



**KARAKTERISTIK BIOPELET BERDASARKAN KOMPOSISI PELEPAH
SALAK DAN BAGAS TEBU MENGGUNAKAN MESIN BIOPELET
BERPENGADUK TIPE HORIZONTAL**

SKRIPSI

Oleh :

ERIC CHRISANDY

NIM 165100200111011



PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM

DEPARTEMEN TEKNIK BIOSISTEM

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2022



**KARAKTERISTIK BIOPELET BERDASARKAN KOMPOSISI PELEPAH
SALAK DAN BAGAS TEBU MENGGUNAKAN MESIN BIOPELET
BERPENGADUK TIPE HORIZONTAL**

SKRIPSI PENELITIAN

Oleh :

ERIC CHRISANDY

NIM.165100200111011

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik



PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM

DEPARTEMEN TEKNIK BIOSISTEM

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2022



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul TA. : Karakteristik Biopelet Berdasarkan Komposisi Pelepan Salak dan Bagas Tebu Menggunakan Mesin Biopelet Berpengaduk Tipe Horizontal

Nama Mahasiswa : Eric Chrisandy

NIM : 165100200111011

Program Studi : Teknik Pertanian dan Biosistem

Jurusan : Departemen Teknik Biosistem

Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Sumardi Hadi Sumarlan, MS
NIP. 19540112 198002 1 001

Dosen Pembimbing II

Joko Prasetyo, STP, M.Si
NIK. 201504 860730 1 001

Tanggal Persetujuan :

Tanggal Persetujuan :

**PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Eric Chrisandy
NIM : 165100200111011
Jurusan : Departemen Teknik Biosistem
Fakultas : Teknologi Pertanian
Judul TA : Karakteristik Biopelet Berdasarkan Komposisi Pelepah Salak dan Bagas Tebu Menggunakan Mesin Biopelet Berpengaduk Tipe Horizontal

Menyatakan bahwa,

TA dengan judul diatas merupakan karya asli penulis tersebut diatas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 17 Desember 2021

Pembuat pernyataan,

Eric Chrisandy

NIM. 165100200111011



ERIC CHRISANDY. 165100200111011. KARAKTERISTIK BIOPELET BERDASARKAN KOMPOSISI PELEPAH SALAK DAN BAGAS TEBU MENGGUNAKAN MESIN BIOPELET BERPENGADUK TIPE HORIZONTAL. Pembimbing: Prof.Dr.Ir. Sumardi Hadi Sumarlan, MS dan Joko Prasetyo, STP, M.Si

RINGKASAN

Biomassa merupakan bahan yang berasal dari zat-zat organik yang dapat diperbaharui, dan dari makhluk hidup baik hewan ataupun tumbuhan. Indonesia memiliki potensi energi biomassa yang sangat besar bersumber dari berbagai biomassa limbah pertanian. Biomassa dapat diolah menjadi biopelet untuk meningkatkan kualitasnya. Pemanfaatan biopelet diantaranya sebagai bahan bakar boiler dan sebagai alternatif bahan bakar kompor masak. Salah satu pengembangan biomassa yang berpeluang besar di Indonesia adalah tanaman salak dan tebu. Pelepah salak dan bagas tebu mempunyai kandungan selulosa dan hemiselulosa yang cukup tinggi sehingga mudah terbakar. Maka dari itu, pelepah salak dan bagas tebu dapat dikonversi menjadi bahan bakar seperti biopelet. Pembuatan biopelet menggunakan mesin biopelet berpengaduk tipe horizontal yang terdiri dari 3 bagian utama yaitu penghancur bahan, pencampur atau pengaduk bahan, dan pencetak bahan. Perkat yang digunakan adalah limbah tepung porang karena mempunyai kandungan glikomannan yang tinggi sehingga mempunyai daya rekat yang kuat. Namun perlu diperhatikan komposisi yang sesuai untuk menghasilkan biopelet kualitas terbaik. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan dua faktor yaitu komposisi pelepah salak dan bagas tebu serta ukuran diameter cetakan. Dengan perlakuan tersebut dapat diketahui komposisi terbaik untuk memaksimalkan mutu biopelet dan menganalisis karakteristik biopelet yaitu densitas, kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat, dan nilai kalor.

Kata Kunci: biomassa, biopelet, pelepah salak, bagas tebu, bahan bakar alternatif, limbah tepung porang



**ERIC CHRISANDY. 165100200111011. CHARACTERISTICS OF BIO-PELLETS
BASED ON THE COMPOSITION OF SNAKEFRUIT STEM AND SUGAR CANE
BAGASSE USING BIO-PELLETS MACHINE WITH HORIZONTAL MIXER.
Supervisor: Prof.Dr.Ir. Sumardi Hadi Sumarlan, MS and Joko Prasetyo, STP,
M.Si**

SUMMARY

Biomass is material derived from organic substances that can be renewable, and from living things, both animals and plants. Indonesia has enormous potential for biomass energy sourced from various agricultural waste biomass. Biomass can be processed into biopellets to improve its quality. Utilization of biopellets, among others, as boiler fuel and as an alternative fuel for cooking stoves. One of the potential biomass developments in Indonesia is snakefruit and sugar cane. The stem of snakefruit and bagasse has a high content of cellulose and hemicellulose which makes it easy to burn. Therefore, snakefruit stem and bagasse can be converted into fuels such as biopellets. The manufacture of biopellets uses a horizontal type stirred biopellet machine which consists of 3 main parts, namely the material crusher, the material mixer, and the material printer. The adhesive used is porang flour waste because it has a high glycomannan content so it has a strong adhesion. However, it is necessary to pay attention to the appropriate composition to produce the best quality biopellet. This study used a factorial completely randomized design (CRD) with two factors, namely the composition of the snakefruit stem and bagasse and the size of the mold diameter. With this treatment, it can be known the best composition to maximize the quality of the biopellet and analyze the characteristics of the biopellet, namely density, moisture content, ash content, volatile matter content, bound carbon content, and calorific value.

Key Word: *biomass, bio-pellet, snakefruit stem, bagasse, alternative fuel, porang flour waste*

**DAFTAR ISI****Halaman**

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	vi
RINGKASAN	vii
SUMARRY	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tanaman Salak.....	4
2.2. Pelepah Salak.....	5
2.3. Tanaman Tebu.....	6
2.4. Bagas Tebu.....	7
2.5. Limbah Tepung Porang.....	8
2.6. Biomassa.....	10
2.7. Biopelet.....	10



2.8. Mesin Penggiling Tipe Pisau (*Cutter Mill*)..... 11

2.9. Pencetak Biopelet..... 12

III. METODE PENELITIAN 13

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian..... 13

3.2. Alat dan Bahan 13

3.2.1. Alat..... 13

3.2.2. Bahan..... 13

3.3. Variabel yang Digunakan..... 13

3.3.1. Variabel Bebas 13

3.3.2. Variabel Terikat 14

3.4. Metode Penelitian..... 14

3.5. Pelaksanaan Penelitian..... 15

3.5.1. Persiapan Bahan..... 15

3.5.2. Pembuatan Biopelet..... 16

3.6. Diagram Alir Penelitian..... 18

3.6.1. Diagram Alir Proses Pembuatan Biopelet..... 18

3.6.2. Diagram Alir Pembuatan Biopelet..... 19

3.7. Pengujian Biopelet..... 20

3.7.1. Kerapatan..... 20

3.7.2. Kadar Air 20

3.7.3. Kadar Abu..... 20

3.7.4. Kadar Zat Terbang..... 21

3.7.5. Kadar Karbon Terikat..... 21

3.7.6. Nilai Kalor..... 21

3.8. Analisis Kualitas Biopelet..... 22

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 23

4.1. Analisis Karakteristik Bahan Baku dan Perekat..... 23

4.2. Analisis Densitas Biopelet 24

4.3. Analisis Kadar Air Biopelet 26

4.4. Analisis Kadar Abu Biopelet 28

4.5. Analisis Kadar Zat Terbang Biopelet 30

4.6. Analisis Kadar Karbon Terikat Biopelet..... 32

4.7. Analisis Nilai Kalor Biopelet 34

4.8. Penentuan Formulasi Terbaik Biopelet..... 36

V. KESIMPULAN DAN SARAN 37



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
2.1	Komposisi Penyusun Tebu.....	7
2.2	Komponen Penyusun Serat Ampas Tebu.....	8
2.3	Karakteristik Kimia Dan Fisika Tepung Porang.....	9
3.1	Kombinasi Perlakuan.....	14
3.2	Standar SNI Biopelet.....	22
4.1	Karakteristik Bahan Baku Biopelet.....	23
4.2	Hasil Pengujian Densitas Biopelet.....	24
4.3	Hasil Pengujian Kadar Air Biopelet.....	26
4.4	Hasil Pengujian Kadar Abu Biopelet.....	28
4.5	Hasil Pengujian Kadar Zat Terbang Biopelet.....	30
4.6	Hasil Pengujian Kadar Karbon Terikat Biopelet.....	32
4.7	Hasil Pengujian Nilai Kalor Biopelet.....	34
4.8	Hasil Skor Penilaian Biopelet.....	36



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
2.1.	Tanaman Salak.....	5
2.2.	Pelepah Salak.....	5
2.3.	Tanaman Tebu.....	7
2.4.	Bagas Tebu.....	8
2.5.	Limbah Tepung Porang.....	9
2.6.	<i>Cutter Mill</i>	12
2.7.	Pencetak Biopelet.....	12
3.1.	Mesin Biopelet Berpengaduk Tipe Horizontal.....	16
3.2.	Diagram Alir Proses Pembuatan Biopelet.....	18
3.3.	Diagram Alir Pembuatan Biopelet.....	19
4.1.	Grafik Hasil Pengujian Densitas Biopelet.....	24
4.2.	Grafik Hasil Pengujian Kadar Air Biopelet.....	26
4.3.	Grafik Hasil Pengujian Kadar Abu Biopelet.....	28
4.4.	Grafik Hasil Pengujian Kadar Zat Terbang Biopelet.....	30
4.5.	Grafik Hasil Pengujian Kadar Karbon Terikat Biopelet.....	32
4.6.	Grafik Hasil Pengujian Nilai Kalor Biopelet.....	34

**DAFTAR LAMPIRAN**

Nomor	Teks	Halaman
1.	Bagian-Bagian Mesin Berpengaduk Tipe Horizontal.....	42
2.	Data Hasil Analisis Densitas Biopelet.....	43
3.	Data Hasil Analisis Kadar Air Biopelet.....	46
4.	Data Hasil Analisis Kadar Abu Biopelet.....	48
5.	Data Hasil Analisis Kadar Zat Terbang Biopelet.....	51
6.	Data Hasil Analisis Kadar Karbon Terikat Biopelet.....	54
7.	Data Hasil Analisis Nilai Kalor Biopelet.....	58
8.	Diagram Alir Proses Pengujian Kerapatan.....	61
9.	Diagram Alir Proses Pengujian Kadar Air.....	62
10.	Diagram Alir Proses Pengujian Kadar Abu.....	63
11.	Diagram Alir Proses Pengujian Kadar Zat Terbang.....	64
12.	Diagram Alir Proses Pengujian Kadar Karbon Terikat.....	65
13.	Diagram Alir Proses Pengujian Nilai Kalor.....	65
14.	Dokumentasi Penelitian.....	67



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan manusia akan energi semakin lama semakin tinggi dikarenakan populasi manusia yang semakin meningkat pula. Secara umum energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja atau usaha. Berdasarkan sumbernya energi dibedakan menjadi dua, yaitu energi terbarukan dan tidak terbarukan. Energi terbarukan merupakan sumber energi alam yang dapat langsung dimanfaatkan dengan bebas seperti (energi surya, energi angin, energi panas bumi, energi air, energi *biomassa*), sedangkan sumber energi tidak terbarukan merupakan sumber energi yang jumlahnya terbatas dan tidak dapat diperbarui. Salah satu pemanfaatan energi adalah sebagai bahan bakar untuk kegiatan industri, rumah tangga, dan jasa. Bahan bakar yang paling umum dipakai adalah bahan bakar fosil yang merupakan energi tidak terbarukan. Penggunaan bahan bakar fosil yang telah berlangsung lama, dari dulu hingga sekarang ini menyebabkan timbulnya masalah-masalah lingkungan. Oleh karena itu diperlukan gerakan global menuju pembangkitan energi terbarukan agar bahan bakar fosil tidak cepat habis. Salah satu bahan bakar terbarukan yang memiliki nilai guna yang mirip dengan bahan bakar fosil adalah biomassa.

Biomassa yang dapat dimanfaatkan di Indonesia adalah tanaman salak dan tebu. Menurut Rahayu *et al.* (2017) pemanfaatan tanaman salak selama ini hanya terfokus pada buahnya saja, sedangkan untuk pelepah dan daunnya belum termanfaatkan secara baik. Pelepah tanaman salak yang telah dipotong dianggap masyarakat sebagai limbah dan belum termanfaatkan, sehingga apabila dibuang ke sungai akan merusak lingkungan dan menurunkan fungsi sungai sebagai saluran air. Menurut Anisya *et al.* (2020) sekitar 50% ampas tebu yang dihasilkan di setiap pabrik gula dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler dan sisanya ditimbun sebagai buangan yang memiliki nilai ekonomi rendah. Penimbunan ampas tebu dalam waktu tertentu akan menimbulkan permasalahan, dikarenakan limbah ampas tebu merupakan material yang mudah terbakar, penimbunan ampas tebu tersebut berdampak pada pencemaran lingkungan, dan menyita lahan yang luas sebagai tempat penyimpanannya. Artinya, limbah ampas tebu yang masih cukup besar belum dimanfaatkan dan perlu penanganan secara serius untuk diolah kembali. Oleh karena itu, limbah berupa pelepah salak dan bagas tebu



dapat dimanfaatkan dalam pembuatan biopelet maupun briket untuk meningkatkan nilai kalornya.

Biopelet adalah jenis bahan bakar padat berbasis limbah dengan ukuran lebih kecil dari ukuran briket. Pengolahan biopelet akan meningkatkan *bulk density* biomassa sehingga dapat mengurangi area penyimpanan yang diperlukan dan memperbaiki kualitas pembakarannya. Pembuatan biopelet dapat dilakukan dengan cara konvensional, yaitu pembuatannya dilakukan secara manual dalam proses penghancuran, penyaringan, pencampuran, pengepresan, dan pencetakan bahan. Pembuatan biopelet juga dapat dilakukan dengan menggunakan mesin untuk menghemat waktu dan tenaga. Pembuatan biopelet menggunakan mesin dinilai lebih efektif daripada manual karena hasil yang diperoleh lebih baik dan seragam.

Salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam pembuatan biopelet adalah penambahan perekat. Perekat digunakan untuk menyatukan bahan baku biopelet sebelum dimampatkan. Perekat yang digunakan bisa dari perekat sintesis maupun perekat organik. Perekat organik yang dapat dimanfaatkan adalah limbah tepung porang. Jenis tepung tersebut mengandung kadar glikomanan yang cukup tinggi. Glukomanan inilah yang berfungsi sebagai perekat ketika ditambahkan air.

Penelitian ini akan menggunakan perbandingan komposisi biomassa pelepah salak dan bagas tebu sebagai bahan utama dan limbah tepung porang sebagai perekatnya yang akan diolah menjadi pellet biomassa atau biopelet menggunakan mesin biopelet berpengaduk tipe horizontal. Proses penggilingan, pencampuran, dan pencetakan atau pengepresan dilakukan dalam satu kali proses dengan satu sumber putaran mesin sehingga dapat menghemat waktu pembuatan. Variabel yang digunakan adalah komposisi bahan dan ukuran diameter pencetak yang merupakan faktor penting dalam pembuatan biopelet sehingga dapat diperoleh biopelet dengan kualitas terbaik. Adapun karakteristik yang dapat diamati adalah densitas, kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan nilai kalor. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang tidak terbarukan dan limbah tanaman salak dan tebu dapat dimanfaatkan dengan baik serta meningkat nilai gunanya.



1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang ada sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik biopelet dari pelepah salak dan bagas tebu?
2. Bagaimana formula yang paling tepat untuk memperoleh biopelet dengan mutu terbaik?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik biopelet dari pelepah salak dan bagas tebu
2. Mencari mutu biopelet terbaik dari berbagai formula biopelet dari pelepah salak dan bagas tebu

1.4. Manfaat Penelitian

1. Memanfaatkan limbah pelepah salak dan bagas tebu sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomisnya
2. Memanfaatkan bahan bakar alternatif yang terbarukan sebagai pengganti bahan bakar konvensional yang tidak terbarukan

1.5. Batasan Masalah

Berikut ini adalah beberapa batasan masalah yang diambil agar bentuk penelitian yang dijalankan lebih terfokus pada judul yang ada :

1. Penelitian ini menguji karakteristik biopelet berdasarkan SNI 8675:2018 untuk biopelet skala rumah tangga yaitu densitas, kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat, dan nilai kalor.
2. Limbah tepung porang adalah sisa dari pemurnian tepung porang kasar menjadi tepung glukomanan.
3. Penelitian ini menggunakan ukuran mesh yang seragam yaitu 60 mesh.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Salak

Tanaman salak adalah sejenis palma dengan buah yang biasa dimakan. Dalam Bahasa Inggris disebut *Snake Fruit*, sementara nama ilmiahnya adalah *Salacca zalacca*. Buah ini disebut *Snake Fruit* karena kulitnya mirip dengan sisik ular. Salak berbentuk perdu atau hampir tidak berbatang, berduri banyak, melata, dan beranak banyak, tumbuh menjadi rumpun yang rapat dan kuat. Batang menjalar di bawah atau di atas tanah, membentuk rimpang, sering bercabang, diameter 10-15 cm. Tanaman salak ini memiliki daun majemuk menyirip panjang kira-kira 3-7 m, tangkai daun pelepah dan anak daun berduri panjang, tipis, dan banyak, warna duri kelabu sampai kehitaman. Anak daun berbentuk lanset dengan ujung meruncing berukuran sampai 8 x 85 cm, sisi bawah keputihan oleh lapisan lilin (Ruriani *et al.*, 2018).

Salak (*Salacca zalacca*) merupakan tanaman asli Indonesia. Salak mempunyai nilai ekonomis dan peluang pasar yang cukup luas baik di dalam negeri maupun ekspor. Varietas salak dibedakan berdasarkan tekstur daging buah, warna kulit buah, besar buah, aroma dan rasa daging buah, serta habitus. Perbedaan ini tidak hanya terjadi pada tanaman salak dari sentra produksi yang berbeda, tetapi juga antar tanaman dalam satu daerah (Darmawati, 2019).

Tanaman salak memiliki tinggi umumnya tidak lebih dari 4,5 meter, dengan batang yang pendek dan hampir tidak kelihatan karena ruas-ruasnya yang padat juga pelepah daun yang tersusun rapat. Tanaman salak ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.

Tanaman ini hidup dengan baik di daerah dengan curah hujan rata-rata 200-400 mm/bulan. Kebutuhan suhu rata-rata harian berkisar 20-30 °C. Tanah yang netral, tidak asam dan tidak basa, bagus untuk tanaman salak. Umumnya pH tanah yang optimal sekitar 6,0-7,0. Ketinggian tanah yang sesuai untuk tanaman salak adalah 0-700 meter dari permukaan laut. Yang terbaik adalah berkisar antara 1-400 meter di atas permukaan laut. Tanah yang berada di kemiringan, lereng bukit, atau lembah masih memungkinkan untuk ditanami salak (Sahputra, 2008).



Gambar 2.1. Tanaman Salak
Sumber: (Darmawati, 2019)

2.2. Pelepah Salak

Pelepah salak merupakan salah satu bahan non kayu yang baik untuk bahan baku briket. Pelepah salak ditunjukkan pada **Gambar 2.2.** Pelepah salak merupakan bahan berlignoselulosa yang memiliki kerapatan rendah yang sesuai digunakan sebagai bahan baku pembuatan briket. Secara umum, batang tumbuhan monokotil memiliki kerapatan yang lebih tinggi pada bagian dekat kulit dibandingkan bagian tengahnya. Kadar air pelepah salak segar yaitu 67.04% (bb). Kandungan senyawa kimia penyusun serat pelepah salak adalah selulosa 52%, hemiselulosa 35%, lignin 29%, dan silika 0.6%. Pelepah salak yang dikeringkan sampai tingkat kadar air menjadi 10-20% mengalami penyusutan sebesar 14.17% pada arah radial, arah longitudinal (panjang) sebesar 0.47% dan susut volume sebesar 27.64% (Kholil,2017).



Gambar 2.2. Pelepah Salak
Sumber: (Dokumentasi Pribadi)



2.3. Tanaman Tebu

Tanaman tebu tergolong tanaman perdu dengan nama latin *Saccharum officinarum* L. Di daerah Jawa Barat disebut Tiwu, Di daerah Jawa Tengah dan Jawa Timur disebut Tebu atau Rosan. Menurut Iriyanto (2019) Sistematika tanaman tebu adalah:

Divisi : Spermatophyta
 Subdivisi : Angiospermae
 Kelas : Monocotyledone
 Ordo : Poales
 Famili : Poaceae
 Genus : *Saccharum*
 Species : *Saccharum officinarum* L.

Tanaman tebu tumbuh didaerah tropika dan sub tropika sampai batas garis isoterm 200°C, yaitu antara 190 LU – 350 LS. Kondisi tanah yang baik bagi tanaman tebu adalah yang tidak terlalu kering dan tidak terlalu basah. Dilihat dari jenis tanah, tanaman tebu dapat tumbuh baik pada berbagai jenis tanah seperti tanah alluvial, grumosol, latosol dan regusol dengan ketinggian antar 0 – 1400 m diatas permukaan laut (dpl.). Akan tetapi lahan yang paling sesuai adalah kurang dari 500 mdpl (Iriyanto, 2019).

Budidaya tebu dilakukan pada dua tipe lahan, yaitu lahan sawah dan lahan tegalan. Kedua tipe lahan tersebut memiliki potensi produktivitas yang sangat berbeda. Secara umum potensi produktivitas lahan sawah relatif lebih tinggi dibandingkan dengan lahan tegalan. Tanaman tebu ditunjukkan pada **Gambar 2.3**. Tebu adalah tanaman yang banyak memerlukan air, tetapi bukan tanaman air (Ardiyansyah dan Purnomo, 2015). Komposisi batang tebu ditunjukkan pada **Tabel**

2.1.



Tabel 2.1. Komposisi Penyusun Tebu

No	Kandungan	Jumlah (%)
1	Gula	8
2	Tetes	3,5
3	Blotong	5
4	Ampas tebu	83,5

Sumber: (Anshori, 2008)



Gambar 2.3. Tanaman Tebu

Sumber: (Lathifah, 2020)

2.4. Bagas Tebu

Ampas tebu (*bagasse*) merupakan suatu residu dari proses penggilingan tanaman tebu (*saccharum officinarum*) setelah diekstrak atau dikeluarkan niranya pada industri pemurnian gula sehingga diperoleh hasil samping sejumlah besar produk limbah berserat yang dikenal sebagai ampas tebu (*bagasse*). Limbah ini banyak mengandung serat dan gabus. Ampas tebu selain dimanfaatkan sendiri oleh pabrik sebagai bahan bakar pemasakan nira, juga dimanfaatkan oleh pabrik kertas sebagai pulp campuran pembuat kertas. Kadangkala masyarakat sekitar pabrik memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan bakar (Wiranto, 2021).

Ampas tebu memiliki sifat fisik yaitu berwarna kekuning- kuningan, berserat (berserabut), lunak dan relatif membutuhkan tempat yang luas untuk penyimpanan dalam jumlah berat tertentu. Bagas tebu ditunjukkan pada **Gambar 2.4**. Ampas tebu yang dihasilkan dari tanaman tebu tersusun atas penyusun – penyusunnya antara lain air (kadar air 44,5%), serat yang berupa zat padat (kadar serat 52,0%)



dan brix zat yang dapat larut, termasuk gula yang larut (3,5%). Secara kimiawi komponen utama penyusun ampas tebu adalah serat yang didalamnya terkandung selulosa, poliosa seperti hemiselulosa dan lignin (Cipta, 2018). Komponen penyusun serat ampas tebu ditunjukkan pada **Tabel 2.2**.



Gambar 2.4. Bagas Tebu
Sumber: (Dokumentasi Pribadi)

Tabel 2.2. Komponen Penyusun Serat Ampas Tebu

Komponen	Kandungan (%)
Selulosa	45
Pentosan	32
Lignin	18
Komponen lainnya	5

Sumber: (Cipta, 2018)

2.5. Limbah Tepung Porang

Tepung porang merupakan tepung yang berasal dari umbi porang yang memiliki kandungan glukomanan bersifat hidrokoloid kuat. Adapun kandungan yang dimiliki oleh tepung porang yaitu glukomanan 64,98%, pati 10,24%, protein 3,42%, dan serat 5,9% (Novidahlia *et al.*, 2019). Umbi porang atau Iles-iles (*Amorphophallus oncophyllus*) merupakan jenis talas-talasan yang tumbuh liar hampir di seluruh hutan Indonesia. Potensi produksi umbi Iles-iles yang sangat besar belum dimanfaatkan secara maksimal, padahal Iles-iles merupakan bahan baku tepung mannan yang memiliki nilai ekonomi sangat tinggi dan kegunaan yang sangat luas dalam bidang pangan dan industri. Umbi porang mengandung serat larut glukomannan yang memiliki kemampuan membentuk gel yang bersifat

antara selulosa dan galaktomannan. Umbi porang mengembang membentuk kolid dengan adanya air yang bersifat rekat. Kandungan glukomannan dalam tepung umbi porang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembentuk gel, bahan pengemulsi, surfaktan, kosmetik, dan lain-lain. Daya guna sifat merekat glukomannan dapat juga dipakai dalam bidang farmasi yaitu sebagai bahan pengisi, penghancur dan pengikat tablet (Sugiyono dan Dyah, 2016). Karakteristik kimia dan fisika tepung porang dapat dilihat pada **Tabel 2.3**. Gambar tepung tepung porang dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.

Tabel 2.3. Karakteristik Kimia dan Fisika Tepung Porang

Parameter	Hasil Analisa (%)
Air	9,82
Abu	3,49
Pati	2,90
Protein	2,70
Lemak	1,69
Kalsium Oksalat	2,11
Glukomannan	64,77

Sumber: (Kurniawati, 2010)



Gambar 2.5. Limbah Tepung Porang
Sumber: (Dokumentasi Pribadi)



2.6. Biomassa

Biomassa merupakan bahan yang berasal dari zat-zat organik yang dapat diperbaharui, dan dari makhluk hidup baik hewan ataupun tumbuhan. Selama biomassa digunakan sebagai bahan mentah, karbonnya dapat dipertahankan di dalam bahan dan tidak memberikan efek kepada emisi gas rumah kaca yang memberikan kontribusi terhadap pemanasan global. Biomassa terdiri atas senyawa makromolekul alami yaitu selulosa, lignin dan protein (Tangio, 2013). Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, biomassa untuk bahan energi dapat memanfaatkan bahan yang nilai ekonomisnya rendah atau limbah setelah diambil produk primernya. Indonesia memiliki potensi energi biomassa sebesar 50.000 MW yang bersumber dari berbagai biomassa limbah pertanian, seperti: produk samping kelapa sawit, penggilingan padi, *plywood*, pabrik gula, kakao, dan limbah pertanian lainnya. Baru sekitar 320 MW yang sudah dimanfaatkan atau hanya 0,64% dari seluruh potensi yang ada. Hal ini berarti bahwa biomassa merupakan sumber energi yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Pemanfaatan biomassa sebagai energi terbarukan dapat berupa briket arang maupun biopellet (Wahyullah *et al.*, 2018).

Biomassa sudah cukup lama digunakan oleh masyarakat sebagai bahan bakar, namun masih dengan cara-cara tradisional seperti untuk kayu bakar. Energi yang dihasilkan telah digunakan untuk berbagai tujuan antara lain untuk kebutuhan rumah tangga (memasak dan industri rumah tangga), pengering hasil pertanian dan industri kayu, pembangkit listrik pada industri kayu dan gula. Biomassa merupakan salah satu jenis bahan bakar padat selain batubara. Biomassa terdiri atas beberapa komponen yaitu kadar air (*moisture content*), zat terbang/mudah menguap (*volatile matter*), karbon terikat (*fixed carbon*), dan abu (*ash*). Proses pengeringan akan menghilangkan *moisture*, devolatilisasi yang merupakan tahapan pirolisis akan melepaskan *volatile*, pembakaran arang melepaskan karbon terikat dan sisa pembakaran menghasilkan abu (Syamsiro, 2016).

