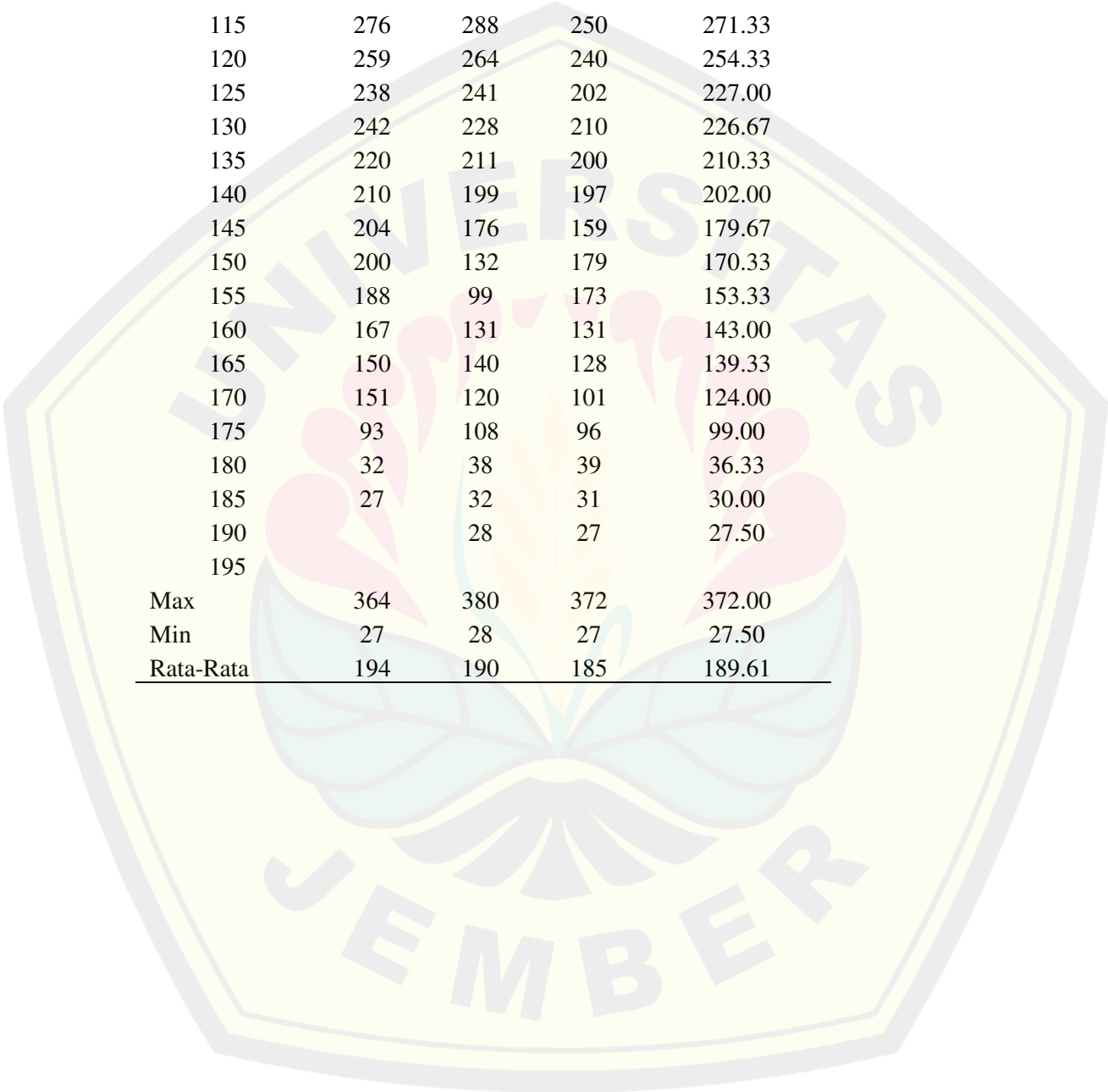
## B

| Waktu<br>(menit) | Pengulangan |     |     | Rata-Rata<br>(°C) |
|------------------|-------------|-----|-----|-------------------|
|                  | 1           | 2   | 3   |                   |
| 0                | 37          | 39  | 36  | 37.33             |
| 5                | 92          | 97  | 95  | 94.67             |
| 10               | 110         | 119 | 105 | 111.33            |
| 15               | 118         | 122 | 120 | 120.00            |
| 20               | 127         | 96  | 135 | 119.33            |
| 25               | 106         | 92  | 137 | 111.67            |
| 30               | 138         | 111 | 143 | 130.67            |
| 35               | 152         | 113 | 158 | 141.00            |
| 40               | 158         | 121 | 172 | 150.33            |
| 45               | 161         | 119 | 145 | 141.67            |
| 50               | 198         | 100 | 152 | 150.00            |
| 55               | 172         | 105 | 150 | 142.33            |
| 60               | 196         | 187 | 188 | 190.33            |
| 65               | 279         | 220 | 257 | 252.00            |
| 70               | 295         | 259 | 300 | 284.67            |
| 75               | 318         | 270 | 337 | 308.33            |
| 80               | 363         | 297 | 335 | 331.67            |
| 85               | 339         | 280 | 330 | 316.33            |
| 90               | 355         | 300 | 337 | 330.67            |
| 95               | 329         | 282 | 311 | 307.33            |
| 100              | 343         | 341 | 328 | 337.33            |
| 105              | 330         | 320 | 328 | 326.00            |
| 110              | 313         | 322 | 339 | 324.67            |
| 115              | 298         | 303 | 336 | 312.33            |
| 120              | 297         | 319 | 296 | 304.00            |
| 125              | 283         | 317 | 300 | 300.00            |