2.7. Biopellet

Biopellet adalah jenis bahan bakar padat berbasis limbah dengan ukuran lebih kecil dari ukuran briket. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kualitas biopellet adalah ukuran serbuk dan jenis perekat (Zulfian *et al.*, 2015). Biomassa

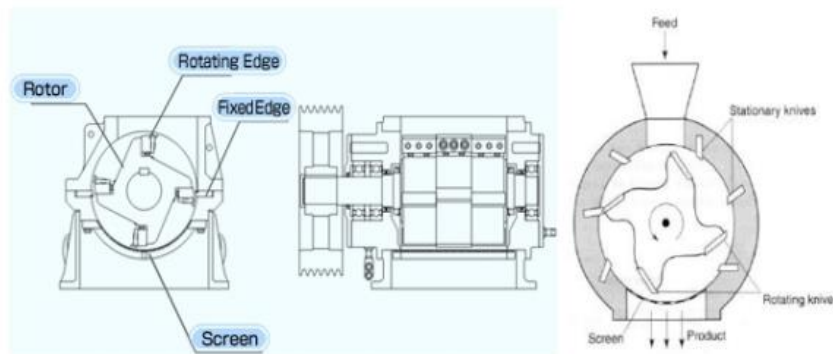


dapat diolah menjadi biopelet untuk meningkatkan kualitasnya. Pengolahan biopelet akan meningkatkan *bulk density* biomassa sehingga dapat mengurangi area penyimpanan yang diperlukan dan memperbaiki kualitas pembakarannya. Penggunaan biopelet telah banyak berkembang seperti di Jerman dan Austria sebagai alternatif bahan bakar. Pemanfaatannya diantaranya sebagai bahan bakar boiler, alternatif bahan bakar kompor masak, dan telah banyak digunakan sebagai substitusi batu bara untuk bahan bakar pemanas ruangan pada perumahan (*residential*) (Prabawa dan Miyono, 2017).

Biopelet atau pelet yang berasal dari biomassa dikonversi dan dapat dimanfaatkan sebagai energi bahan bakar menggunakan teknik densifikasi. Teknik ini bertujuan untuk meningkatkan densitas (kerapatan) dari bahan. Konversi biomassa dapat menaikkan nilai kalori per unit volume, mudah disimpan dan diangkut, mempunyai ukuran, dan kualitas yang seragam dari biopelet yang dihasilkan. Faktor utama yang mempengaruhi kekuatan dan ketahanan dari pelet adalah bahan baku, kadar air, ukuran partikel, kondisi pengempaan, penambahan perekat, alat densifikasi, dan perlakuan setelah proses produksi (Damayanti *et al.*, 2017).

2.8. Mesin Penggiling Tipe Pisau (*Cutter Mill*)

Penepung tipe pisau terutama digunakan untuk bahan yang liat atau berserat, dimana aksi penggungtingan lebih efektif dibandingkan dengan tekanan maupun pukulan/impak. Laju pemasukan bahan pada ruang pemotong hendaknya tidak melebihi panjang dari pisau pemotong dengan ketebalan bahan pengumpan tidak lebih dari satu inchi. Bentuk umum dari alat penggiling ini adalah rotor dengan pisau pemotong berputar pada ruang pemotongan dan memotong bahan dengan bantuan pisau tetap pada keliling luar bahan yang digiling akan keluar melalui saringan dengan ukuran maksimum tergantung pada jenis saringan yang digunakan (Sumariana, 2008). Gambar *Cutter Mill* dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6. Cutter Mill

Sumber: (Sumber: Suhand dan Kamath, 2013)

2.9. Pencetak Biopellet

Untuk mencetak dan membentuk adonan dengan ukuran yang telah ditentukan, maka diperlukan suatu alat pencetak. Mekanisme pencetak biopellet pada umumnya hampir sama dengan mesin pelet produksi untuk pakan ternak. Alat pencetak pelet berbentuk silinder, pada bagian dalamnya terdapat ulir pengepres pelet. Ulir pengepres ini mendorong bahan adonan ke arah ujung silinder dan menekan plat berlubang sebagai pencetak pelet. Lubang plat menggerakkan poros pencetak sesuai dengan ukuran pelet yang di kehendaki, setelah itu akan terpotong oleh pisau pemotong. Mesin pembuat pelet memiliki efisiensi yang tinggi dengan menggunakan prinsip kerja screw conveyor yang memanfaatkan ulir-ulir pada screw sebagai wadah yang membawa bahan dan menekannya (*pressing*) ke arah ujung tabung (*form hole plate*) yang telah dirancang sedemikian rupa yang akan menjadikan bahan berbentuk pelet padat (kompak) (Nugroho *et al.*, 2018). Gambar pencetak biopellet dapat dilihat pada

Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Pencetak Biopellet

Sumber: (Dokumentasi Pribadi)



III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mekatronika Alat dan Mesin Agroindustri dan Laboratorium Motor Bakar Universitas Brawijaya. Penelitian dimulai pada bulan Juni sampai September 2021.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan selama melakukan penelitian antara lain:

1. Mesin biopelet berpengaduk tipe horizontal untuk membuat biopelet
2. Bom Kalorimeter yaitu alat yang digunakan untuk menghitung nilai kalor dari biopelet
3. Cawan Porselen yaitu wadah untuk mengukur massa biopelet
4. Oven yaitu alat untuk menguapkan air
5. Desikator yaitu alat untuk menghilangkan sisa uap air setelah dikeringkan dan tempat pengabuan
6. Timbangan analitik yaitu alat untuk mengukur massa benda
7. Pisau yaitu alat untuk memberi *pre-treatment* pada pelepah salak berupa pencacahan ukuran
8. Furnace yaitu alat untuk membakar biopelet

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan biopelet adalah:

1. Pelepah salak yang diperoleh dari perkebunan salak pribadi warga Desa Suwaru, Kecamatan Pagelaran, Kabupaten Malang
2. Bagas tebu yang diperoleh dari PT. Perkebunan Nusantara XI, Pabrik Gula Jatiroto, Kabupaten Lumajang
3. Limbah tepung porang yang diperoleh dari Pusat Penelitian Porang Indonesia, Universitas Brawijaya Malang
4. Air sebagai campuran saat pembuatan biopelet

3.3. Variabel yang Digunakan

3.3.1. Variabel Bebas

- a. Pelepah salak
- b. Bagas tebu



- c. Limbah tepung porang

3.3.2. Variabel Terikat

Karakteristik biopelet terdiri dari:

- Kerapatan (*bulk density*)
- Kadar air
- Kadar abu
- Kadar karbon terikat
- Kadar zat terbang (*volatile*)
- Nilai kalor

3.4. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor, faktor pertama yaitu komposisi pelepah salak dengan bagas tebu yaitu 75:25, 50:50, dan 25:75. Sedangkan faktor yang kedua yaitu ukuran diameter cetakan yaitu 8 mm dan 6 mm dengan tekanan pengepresan yang sama. Perbandingan bahan (pelepah salak dan bagas tebu) dan perekat adalah 60:40. Kemudian dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Sehingga akan didapatkan 6 kombinasi perlakuan dan menjadi 18 unit percobaan. Adapun tabel kombinasi perlakuan dijelaskan pada **Tabel 3.1.**

Tabel 3.1. Kombinasi Perlakuan

Komposisi Pelepah Salak: Biji Salak (%)	Ukuran Diameter Cetakan	
	8mm (X1)	6mm (X2)
75:25 (A1)	A1X1	A1X2
50:50 (A2)	A2X1	A2X2
25:75 (A3)	A3X1	A3X2

Keterangan:

A1X1 = Biopelet dengan komposisi bahan 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu dengan ukuran diameter cetakan 8 mm

A1X2 = Biopelet dengan komposisi bahan 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu dengan ukuran diameter cetakan 6 mm



A2X1 = Biopellet dengan komposisi bahan 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu dengan ukuran diameter cetakan 8 mm

A2X2 = Biopellet dengan komposisi bahan 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu dengan ukuran diameter cetakan 6 mm

A3X1 = Biopellet dengan komposisi bahan 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu dengan ukuran diameter cetakan 8 mm

A3X2 = Biopellet dengan komposisi bahan 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu dengan ukuran diameter cetakan 6 mm

Metode persamaan yang digunakan untuk desain faktorial adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

Y_{ijk} = Nilai pengamatan faktor A pada taraf ke-i, faktor B pada taraf ke-j, dan ulangan ke-k

μ = Nilai tengah umum atau nilai rata-rata

α_i = Pengaruh taraf ke-i dari faktor A

β_j = Pengaruh taraf ke-j dari faktor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Pengaruh pengaruh interaksi taraf ke-i dari faktor A dan taraf ke-j dari faktor B

ϵ_{ijk} = Pengaruh galat percobaan taraf ke-i dari faktor A dan taraf ke-j dari faktor B pada ulangan ke-k

Selanjutnya melakukan pengamatan dan analisis data meliputi kerapatan, kadar air, kadar abu, kadar karbon terikat, kadar zat terbang, dan nilai kalor.

Selanjutnya dianalisis menggunakan metode analisis ragam dua arah atau *Two Way ANOVA (Two Way Analysis of Variance)*. Apabila hasil menunjukkan terdapat

beda nyata maka akan dilakukan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan taraf kepercayaan 95%.

3.5. Pelaksanaan Penelitian

3.5.1. Persiapan Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelepah salak yang diperoleh dari perkebunan salak pribadi warga Desa Suwaru, Kecamatan Pagelaran, Kabupaten Malang dan bagas tebu yang diperoleh dari PT. Perkebunan Nusantara XI, Pabrik Gula Jatiroto, Kabupaten Lumajang. Kemudian bahan perekat yang dipakai adalah limbah tepung porang yang diperoleh dari



Pusat Penelitian Porang Indonesia, Universitas Brawijaya Malang. Selanjutnya pelepah salak dibelah menjadi dua dan dikeringkan selama 3-4 hari agar bahan benar-benar kering.

3.5.2. Pembuatan Biopelet

Pembuatan biopelet dilakukan melalui 3 tahap yaitu pengecilan ukuran, pemrosesan pada mesin, dan pengeringan.

1. Pengecilan ukuran

Setelah pelepah salak dikeringkan, selanjutnya dilakukan proses pengecilan ukuran dengan cara dipotong dan dicacah kecil-kecil dengan pisau. Pengecilan ukuran dilakukan untuk mendapatkan bahan yang lebih halus agar mudah diproses didalam mesin.

2. Pemrosesan di Mesin Pencetak Biopelet

Mesin yang digunakan dalam pembuatan biopelet adalah mesin biopelet berpengaduk tipe horizontal. Mesin ini terdiri dari tiga bagian utama yaitu penghancur bahan (*crusher*), pengaduk bahan (*mixer*), dan pencetak bahan. Pengecilan ukuran pada mesin ini menggunakan penggiling tipe pisau (*cutter mill*) untuk memecah bahan menjadi tepung berukuran 60 mesh. Bahan yang telah hancur akan disaring dan menuju pada proses pengadukan. Pengadukan dilakukan untuk mencampur serbuk pelepah salak, bagas tebu, dan perekat limbah tepung porang. Setelah tercampur, adonan akan dicetak pada mesin pencetak pellet dan keluar menjadi biopelet berdiameter 8 mm dan 6 mm. Gambar Mesin biopelet berpengaduk tipe horizontal dapat dilihat pada **Gambar 3.1.** dan pada **Lampiran 1.**



Gambar 3.1. Mesin biopelet berpengaduk tipe horizontal
Sumber: (Dokumentasi Pribadi)

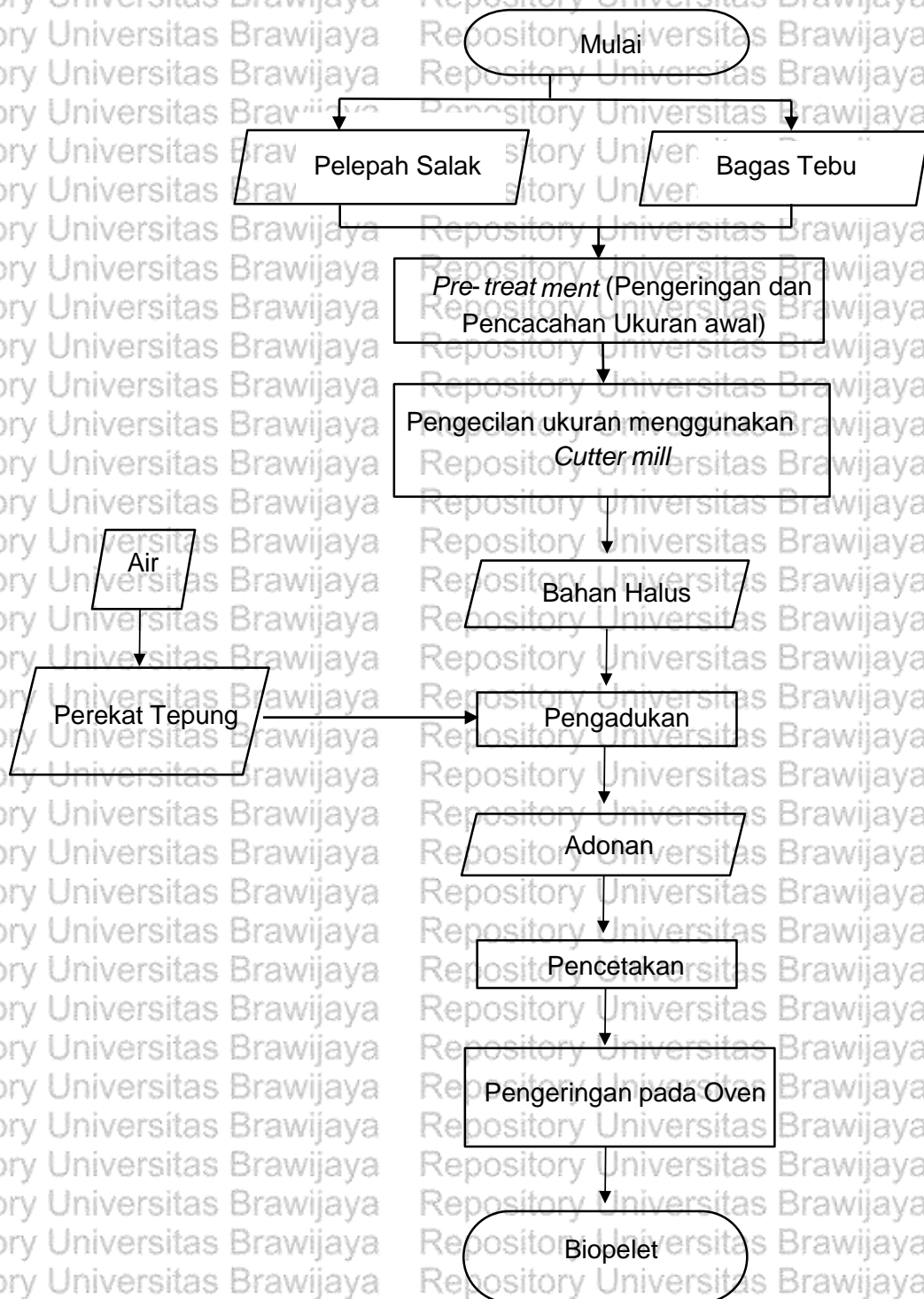


3. Pengeringan biopelet

Setelah biopelet berhasil dicetak, maka dilakukan proses pengeringan. Biopelet dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 60°C hingga kadar air mencapai standar SNI (maksimum 12%). Karakteristik dari biopelet akhir yang akan diukur adalah kerapatan, kadar air, kadar abu, kadar karbon terikat, kadar zat terbang, dan nilai kalor. Dokumentasi penelitian dapat dilihat pada **Lampiran**

14.