|           |     |     |     |        |
|-----------|-----|-----|-----|--------|
| 130       | 276 | 324 | 280 | 293.33 |
| 135       | 257 | 260 | 267 | 261.33 |
| 140       | 248 | 223 | 249 | 240.00 |
| 145       | 239 | 192 | 225 | 218.67 |
| 150       | 214 | 150 | 182 | 182.00 |
| 155       | 165 | 110 | 169 | 148.00 |
| 160       | 140 | 113 | 163 | 138.67 |
| 165       | 126 | 80  | 132 | 112.67 |
| 170       | 83  | 58  | 89  | 76.67  |
| 175       | 62  | 52  | 70  | 61.33  |
| 180       | 55  | 46  | 66  | 55.67  |
| 185       | 40  | 34  | 55  | 43.00  |
| 190       | 34  | 29  | 43  | 35.33  |
| 195       | 32  | 27  | 40  | 33.00  |
| 200       | 29  |     | 32  | 30.50  |
| 205       |     |     | 27  | 27.00  |
| 210       |     |     |     |        |
| Max       | 363 | 341 | 339 | 337.33 |
| Min       | 29  | 27  | 27  | 27.00  |
| Rata-Rata | 193 | 174 | 190 | 185.36 |

C

| Waktu<br>(menit) | Pengulangan |     |     | Rata-Rata<br>(°C) |
|------------------|-------------|-----|-----|-------------------|
|                  | 1           | 2   | 3   |                   |
| 0                | 38          | 39  | 39  | 38.67             |
| 5                | 82          | 86  | 85  | 84.33             |
| 10               | 108         | 110 | 111 | 109.67            |
| 15               | 98          | 111 | 113 | 107.33            |
| 20               | 113         | 127 | 135 | 125.00            |
| 25               | 122         | 112 | 121 | 118.33            |
| 30               | 119         | 107 | 125 | 117.00            |
| 35               | 162         | 171 | 150 | 161.00            |
| 40               | 160         | 189 | 151 | 166.67            |
| 45               | 174         | 176 | 169 | 173.00            |
| 50               | 167         | 182 | 188 | 179.00            |
| 55               | 162         | 180 | 195 | 179.00            |
| 60               | 178         | 184 | 201 | 187.67            |
| 65               | 184         | 190 | 205 | 193.00            |
| 70               | 241         | 286 | 281 | 269.33            |
| 75               | 248         | 301 | 279 | 276.00            |



|           |     |     |     |        |
|-----------|-----|-----|-----|--------|
| 80        | 296 | 323 | 312 | 310.33 |
| 85        | 327 | 360 | 332 | 339.67 |
| 90        | 346 | 366 | 343 | 351.67 |
| 95        | 364 | 380 | 372 | 372.00 |
| 100       | 353 | 356 | 348 | 352.33 |
| 105       | 341 | 322 | 331 | 331.33 |
| 110       | 329 | 301 | 278 | 302.67 |
| 115       | 276 | 288 | 250 | 271.33 |
| 120       | 259 | 264 | 240 | 254.33 |
| 125       | 238 | 241 | 202 | 227.00 |
| 130       | 242 | 228 | 210 | 226.67 |
| 135       | 220 | 211 | 200 | 210.33 |
| 140       | 210 | 199 | 197 | 202.00 |
| 145       | 204 | 176 | 159 | 179.67 |
| 150       | 200 | 132 | 179 | 170.33 |
| 155       | 188 | 99  | 173 | 153.33 |
| 160       | 167 | 131 | 131 | 143.00 |
| 165       | 150 | 140 | 128 | 139.33 |
| 170       | 151 | 120 | 101 | 124.00 |
| 175       | 93  | 108 | 96  | 99.00  |
| 180       | 32  | 38  | 39  | 36.33  |
| 185       | 27  | 32  | 31  | 30.00  |
| 190       |     | 28  | 27  | 27.50  |
| 195       |     |     |     |        |
| Max       | 364 | 380 | 372 | 372.00 |
| Min       | 27  | 28  | 27  | 27.50  |
| Rata-Rata | 194 | 190 | 185 | 189.61 |

Lampiran 7. Data keteguhan

| Perlakuan | Ulangan | Massa Briket (g) | D (cm) | T (cm) | Luas Penampang (cm <sup>2</sup> ) | Tekanan (kg) | Keteguhan Tekanan (kg/cm <sup>2</sup> ) | Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|---------|------------------|--------|--------|-----------------------------------|--------------|---|---------------------------------|
| A         | 1       | 48.71            | 3.8    | 4.7    | 11.34                             | 90           | 7.94                                    | 7.97                            |
|           | 2       | 49.19            | 3.8    | 4.8    | 11.34                             | 92           | 8.12                                    |                                 |
|           | 3       | 48.58            | 3.8    | 4.6    | 11.34                             | 89           | 7.85                                    |                                 |
| B         | 1       | 49.21            | 3.8    | 4.8    | 11.34                             | 95           | 8.38                                    | 8.41                            |
|           | 2       | 49.86            | 3.8    | 4.9    | 11.34                             | 97           | 8.56                                    |                                 |
|           | 3       | 48.64            | 3.8    | 4.7    | 11.34                             | 94           | 8.29                                    |                                 |
| C         | 1       | 48.49            | 3.8    | 4.6    | 11.34                             | 98           | 8.65                                    | 8.82                            |
|           | 2       | 49.57            | 3.8    | 4.9    | 11.34                             | 100          | 8.82                                    |                                 |
|           | 3       | 50.30            | 3.8    | 5.1    | 11.34                             | 102          | 9.00                                    |                                 |