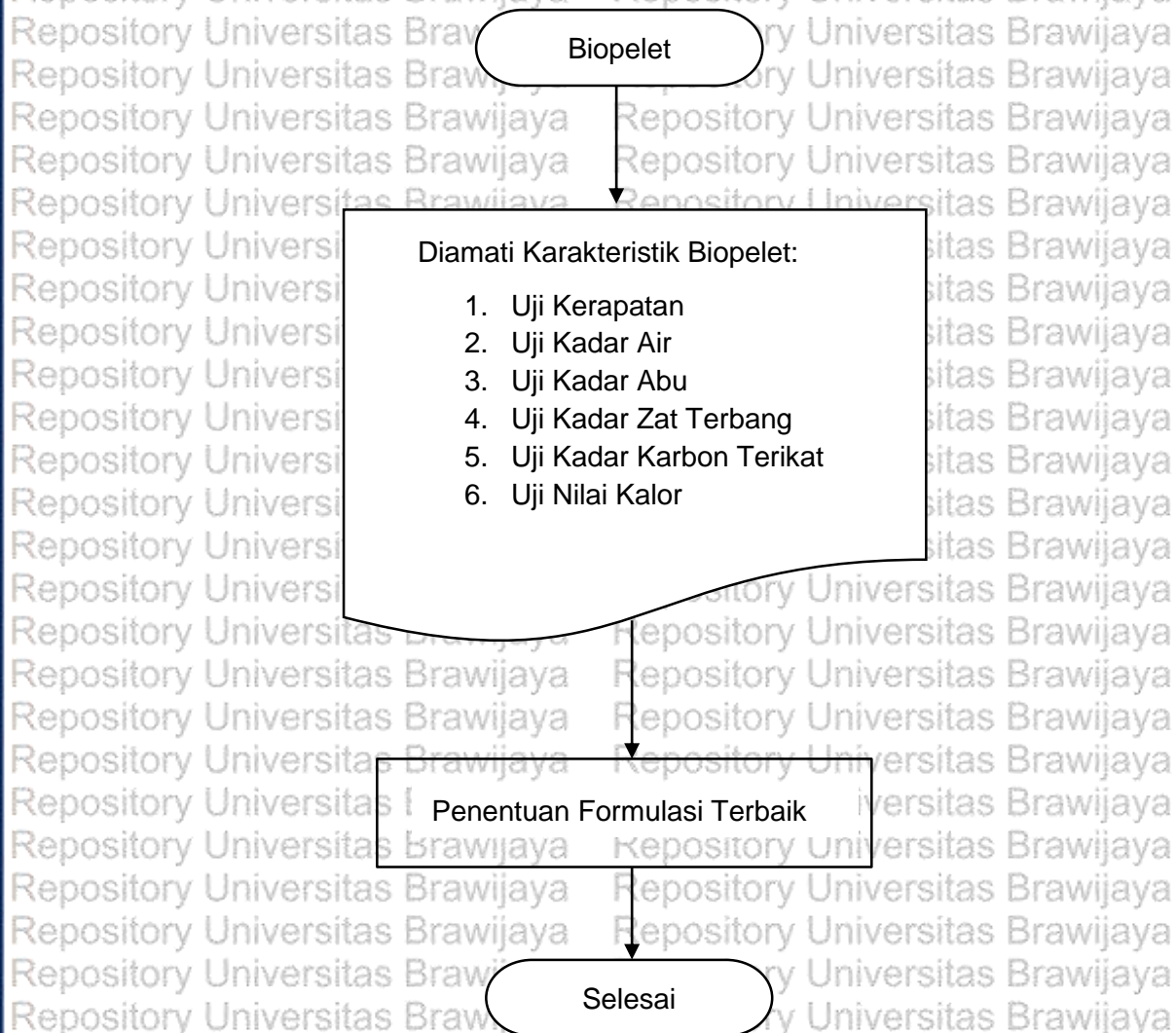
3.6. Diagram Alir Penelitian
3.6.1. Diagram Alir Proses Pembuatan Biopelet



Gambar 3.2. Diagram Alir Proses Pembuatan Biopelet



3.6.2. Diagram Alir Pembuatan Biopelet



Gambar 3.3. Diagram Alir Cara Penggunaan Mesin



3.7. Pengujian Biopellet

Pengujian biopellet pada penelitian ini dilakukan dengan mengukur kerapatan, kadar air, kadar abu, kadar zat terbang (*volatile*), kadar karbon terikat, dan nilai kalor. Untuk diagram alir uji densitas ditunjukkan pada **Lampiran 8**, diagram alir uji kadar air ditunjukkan pada **Lampiran 9**, diagram alir uji kadar abu ditunjukkan pada **Lampiran 10**, diagram alir uji kadar zat terbang ditunjukkan pada **Lampiran 11**, diagram alir uji kadar karbon terikat ditunjukkan pada **Lampiran 12**, dan diagram alir uji nilai kalor ditunjukkan pada **Lampiran 13**.

3.7.1. Kerapatan

Menurut Mustamu dan Gysberth (2018), penetapan kerapatan dinyatakan dalam hasil perbandingan antara massa dan volume pellet yang diukur pada kondisi yang sama. Kerapatan atau densitas dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Densitas } (\rho) = \frac{m \text{ (g)}}{v \text{ (cm}^3\text{)}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

M : Massa contoh uji (g)

V : Volume contoh uji (cm³)

3.7.2. Kadar Air

Menurut Mustamu dan Gysberth (2018), penetapan nilai kadar air dilakukan dengan 2 g sampel diletakkan pada cawan porselen yang bobotnya sudah diketahui. Kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 100-105°C selama 3 jam sampai kadar air konstan. Kemudian didinginkan dalam desikator sampai kondisi stabil dan seimbang. Perhitungan kadar air dapat dilakukan dengan rumus:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{BB - BKT}{BKT} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

BB : Berat sebelum dikeringkan dalam oven (g).

BKT : Berat setelah dikeringkan dalam oven (g)

3.7.3. Kadar Abu

Menurut Mustamu dan Gysberth (2018), penetapan nilai kadar abu dilakukan dengan 1 g sampel diletakkan pada cawan poselen yang bobotnya



sudah diketahui. Kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 650°C selama 5 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator sampai kondisi stabil dan seimbang. Perhitungan nilai kadar abu dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat kering sampel tanur}} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

3.7.4. Kadar Zat Terbang

Menurut Mustamu dan Gysberth (2018), penetapan nilai zat terbang dilakukan dengan 2 g sampel diletakkan pada cawan porselen yang bobotnya sudah diketahui. Kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 950°C selama 10 menit. Kemudian didinginkan dalam desikator sampai kondisi stabil dan seimbang. Perhitungan nilai kadar zat terbang dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Zat Terbang (\%)} = \frac{B-C}{W} \times 100\% \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

B : Berat sampel setelah dikeringkan dari uji kadar air (g)

C : Berat sampel setelah dipanaskan dalam tanur (g)

W : Berat sampel awal sebelum pengujian kadar air (g)

3.7.5. Kadar Karbon Terikat

Menurut Mustamu dan Gysberth (2018), kadar karbon terikat merupakan kadar fraksi karbon yang terikat dalam bahan dan tidak termasuk fraksi air, zat mudah menguap dan abu. Besar kecilnya kadar karbon terikat dapat dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kadar zat terbang. Perhitungan nilai kadar karbon terikat dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Karbon Terikat (\%)} = 100 - (\% \text{ zat terbang} + \% \text{ abu}) \dots \dots \dots (6)$$

3.7.6. Nilai Kalor (SNI 8021-2014)

Menurut Mustamu dan Gysberth (2018), nilai kalor adalah jumlah panas yang dihasilkan oleh pembakaran lengkap dari sebuah jumlah unit bakar. Penetapan nilai kalor dapat dilakukan dengan contoh uji sebanyak 2 g diletakkan dalam cawan silika dan diikat dengan kawat nikel kemudian dimasukkan ke dalam tabung dan ditutup rapat. Pada tabung tersebut dialiri oksigen selama 30 detik dan tabung akan dimasukkan ke dalam *Oxygen Bomb Calorimeter*. Pembakaran akan



dimulai saat suhu air sudah tetap. Besarnya nilai kalor suatu bahan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Nilai Kalor (kkal/kg)} = \frac{\Delta t \times W}{m_{bb}} - B \quad (7)$$

Keterangan:

Δt = Perbedaan suhu rata-rata ($^{\circ}\text{C}$)

W = Nilai air kalorimeter (kal/ $^{\circ}\text{C}$)

M_{bb} = Massa bahan bakar (g)

B = Koreksi panas pada kawat besi (kal/g)

3.8 Analisis Kualitas Biopelet

Setelah diperoleh data karakteristik biopelet kemudian dibandingkan dengan standar SNI untuk mengetahui apakah biopelet yang dibuat telah memenuhi standar SNI atau belum. Adapun standar SNI yang dipakai adalah SNI 8675: 2018 yang dapat dilihat pada **Tabel 3.2**:

Tabel 3.2 Standar SNI biopelet

Parameter Uji	Nilai
Densitas (gr/cm ³)	Min. 0,6
Kadar Air (%)	Maks. 10
Kadar Abu (%)	Maks. 5
Kadar Zat Terbang (%)	Maks. 75
Kadar Karbon Terikat (%)	Min. 14
Nilai Kalor (MJ/kg)	Min. 16,5

Sumber: (Badan Standardisasi Nasional, 2018)



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Karakteristik Bahan Baku dan Perekat

Pengujian karakteristik bahan baku dan perekat ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik awal bahan baku pembuatan biopelet yaitu pelepah salak dan bagas tebu serta perekat yang dipakai yaitu limbah tepung porang. Adapun karakteristik yang diuji yaitu kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat, dan nilai kalor. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Karakteristik Bahan Baku Biopelet

Karakteristik	Pelepah Salak	Bagas Tebu	Limbah Tepung Porang
Kadar Air (%)	10,15	8,11	11,73
Kadar Abu (%)	19,85	4,38	7,75
Kadar Zat Terbang (%)	39,25	82,21	79,85
Kadar Karbon Terikat (%)	40,90	13,41	12,40
Nilai Kalor (MJ/Kg)	19,17	15,92	15,65

Dari **Tabel 4.1** dapat diketahui bahwa kedua bahan baku dan perekat mempunyai nilai kalor yang cukup tinggi sehingga cocok untuk digunakan sebagai biopelet. Diharapkan setelah dikonversikan menjadi biopelet nilai kalor akan semakin meningkat. Limbah tepung porang mempunyai kadar glukomannan yang tinggi sehingga cocok digunakan sebagai perekat. Menurut Sugiyono dan Dyah (2016), umbi porang mengandung serat larut glukomannan yang memiliki kemampuan membentuk gel yang bersifat antara sellulosa dan galaktomannan. Umbi porang mengembang membentuk koloid dengan adanya air yang bersifat rekat.

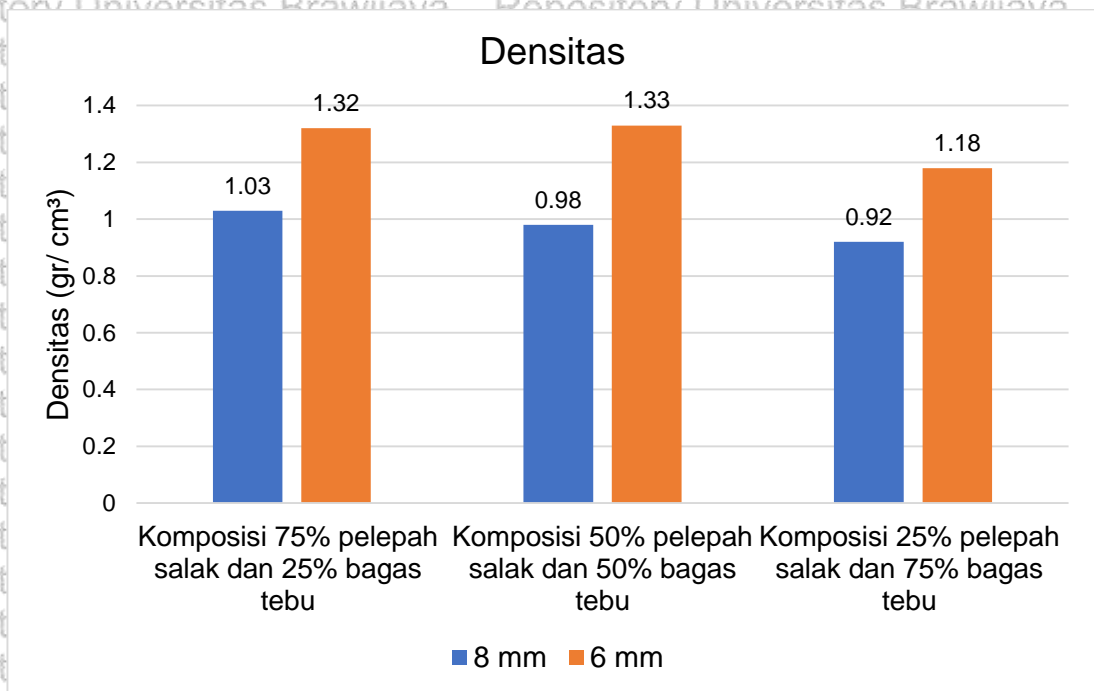


4.2. Analisis Densitas Biopelet

Hasil uji densitas biopelet dapat dilihat pada **Tabel 4.2.** dan **Gambar 4.1.**

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Densitas Biopelet

Perlakuan	Rata-rata (gr/cm ³)	Standar Deviasi
Komposisi 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu diameter 8mm	1.03	0.137
Komposisi 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu diameter 6mm	1.32	0.076
Komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu diameter 8mm	0.98	0.171
Komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu diameter 6mm	1.33	0.076
Komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu diameter 8mm	0.92	0.045
Komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu diameter 6mm	1.18	0.099



Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengujian Densitas Biopelet



Dari **Tabel 4.2** didapatkan data besarnya densitas sudah memenuhi syarat sesuai dengan SNI 8675:2018 (densitas $\geq 0,8 \text{ gr/cm}^3$). Nilai rata-rata densitas biopelet berkisar antara $0,92 - 1,33 \text{ gr/cm}^3$. Setelah dilakukan analisis sidik ragam dua arah pada **Lampiran 2** menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara perlakuan komposisi bahan dan ukuran pencetak biopelet terhadap nilai densitas, tetapi terdapat nilai beda nyata pada perlakuan ukuran pencetak biopelet. Hasil uji BNT 5% menunjukkan perlakuan ukuran pencetak biopelet berbeda nyata karena memiliki notasi yang berbeda. Untuk perhitungan standar deviasi menunjukkan ulangan data homogen karena kurang dari nilai rata-ratanya.

Nilai densitas terendah didapatkan dari perlakuan bahan komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu dengan diameter pencetak 8 mm, sedangkan nilai densitas tertinggi didapatkan dari perlakuan bahan komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu dengan diameter pencetak 6 mm. Hal ini membuktikan bahwa semakin kecil ukuran diameter pencetak maka semakin besar densitasnya dikarenakan bahan menjadi semakin padat dan rapat. Bahan bakar padat yang memiliki densitas tinggi dan baik akan memudahkan dalam penyimpanan namun menurunkan laju pembakaran akibat sedikitnya pori-pori pada bahan bakar tersebut. Menurut Trisa *et al.* (2019) bahwa semakin besar kuat tekan pencetakan mengakibatkan semakin besar densitasnya. Karena hal ini mengakibatkan partikel terdesak untuk mengisi rongga yang kosong, dengan berkurangnya porositas, sehingga volume menjadi lebih kecil.

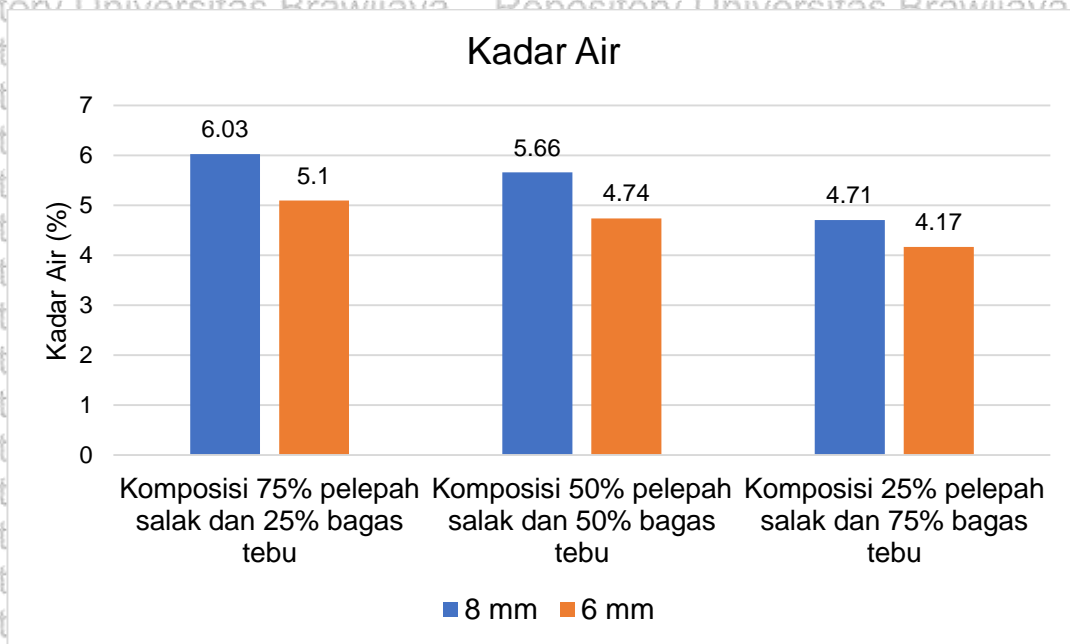


4.3 Analisis Kadar Air Biopelet

Hasil uji kadar air biopelet dapat dilihat pada **Tabel 4.3**, dan **Gambar 4.2**.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kadar Air Biopelet

Perlakuan	Rata-rata (%)	Standar Deviasi
Komposisi 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu diameter 8mm	6.03	1.707
Komposisi 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu diameter 6mm	5.1	1.693
Komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu diameter 8mm	5.66	1.955
Komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu diameter 6mm	4.74	1.991
Komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu diameter 8mm	4.71	0.545
Komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu diameter 6mm	4.17	0.54



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Kadar Air Biopelet



Dari **Tabel 4.3** didapatkan data besarnya kadar air sudah memenuhi syarat sesuai dengan SNI 8675:2018 (maksimal 12%). Nilai rata-rata kadar air biopelet berkisar antara 4,17 – 6,03%. Setelah dilakukan analisis sidik ragam dua arah pada **Lampiran 3** menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara perlakuan komposisi bahan dan ukuran pencetak biopelet terhadap nilai kadar air. Oleh karena itu tidak dilakukan uji lanjut. Untuk perhitungan standar deviasi menunjukkan ulangan data homogen karena kurang dari nilai rata-ratanya.

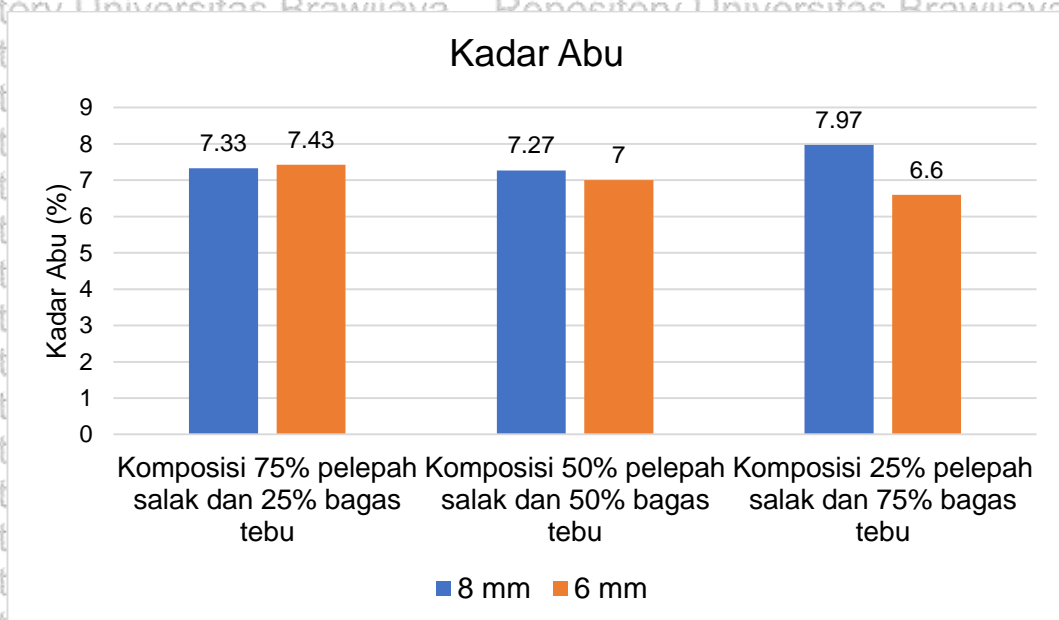
Penelitian ini menggunakan rumus kadar air basis kering. Nilai kadar air terendah didapatkan dari perlakuan bahan komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu dengan diameter pencetak 6 mm, sedangkan nilai kadar air tertinggi didapatkan dari perlakuan bahan komposisi 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu dengan diameter pencetak 8 mm. Perlakuan dengan presentase komposisi bahan pelepah salak lebih besar dari komposisi bahan bagas tebu menunjukkan nilai kadar air yang lebih besar dikarenakan nilai kadar air pelepah salak lebih besar dari bagas tebu. Hal ini juga menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran pencetak biopelet maka nilai kadar air akan semakin kecil pula dikarenakan nilai densitasnya yang semakin besar. Hal ini sesuai dengan literatur Lestari *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa kadar air berpengaruh secara nyata terhadap nilai densitas. Semakin tinggi kerapatan maka rongga-rongga antar partikel biopelet akan semakin rapat sehingga celah atau ruang kosong yang terisi air semakin kecil. Hal ini sesuai dengan literatur Wibowo *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa biopelet dengan kerapatan tinggi akan menurunkan molekul air dari biopelet itu sendiri. Tinggi rendahnya nilai kadar air sangat berpengaruh pada kualitas biopelet. Apabila kadar air rendah maka laju pembakaran akan semakin baik. Nilai kadar air yang tinggi menyebabkan biopelet sulit untuk dinyalakan dan jika terbakar akan mengeluarkan asap, menurunkan nilai kalor, dan berpotensi ditumbuhi jamur.

4.4 Analisis Kadar Abu Biopelet

Hasil uji kadar abu biopelet dapat dilihat pada **Tabel 4.4**, dan **Gambar 4.3**.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kadar Abu Biopelet

Perlakuan	Rata-rata (%)	Standar Deviasi
Komposisi 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu diameter 8mm	7.33	0.115
Komposisi 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu diameter 6mm	7.43	0.929
Komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu diameter 8mm	7.27	0.666
Komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu diameter 6mm	7	0.1
Komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu diameter 8mm	7.97	0.208
Komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu diameter 6mm	6.6	0.1



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian Kadar Abu Biopelet



Dari **Tabel 4.4** didapatkan data besarnya kadar abu masih belum memenuhi syarat sesuai dengan SNI 8675:2018 (maksimal 5%). Hal ini disebabkan karena bahan pelepah salak dan perekat limbah tepung porang masih memiliki nilai kadar abu yang cukup tinggi yang dapat dilihat pada **Tabel 4.1**. Nilai rata-rata kadar abu biopellet berkisar antara 6,6 – 7,97%. Setelah dilakukan analisis sidik ragam dua arah pada **Lampiran 4** menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara perlakuan komposisi bahan dan ukuran pencetak biopellet terhadap nilai densitas, tetapi terdapat nilai beda nyata pada perlakuan ukuran pencetak biopellet. Hasil uji BNT 5% menunjukkan perlakuan ukuran pencetak biopellet berbeda nyata karena memiliki notasi yang berbeda. Untuk perhitungan standar deviasi menunjukkan ulangan data homogen karena kurang dari nilai rata-ratanya.

Nilai kadar abu terendah didapatkan dari perlakuan bahan komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu dengan diameter pencetak 6 mm, sedangkan nilai kadar abu tertinggi didapatkan dari perlakuan bahan komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu dengan diameter pencetak 8 mm. Nilai kadar abu yang tinggi diakibatkan karena bahan dan perekat yang digunakan mempunyai nilai kadar abu yang tinggi. Menurut Ekawati (2019) pelepah salak mempunyai nilai kadar abu rata-rata yang tinggi sebesar 19,8496%. Besarnya nilai kadar abu dikarenakan bahan banyak mengandung silika. Hal ini sesuai dengan penelitian Zulfian *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa hasil kadar abu yang cukup tinggi dikarenakan bahan baku yang digunakan dalam pembuatan biopellet banyak mengandung silika. Semakin tinggi kadar silika pada biomassa maka abu yang dihasilkan dari proses pembakaran akan semakin tinggi pula. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Paramitha *et al.* (2019) yang menyatakan kandungan silika pada bagas tebu tergolong cukup tinggi sekitar 50%.

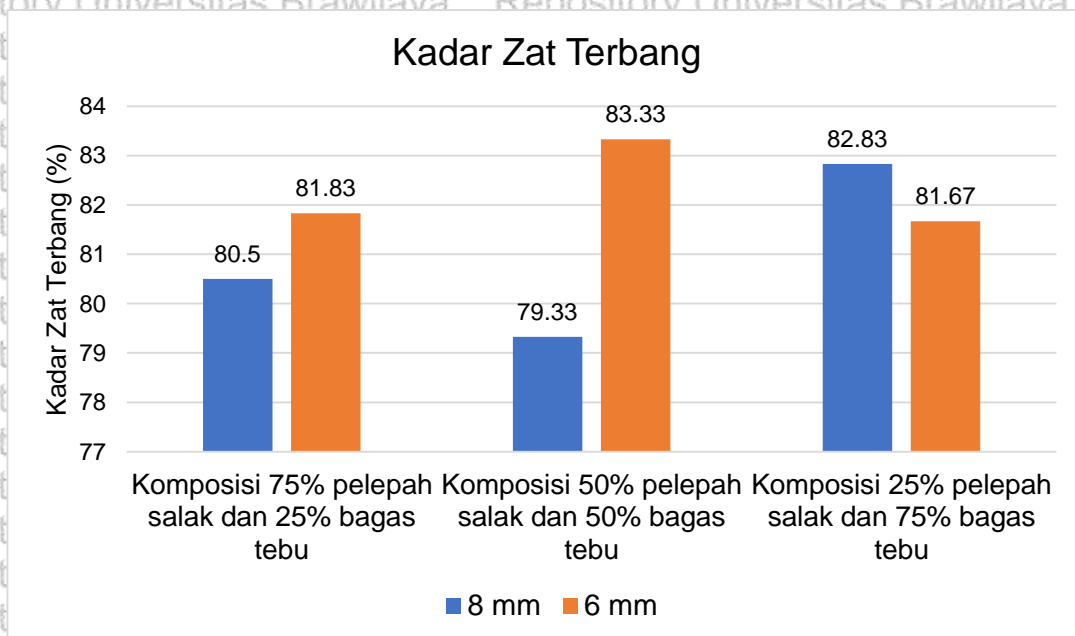


4.5 Analisis Kadar Zat Terbang Biopelet

Hasil uji kadar zat terbang biopelet dapat dilihat pada **Tabel 4.5**, dan **Gambar 4.4**.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kadar Zat Terbang Biopelet

Perlakuan	Rata-rata (%)	Standar Deviasi
Komposisi 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu diameter 8mm	80.5	3.5
Komposisi 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu diameter 6mm	81.83	0.764
Komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu diameter 8mm	79.33	2.9297
Komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu diameter 6mm	83.33	1.607
Komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu diameter 8mm	82.83	0.289
Komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu diameter 6mm	81.67	0.289



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian Kadar Zat Terbang Biopelet



Dari **Tabel 4.5** didapatkan data besarnya kadar zat terbang yang memenuhi syarat sesuai dengan SNI 8675:2018 (maksimal 80%) hanya 1 perlakuan saja yaitu perlakuan bahan komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu dengan diameter pencetak 8mm. Hal ini disebabkan karena bahan bagas tebu masih memiliki nilai kadar zat terbang yang cukup tinggi yang dapat dilihat pada **Tabel 4.1**. Nilai rata-rata kadar zat terbang biopellet berkisar antara 79,33 – 83,33%. Setelah dilakukan analisis sidik ragam dua arah pada **Lampiran 5** menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara perlakuan komposisi bahan dan ukuran pencetak biopellet terhadap nilai kadar zat terbang. Oleh karena itu tidak dilakukan uji lanjut. Untuk perhitungan standar deviasi menunjukkan ulangan data homogen karena kurang dari nilai rata-ratanya.

Nilai kadar zat terbang terendah didapatkan dari perlakuan bahan komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu dengan diameter pencetak 8 mm, sedangkan nilai kadar zat terbang tertinggi didapatkan dari perlakuan bahan komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu dengan diameter pencetak 6 mm. Menurut Mustamu *et al.* (2018) faktor yang mempengaruhi tingginya nilai kadar zat terbang yaitu tidak dilakukannya karbonisasi pada bahan yang digunakan. Hal ini juga sesuai dengan penelitian Latief dan Susila (2015) yang menyatakan proses karbonisasi dapat menyebabkan hilangnya komponen zat terbang dari bahan dan karbon tetap tertinggal dalam bahan.

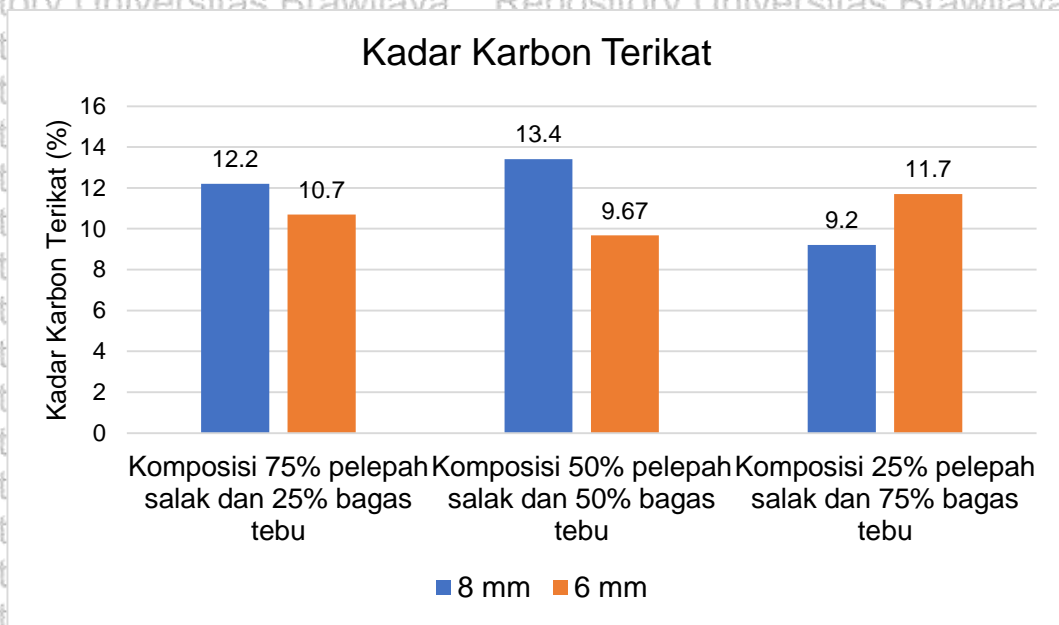


4.6 Analisis Kadar Karbon Terikat Biopelet

Hasil uji kadar karbon terikat dapat dilihat pada **Tabel 4.6**, dan **Gambar 4.5**.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kadar Karbon Terikat Biopelet

Perlakuan	Rata-rata (%)	Standar Deviasi
Komposisi 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu diameter 8mm	12.2	3.573
Komposisi 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu diameter 6mm	10.7	1.365
Komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu diameter 8mm	13.4	2.272
Komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu diameter 6mm	9.67	1.701
Komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu diameter 8mm	9.2	0.1
Komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu diameter 6mm	11.7	0.306



Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian Kadar Karbon Terikat Biopelet



Dari **Tabel 4.6** didapatkan data besarnya kadar karbon terikat masih belum memenuhi syarat sesuai dengan SNI 8675:2018 (minimal 14%). Hal ini disebabkan karena kadar abu dan kadar zat terbang yang belum memenuhi standar SNI dan juga bahan bagas tebu dan perekat limbah tepung porang masih memiliki nilai kadar karbon terikat yang cukup rendah yang dapat dilihat pada **Tabel 4.1**. Nilai rata-rata kadar karbon terikat biopelet berkisar antara 9,2 – 13,4%.

Setelah dilakukan analisis sidik ragam dua arah pada **Lampiran 6** menunjukkan bahwa terjadi interaksi antara perlakuan komposisi bahan dan ukuran pencetak biopelet terhadap nilai kadar karbon terikat. Hasil uji BNT 5% menunjukkan perlakuan komposisi bahan dan ukuran pencetak biopelet berbeda nyata karena memiliki notasi yang berbeda. Untuk perhitungan standar deviasi menunjukkan ulangan data homogen karena kurang dari nilai rata-ratanya.

Nilai kadar karbon terikat terendah didapatkan dari perlakuan bahan komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu dengan diameter pencetak 8 mm, sedangkan nilai kadar karbon terikat tertinggi didapatkan dari perlakuan bahan komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu dengan diameter pencetak 8 mm. Menurut Nizar *et al.* (2017) keberadaan karbon terikat dipengaruhi oleh nilai kadar abu dan kadar zat terbang. Kadarnya akan bernilai tinggi apabila kadar abu dan kadar zat terbang rendah. Semakin tinggi zat mudah terbang, maka semakin rendah nilai karbon terikat, begitu pula sebaliknya. Demikian juga bila kadar abu tinggi maka semakin rendah kadar karbon terikatnya. Hal ini menunjukkan bahwa kadar karbon terikat sangat dipengaruhi oleh besarnya kadar abu dan kadar zat terbang biopelet tersebut.

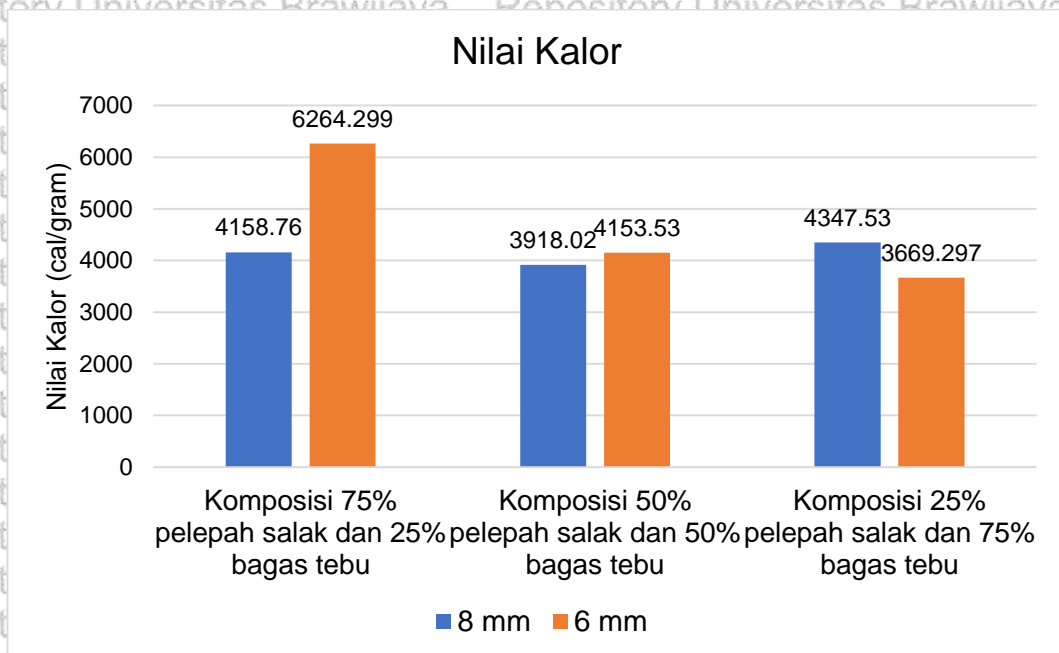


4.7 Analisis Nilai Kalor Biopelet

Hasil uji nilai kalor dapat dilihat pada **Tabel 4.7.** dan **Gambar 4.6.**

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Nilai Kalor Biopelet

Perlakuan	Rata-rata (cal/gram)	Standar Deviasi
Komposisi 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu diameter 8mm	4158.76	213.505
Komposisi 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu diameter 6mm	6264.299	3051.426
Komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu diameter 8mm	3918.02	351.608
Komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu diameter 6mm	4153.53	274.29
Komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu diameter 8mm	4347.53	685.584
Komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu diameter 6mm	3669.297	616.764



Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Nilai Kalor Biopelet



Dari **Tabel 4.7** didapatkan data besarnya nilai kalor sebagian besar sudah memenuhi syarat sesuai dengan SNI 8675:2018 (minimal 16,5 MJ/Kg atau 3940,96 cal/gram) kecuali perlakuan bahan komposisi 50% pelepah salak dan 50% bagas tebu dengan diameter berukuran 8 mm serta perlakuan bahan komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu dengan diameter berukuran 6 mm yang belum memenuhi standar SNI. Nilai rata-rata nilai kalor biopelet berkisar antara 3669,297 – 6264,299 cal/gram. Setelah dilakukan analisis sidik ragam dua arah pada **Lampiran 7** menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara perlakuan komposisi bahan dan ukuran pencetak biopelet terhadap nilai kalor. Oleh karena itu tidak dilakukan uji lanjut. Untuk perhitungan standar deviasi menunjukkan ulangan data homogen karena kurang dari nilai rata-ratanya.

Nilai kalor terendah didapatkan dari perlakuan bahan komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu dengan diameter pencetak 6 mm, sedangkan nilai kalor tertinggi didapatkan dari perlakuan bahan komposisi 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu dengan diameter pencetak 6 mm. Perlakuan dengan presentase komposisi bahan pelepah salak yang lebih besar menghasilkan nilai kalor yang lebih besar dikarenakan pelepah salak mempunyai nilai kalor yang tinggi sebesar 19,17 MJ/Kg seperti pada **Tabel 4.1**. Rata-rata nilai kalor biopelet lumayan tinggi dikarenakan rata-rata nilai kadar air yang rendah. Hal ini sesuai dengan literatur Nabawiyah dan Ahmad (2010) yang menyatakan bahwa besarnya nilai kalor dipengaruhi oleh besarnya kandungan air. Semakin sedikit kandungan air maka nilai kalor akan semakin besar.



4.8 Penentuan Formulasi Terbaik Biopelet

Setelah dilakukan berbagai analisis maka didapatkan semua data karakteristik biopelet dari campuran bahan pelepah salak dan bagas tebu dengan perekat limbah tepung porang pada berbagai perlakuan, selanjutnya dicari formulasi terbaik dengan metode *scoring*. Data hasil penelitian diberi skor 1-6 dimana 1 adalah nilai yang paling tidak sesuai SNI dan 6 adalah nilai yang sesuai dengan SNI. Terkhusus untuk parameter nilai kalor besarnya skor dikali 2 dikarenakan besarnya nilai kalor sangat menentukan kualitas biopelet. Maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.8 Hasil Skor Penilaian Biopelet

Parameter	Densitas (gr/cm ³)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Terbang (%)	Kadar Karbon Terikat (%)	Nilai Kalor (kal/gr)	Total Skor
SNI	Min 0,6	Maks 10	Maks 5	Maks 75	Min 14	Min 3940,96	
A1X1	1,03 ⁽³⁾	6,03 ⁽¹⁾	7,33 ⁽³⁾	80,5 ⁽⁵⁾	12,2 ⁽⁵⁾	4158,76 ⁽⁸⁾	25
A1X2	1,32 ⁽⁵⁾	5,1 ⁽³⁾	7,43 ⁽²⁾	81,83 ⁽³⁾	10,7 ⁽³⁾	6264,29 ⁽¹²⁾	28
A2X1	0,98 ⁽²⁾	5,66 ⁽²⁾	7,27 ⁽⁴⁾	79,33 ⁽⁶⁾	13,4 ⁽⁶⁾	3918,02 ⁽⁴⁾	24
A2X2	1,33 ⁽⁶⁾	4,74 ⁽⁴⁾	7 ⁽⁵⁾	83,33 ⁽¹⁾	9,67 ⁽²⁾	4153,53 ⁽⁶⁾	24
A3X1	0,92 ⁽¹⁾	4,71 ⁽⁵⁾	7,97 ⁽¹⁾	82,83 ⁽²⁾	9,2 ⁽¹⁾	4347,53 ⁽¹⁰⁾	20
A3X2	1,18 ⁽⁴⁾	4,17 ⁽⁶⁾	6,6 ⁽⁶⁾	81,67 ⁽⁴⁾	11,7 ⁽⁴⁾	3669,3 ⁽²⁾	26

Berdasarkan **Tabel 4.8** diperoleh hasil formula terbaik biopelet terbuat dari bahan komposisi 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu dengan diameter pencetak 6 mm (A1X2) memiliki skor tertinggi. Sedangkan biopelet yang terbuat dari bahan komposisi 25% pelepah salak dan 75% bagas tebu dengan diameter pencetak 8 mm (A3X1) memiliki skor terendah.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian karakteristik biopelet dari pelepah salak dan bagas tebu sebagian besar sudah memenuhi SNI 2018:8675 dan diperoleh densitas sebesar $0,92 - 1,33 \text{ gr/cm}^3$, kadar air sebesar $4,17 - 6,03\%$, kadar abu sebesar $6,6 - 7,97\%$, kadar zat terbang sebesar $79,33 - 83,33\%$, kadar karbon terikat sebesar $9,2 - 13,4\%$, dan nilai kalor sebesar $3669,297 - 6264,299 \text{ cal/gram}$.
2. Formula terbaik dari biopelet adalah perlakuan dari bahan komposisi 75% pelepah salak dan 25% bagas tebu dengan diameter pencetak 6 mm (A1X2), dimana mempunyai densitas sebesar $1,32 \text{ gr/cm}^3$; kadar air sebesar $5,1\%$; kadar abu sebesar $7,43\%$; kadar zat terbang sebesar $81,83\%$; kadar karbon terikat sebesar $10,7\%$; dan nilai kalor sebesar $6264,29 \text{ kal/gram}$.

5.2 Saran

Pemilihan bahan baku, proses *pre-treatment* bahan baku, dan penyimpanan biopelet perlu diperhatikan dalam pembuatan biopelet untuk menjamin kualitas biopelet yang sesuai dengan standar.



DAFTAR PUSTAKA

Anisya, M., Yunita F. A., dan Hapiz I. 2020. **Eksplorasi Limbah Ampas Tebu (*Bagasse*) untuk Material Produk *Ecofashion*.** Jurnal IKRA-ITH Humaniora Vol 4 No 3

Anshori, A. Z. 2008. **Pemanfaatan Ampas Tebu Dalam Pembuatan Silika Gel.** Skripsi. Universitas Indonesia. Depok

Ardiyansyah, B., dan Purwono. 2015. **Mempelajari Pertumbuhan dan Produktivitas Tebu (*Saccharum Officinarum*. L) dengan Masa Tanam Sama pada Tipologi Lahan Berbeda.** Jurnal Bul. Agrohorti 3 (3): 357 – 365.

Cipta, D. I. 2018. **Pengaruh Variasi Persentase Perekat Terhadap Nilai Kadar Air, Kadar Abu dan Temperatur Pembakaran (Biopellet) Limbah Ampas Tebu.** Skripsi. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang

Damayanti, R., Novia L., dan Joko P. 2017. **Studi Pengaruh Ukuran Partikel dan Penambahan Perekat Tapioka Terhadap Karakteristik Biopellet dari Kulit Coklat (*Theobroma cacao* L.) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbaru.** Jurnal Teknotan Vol. 11 No. 1.

Darmawati. 2019. **Analisis Keragaman Salak (*Salacca Zalacca*) Varietas Merah Berdasarkan Morfologi dan Anatomi di Kabupaten Enrekang.** Skripsi. Universitas Islam Negeri Alauddin. Makassar

Ekawati, H. 2019. **Briket Bioarang Dari Pelepeh Salak (*Salacca edulis*) Sebagai Bahan Bakar Alternatif.** Jurnal Adikarsa Volume XVI No.17

Indrianti, N., Rima K., Riyanti E., dan Doddy A. D. 2013. **Pengaruh Penggunaan Pati Ganyong, Tapioka, dan Mocaf Sebagai Bahan Substitusi Terhadap Sifat Fisik Mie Jagung Instan.** Jurnal Agritech, Vol. 33, No. 4.

Iriyanto, I. 2019. **Pengaruh Komposisi Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Bibit Beberapa Varietas Tebu (*Saccharum Officinarum* L.) Dengan Metode *Bud Chips*.** Skripsi. Universitas Muria Kudus. Kudus



Kholil, A. 2017. **Analisis Fisis Briket Arang dari Sampah Berbahan alami kulit buah dan Pelepah Salak**. Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang

Kurniawati, A. D. 2010. **Pengaruh Tingkat Pencucian dan Lama Kontak dengan Etanol Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Tepung Porang (*Amorphophallus oncophyllus*)**. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang

Lathifah, U. 2020. **Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder dan Aktivitas Antioksidan Daun Tebu (*Saccharum Offinarum L.*)**. Skripsi. Universitas Negeri Semarang. Semarang

Latief, A., dan I Wayan S. 2015. **Pemanfaatan Bungkil dan Kulit Biji Karet Sebagai Bahan Bakar Alternatif Biobriket dengan Perekat Tetes Tebu**. Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya 03(03): 7-15.

Lestari, R. Y., I Dewa G. P. P., dan Budi T. C. 2019. **Pengaruh Kadar Air Terhadap Kualitas Pelet Kayu Dari Serbuk Gergajian Kayu Jabon dan Ketapang**. Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol. 37 No. 1, Maret 2019: 1-12

Mustafa, A. 2015. **Analisis Proses Pembuatan Pati Ubi Kayu (Tapioka) Berbasis Neraca Massa**. Jurnal Agrotek Volume 9, No. 2.

Mustamu, S., dan Gysberth P. 2018. **Pembuatan Biopellet dari Kayu Putih dengan Penambahan Gondorukem Sebagai Bahan Bakar Alternatif**. Universitas Pattimura. Ambon

Nabawiyah, K., dan Ahmad A. 2010. **Penentuan Nilai Kalor dengan Bahan Bakar Kayu Sesudah Pengarangan Serta Hubungannya dengan Nilai Porositas Zat Padat**. Jurnal Neutrino Vol. 3, No. 1.

Nizar, M., Muzakir M. T., dan Cut S. Y. 2017. **Pemanfaatan Kulit Buah Kakao Menjadi Briket Arang Menggunakan Kanji Sebagai Perekat**. Jurnal Serambi Engineering, Volume II, No.3.

Novidahlia, N., Titi R., dan Yuni N. 2019. **Karakteristik Fisikokimia *Jelly Drink* Daging Semangka, Albedo Semangka, dan Tomat dengan Penambahan Karagenan dan Tepung Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume)**. Jurnal Agroindustri Halal ISSN 2442-3548 Volume 5 Nomor 1.



Nugroho, S., Irwan S., dan Hesti I. 2018. **Rancang Bangun Mesin Pencetak Pellet dari Limbah Telur Solusi Pakan Ternak Alternatif.** Jurnal Mesin Nusantara, Vol. 1, No. 2.

Paramitha, T., Tri R. S., dan Mukhtar G., 2019. **Karakterisasi Silika Dari Abu Ampas Tebu.** Jurnal KOVALEN, 5(3): 290-298

Pongenda, R. C., Mery N., dan Daud K. W. 2015. **Biocharcoal dari Biji Salak (*Salacca edulis*) Sebagai Adsorben Terhadap Kromium.** Jurnal Akademika Kim. 4(2): 84-90.

Prabawa, I. D. G. P., dan Miyono. 2017. **Mutu Biopellet dari Campuran Cangkang Buah Karet dan BambuAter (*Gigantochloa atter*).** Jurnal Riset Industri Hasil Hutan Vol.9, No.2.

Rahayu, T., Aminah A., dan Suparti. 2017. **Biopulping Pelepah Tanaman Salak Menggunakan Jamur Pelapuk Putih *Phanerochaete Chrysosporium*.** Jurnal Bioeksperimen Volume 3 No.1

Rahman, A. M. 2007. **Mempelajari Karakteristik Kimia dan Fisik Tepung Tapioka dan Mocal (*Modified Cassava Flour*) Sebagai Penyalut Kacang pada Produk Kacang Salut.** Skripsi. IPB. Bogor

Ruriani, Rahmanelli, dan Chandra D. 2018. **Usaha Tanaman Salak Pondoh di Nagari Pasir Binjai Kecamatan Silaut Kabupaten Pesisir Selatan.** Jurnal Buana – Volume-2 No-4.

Safitri, I. O., Herla R., dan Ridwansyah. 2017. **Pengaruh Perbandingan Tepung Talas, Tapioka, dengan Tepung Mocaf dan Persentase Terhadap Mutu Keripik Tempe Inovasi.** Jurnal Rekayasa Pangan dan Pert., Vol.5 No. 2.

Sahputra, F. M. 2008. **Potensi Ekstrak Kulit dan Daging Buah Salak Sebagai Antidiabetes.** IPB. Bogor

Saleh, A., dan Rika. 2018. **Analisis Perancangan Bio Briket Biji Salak Menggunakan Bisnis Model Kanvas.** Jurnal Teknik Industri Vol. 4, No. 1.

Sugiyono, dan Dyah P. 2016. **Pengaruh Penggunaan Tepung Umbi Porang (*Amorphophallus Oncophyllus*) Sebagai Bahan Pengikat Terhadap**



Sifat Fisik dan Kimia Tablet Parasetamol. Universitas Wahid Hasyim.
Semarang

Sumariana, K. S. 2008. **Uji Performansi Mesin Penepung Tipe Disc (*Disc Mill*)**

Untuk Penepungan Juwawut (*Setaria Italica (L.) P. Beauvois*). Skripsi.
IPB. Bogor

Sushant, S., dan Kamath A. 2013. **Methods of Size Reduction and Factors Affecting Size Reduction in Pharmaceutics.** International Journal Research of Pharmacy. 2013, 4(8).

Syamsiro, M. 2016. **Peningkatan Kualitas Bahan Bakar Padat Biomassa dengan Proses Densifikasi dan Torrefaksi.** Jurnal Mek. Sist. Termal Vol. 1(1)2016:7-13

Tangio, J. S. 2013. **Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*).** Jurnal Entropi, Volume VIII, Nomor 1.

Trisa, A., Wahidin N., dan Mustafa. 2019. **Pengaruh Variasi Tekanan Terhadap Densitas, Kadar Air dan Laju Pembakaran pada Briket Pelepah Kelapa.** Jurnal Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII 2019 Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Wahyullah, Oka D. P., dan Ismail. 2018. **Pemanfaatan Biomassa Tumbuhan Menjadi Biopellet Sebagai Alternatif Energi Terbarukan.** Hasanuddin Student Journal, 2(1): 239-247

Wibowo, T., Dina S., Nurhaida, dan Farah D. 2016. **Kualitas Biopellet Dari Limbah Batang Kelapa Sawit dan Limbah Kayu Penggergajian.** Jurnal Hutan Lestari (2016) Vol. 4 (4) : 409 – 417

Wiranto, D. Y. 2021. **Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu (*Bagasse*) Sebagai Substitusi Campuran Agregat Halus pada Genteng Beton.** Skripsi.
Universitas Semarang. Semarang

Zulfian, Farah D., Dina S., Nurhaida, dan Emi R. 2015. **Kualitas Biopellet dari Limbah Batang Kelapa Sawit pada Berbagai Ukuran Serbuk dan Jenis Perekat.** Jurnal Hutan Lestari (2015) Vol. 3 (2) : 208 – 216



Zulkarnain, R., Sugeng S., dan Taufik H. 2014. **Perancangan Mesin Hammer Mill Penghancur Bongkol Jagung dengan Kapasitas 100kg/Jam Sebagai Pakan Ternak.** Universitas Muria. Kudus



Lampiran 2. Data Hasil Analisis Densitas Biopelet

a. Data Hasil Penelitian

Sampel	Ulangan	Massa (gr)	Volume (cm ³)			Densitas (gr/ cm ³)
			V ₀	V ₁	V _{Sampel}	
A1X1	1	0.44	1.4	1.9	0.5	0.88
	2	0.53	1.5	2	0.5	1.06
	3	0.46	1.4	1.8	0.4	1.15
A1X2	1	0.28	1.4	1.6	0.2	1.4
	2	0.26	1.9	2.1	0.2	1.3
	3	0.25	1.6	1.8	0.2	1.25
A2X1	1	0.45	1.2	1.7	0.5	0.9
	2	0.47	1.5	1.9	0.4	1.18
	3	0.52	1.4	2	0.6	0.87
A2X2	1	0.25	1.9	2.1	0.2	1.25
	2	0.28	1.6	1.8	0.2	1.4
	3	0.27	1.7	1.9	0.2	1.35
A3X1	1	0.61	1.3	2	0.7	0.87
	2	0.48	1.2	1.7	0.5	0.96
	3	0.46	1.4	1.9	0.5	0.92
A3X2	1	0.25	1.5	1.7	0.2	1.25
	2	0.32	1.3	1.6	0.3	1.07
	3	0.37	1.6	1.9	0.3	1.23



b. Tabel Kombinasi Perlakuan

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	Standar deviasi
	1	2	3			
A1X1	0.88	1.06	1.15	3.09	1.03	0.137477
A1X2	1.4	1.3	1.25	3.95	1.32	0.076376
A2X1	0.9	1.18	0.87	2.95	0.98	0.170978
A2X2	1.25	1.4	1.35	4	1.33	0.076376
A3X1	0.87	0.96	0.92	2.75	0.92	0.045092
A3X2	1.25	1.07	1.23	3.55	1.18	0.098658
Total	6.55	6.97	6.77	20.29		

c. Tabel Dua Arah

Faktor	X1	X2	Total	Rata-rata
A1	3.09	3.95	7.04	1.17
A2	2.95	4	6.95	1.16
A3	2.75	3.55	6.3	1.05
Total	8.79	11.5	20.29	
Rata-rata	1.465	1.917		



d. Tabel Perhitungan

Tabel Perhitungan

FK	22.87134
JKT	0.611161
JKA	0.054344
JKX	0.408006
JKAX	0.005678
JKG	0.143133

e. Analisa Ragam Dua Arah

SK	DB	JK	KT	FHIT	FTABEL 5%	NOTASI
A	2	0.054344	0.027172	2.27806241	3.89	
X	1	0.408006	0.408006	34.2063344	4.75	*
AX	2	0.005678	0.002839	0.23800652	3.89	
Galat	12	0.143133	0.011928			
Total	17	0.611161				

f. Uji Lanjut BNT 5% Perlakuan X

t	BNT 5%	Perlakuan	Rata-rata	BNT+ Rata-rata	Simbol
2.17881	0.1121742	X1	1.465	1.5771742	a
		X2	1.917	2.0291742	b



Lampiran 3. Data Hasil Analisis Kadar Air Biopelet

a. Data Hasil Penelitian

Sampel	Ulangan	Mcawan (gr)	M0 (gr)	Mcawan+Makhir (gr)	Makhir (gr)	Kadar Air (%)
A1X1	1	1.27	2	3.13	1.86	7.53
	2	1.29	2	3.21	1.92	4.17
	3	1.31	2	3.19	1.88	6.38
A1X2	1	1.29	2	3.22	1.93	3.63
	2	1.32	2	3.19	1.87	6.95
	3	1.29	2	3.2	1.91	4.71
A2X1	1	1.30	2	3.19	1.89	5.82
	2	1.31	2	3.24	1.93	3.63
	3	1.28	2	3.14	1.86	7.53
A2X2	1	1.28	2	3.2	1.92	4.17
	2	1.29	2	3.16	1.87	6.95
	3	1.29	2	3.23	1.94	3.09
A3X1	1	1.26	2	3.16	1.9	5.26
	2	1.29	2	3.21	1.92	4.17
	3	1.31	2	3.22	1.91	4.71
A3X2	1	1.28	2	3.21	1.93	3.63
	2	1.26	2	3.17	1.91	4.71
	3	1.29	2	3.21	1.92	4.17

b. Tabel Kombinasi Perlakuan

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	Standar deviasi
	1	2	3			
A1X1	7.53	4.17	6.38	18.08	6.03	1.70764
A1X2	3.63	6.95	4.71	15.29	5.1	1.693438
A2X1	5.82	3.63	7.53	16.98	5.66	1.954917
A2X2	4.17	6.95	3.09	14.21	4.74	1.991415
A3X1	5.26	4.17	4.71	14.14	4.71	0.545008
A3X2	3.63	4.71	4.17	12.51	4.17	0.54
Total	30.04	30.58	30.59	91.21		



c. Tabel Dua Arah

Faktor	X1	X2	Total	Rata-rata
A1	18.08	15.29	33.37	5.56
A2	16.98	14.21	31.19	5.20
A3	14.14	12.51	26.65	4.44
Total	49.2	42.01	91.21	
Rata-rata	8.2	7.002		

d. Tabel Perhitungan

Tabel Perhitungan

FK	462.1813
JKT	35.25656
JKA	3.917911
JKX	2.872006
JKAX	0.146978
JKG	28.31967

e. Analisa Ragam Dua Arah

	SK	DB	JK	KT	FHIT	FTABEL 5%	NOTASI
A	2		3.917911	1.958956	0.83007568	3.89	
X	1		2.872006	2.872006	1.21696583	4.75	
AX	2		0.146978	0.073489	0.03113973	3.89	
Galat	12		28.31967	2.359972			
Total	17		35.25656				



Lampiran 4. Data Hasil Analisis Kadar Abu Biopellet

a. Data Hasil Penelitian

Sampel	Ulangan	M awal(gr)	M akhir (gr)	Kadar Abu (%)
A1X1	1	1	0.074	7.40
	2	1	0.074	7.40
	3	1	0.072	7.20
A1X2	1	1	0.070	7
	2	1	0.085	8.50
	3	1	0.068	6.80
A2X1	1	1	0.071	7.10
	2	1	0.067	6.70
	3	1	0.080	8
A2X2	1	1	0.070	7
	2	1	0.069	6.90
	3	1	0.071	7.10
A3X1	1	1	0.082	8.20
	2	1	0.079	7.90
	3	1	0.078	7.80
A3X2	1	1	0.066	6.60
	2	1	0.065	6.50
	3	1	0.067	6.70



b. Tabel Kombinasi Perlakuan

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	Standar deviasi
	1	2	3			
A1X1	7.40	7.40	7.20	22	7.33	0.11547005
A1X2	7	8.50	6.80	22.3	7.43	0.92915732
A2X1	7.10	6.70	8	21.8	7.27	0.66583281
A2X2	7	6.90	7.10	21	7	0.1
A3X1	8.20	7.90	7.80	23.9	7.97	0.2081666
A3X2	6.60	6.50	6.70	19.8	6.6	0.1
Total	43.3	43.9	43.6	130.8		

c. Tabel Dua Arah

Faktor	X1	X2	Total	Rata-rata
A1	22	22.3	44.3	7.38
A2	21.8	21	42.8	7.13
A3	23.9	19.8	43.7	7.28
Total	67.7	63.1	130.8	
Rata-rata	11.283	10.517		



d. Tabel Perhitungan

Tabel Perhitungan

FK	950.48
JKT	5.88
JKA	0.19
JKX	1.175555556
JKAX	1.747777778
JKG	2.766666667

e. Analisa Ragam Dua Arah

SK	DB	JK	KT	FHIT	FTABEL 5%	NOTASI
A	2	0.19	0.095	0.41204819	3.89	
X	1	1.175556	1.175556	5.09879518	4.75	*
AX	2	1.747778	0.873889	3.79036145	3.89	
Galat	12	2.766667	0.230556			
Total	17	5.88				

f. Uji Lanjut BNT 5% Perlakuan X

t	BNT 5%	Perlakuan	Rata-rata	BNT+ Rata-rata	Simbol
2.17881	0.493175	X1	11.2833333	11.7765083	b
		X2	10.5166667	11.0098417	a



Lampiran 5. Data Hasil Analisis Kadar Zat Terbang Biopellet

a. Data Hasil Penelitian

Sampel	Ulangan	M awal (gr)	M kering (gr)	M akhir (gr)	Volatile Matter (%)
A1X1	1	2	1.86	0.28	79
	2	2	1.92	0.23	84.5
	3	2	1.88	0.32	78
A1X2	1	2	1.93	0.28	82.5
	2	2	1.87	0.23	82
	3	2	1.91	0.29	81
A2X1	1	2	1.89	0.28	80.5
	2	2	1.93	0.30	81.5
	3	2	1.86	0.34	76
A2X2	1	2	1.92	0.24	84
	2	2	1.87	0.24	81.5
	3	2	1.94	0.25	84.5
A3X1	1	2	1.9	0.25	82.5
	2	2	1.92	0.26	83
	3	2	1.91	0.25	83
A3X2	1	2	1.93	0.29	82
	2	2	1.91	0.28	81.5
	3	2	1.92	0.29	81.5



b. Tabel Kombinasi Perlakuan

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	Standar deviasi
	1	2	3			
A1X1	79	84.5	78	241.5	80.5	3.5
A1X2	82.5	82	81	245.5	81.83	0.76376262
A2X1	80.5	81.5	76	238	79.33	2.92973264
A2X2	84	81.5	84.5	250	83.33	1.60727513
A3X1	82.5	83	83	248.5	82.83	0.28867513
A3X2	82	81.5	81.5	245	81.67	0.28867513
Total	490.5	494	484	1468.5		

c. Tabel Dua Arah

Faktor	X1	X2	Total	Rata-rata
A1	241.5	245.5	487	81.167
A2	238	250	488	81.33
A3	248.5	245	493.5	82.25
Total	728	740.5	1468.5	
Rata-rata	121.33	123.416		



d. Tabel Perhitungan

Tabel Perhitungan

FK	119805.125
JKT	81.125
JKA	4.083333333
JKX	8.680555556
JKAX	20.02777778
JKG	48.33333333

e. Analisa Ragam Dua Arah

SK	DB	JK	KT	FHIT	FTABEL 5%	NOTASI
A	2	4.083333	2.041667	0.50689655	3.89	
X	1	8.680556	8.680556	2.15517241	4.75	
AX	2	20.02778	10.01389	2.4862069	3.89	
Galat	12	48.33333	4.027778			
Total	17	81.125				



Lampiran 6. Data Hasil Analisis Kadar Karbon Terikat Biopellet

a. Data Hasil Penelitian

Sampel	Ulangan	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Terbang (%)	Kadar Karbon Terikat (%)
A1X1	1	7.40	79	13.6
	2	7.40	84.5	8.1
	3	7.20	78	14.8
A1X2	1	7.10	82.5	10.5
	2	8.50	82	9.5
	3	6.80	81	12.2
A2X1	1	7.10	80.5	12.4
	2	6.70	81.5	11.8
	3	8	76	16
A2X2	1	7	84	9
	2	6.90	81.5	11.6
	3	7.10	84.5	8.4
A3X1	1	8.20	82.5	9.3
	2	7.90	83	9.1
	3	7.80	83	9.2
A3X2	1	6.60	82	11.4
	2	6.50	81.5	12
	3	6.70	81.5	11.8



b. Tabel Kombinasi Perlakuan

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	Standar deviasi
	1	2	3			
A1X1	13.6	8.1	14.8	36.5	12.2	3.572581
A1X2	10.5	9.5	12.2	32.2	10.7	1.36504
A2X1	12.4	11.8	16	40.2	13.4	2.271563
A2X2	9	11.6	8.4	29	9.67	1.70098
A3X1	9.3	9.1	9.2	27.6	9.2	0.1
A3X2	11.4	12	11.8	35.2	11.7	0.305505
Total	66.2	62.1	72.4	200.7		

c. Tabel Dua Arah

Faktor	X1	X2	Total	Rata-rata
A1	36.5	32.2	68.7	11.45
A2	40.2	29	69.2	11.53
A3	27.6	35.2	62.8	10.467
Total	104.3	96.4	200.7	
Rata-rata	17.38	16.067		



d. Tabel Perhitungan

Tabel Perhitungan

FK	2237.805
JKT	83.405
JKA	4.223333333
JKX	3.467222222
JKAX	30.14777778
JKG	45.56666667

e. Analisa Ragam Dua Arah

SK	DB	JK	KT	FHIT	FTABEL 5%	NOTASI
A	2	4.223333	2.111667	0.55610827	3.89	
X	1	3.467222	3.467222	0.91309437	4.75	
AX	2	30.14778	15.07389	3.9697147	3.89	*
Galat	12	45.56667	3.797222			
Total	17	83.405				

Lampiran 7. Data Hasil Analisis Nilai Kalor Biopellet

a. Data Hasil Penelitian

Sampel	Ulangan	Nilai Kalor (cal/gram)
A1X1	1	4309.731
	2	4007.789
A2X1	1	8421.983
	2	4106.615
A2X1	1	3669.397
	2	4166.646
A2X2	1	4347.481
	2	3959.576
A3X1	1	3862.7496
	2	4832.312
A3X2	1	4105.415
	2	3233.179



b. Tabel Kombinasi Perlakuan

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-rata	Standar deviasi
	1	2			
A1X1	4309.731	4007.789	8317.52	4158.76	213.505235
A1X2	8421.983	4106.615	12528.598	6264.299	3051.42597
A2X1	3669.397	4166.646	7836.043	3918.021	351.608139
A2X2	4347.481	3959.576	8307.057	4153.528	274.290256
A3X1	3862.749	4832.312	8695.0616	4347.530	685.584147
A3X2	4105.415	3233.179	7338.594	3669.297	616.763990
Total	28716.75	24306.117	53022.873		

c. Tabel Dua Arah

Faktor	X1	X2	Total	Rata-rata
A1	8317.52	12528.598	20846.118	3474.353
A2	7836.043	8307.057	16143.1	2690.516667
A3	8695.0616	7338.594	16033.6556	2672.275933
Total	24848.625	28174.249	53022.8736	
Rata-rata	4141.43743	4695.708167		



d. Tabel Perhitungan

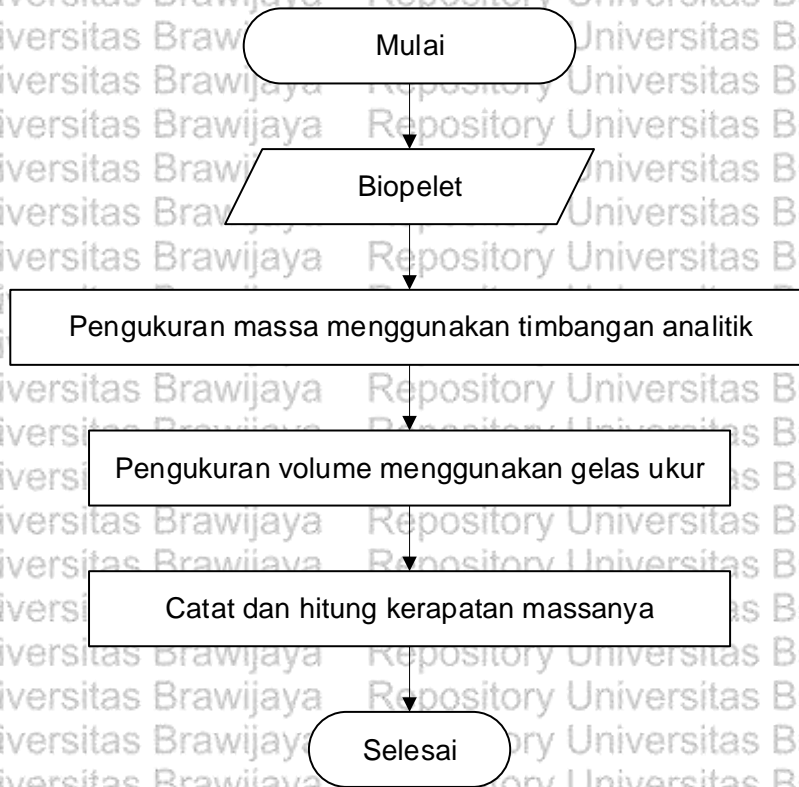
Tabel Perhitungan

FK	234285427.1
JKT	19129010.19
JKA	3774179.228
JKX	921651.4506
JKAX	4027107.664
JKG	10406071.85

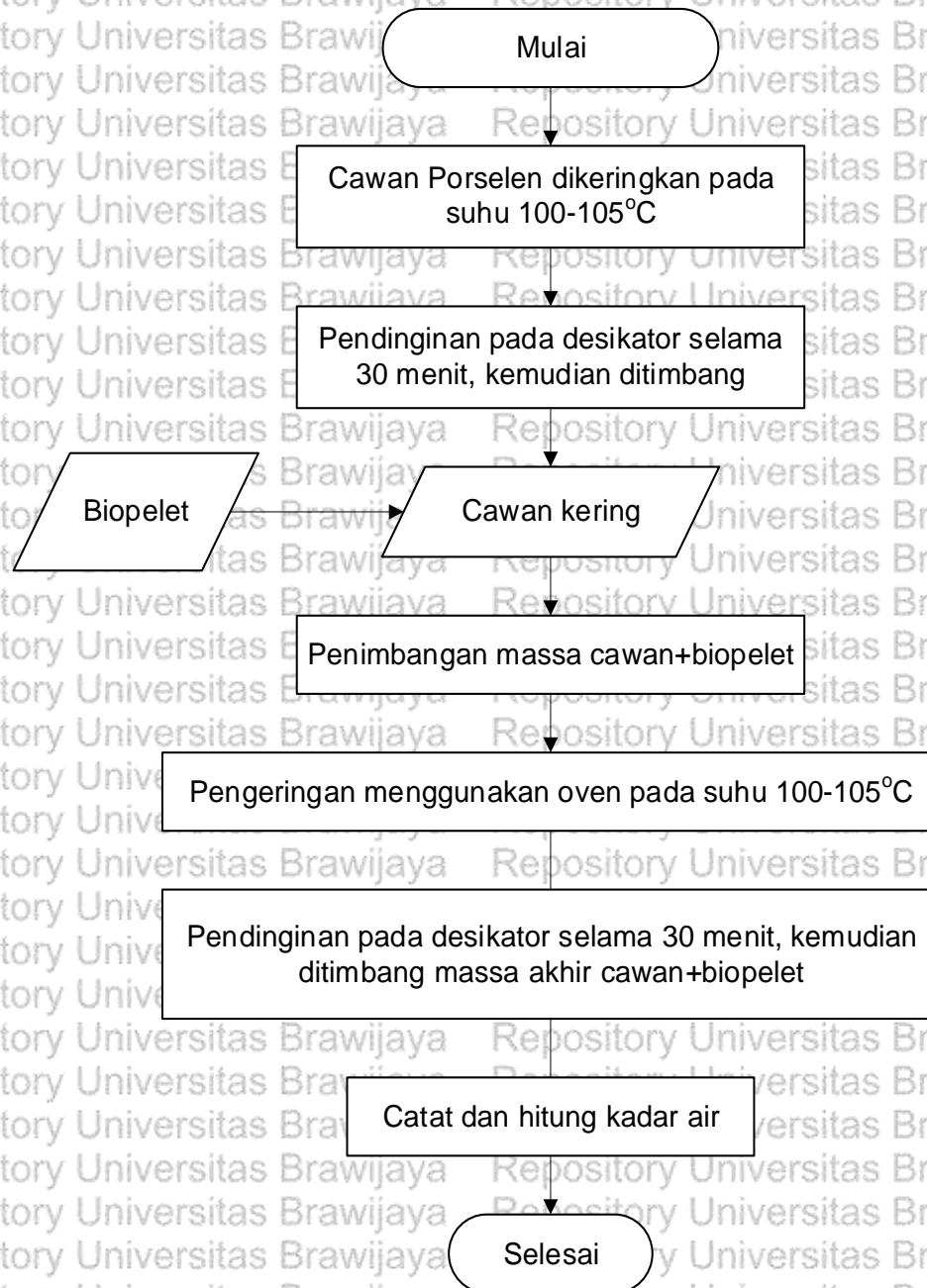
e. Analisa Ragam Dua Arah

	SK	DB	JK	KT	FHIT	FTABEL 5%	NOTASI
A	2		3774179.228	1887089.614	0.1088070297	5.14	
X	1		921651.4506	921651.4506	0.531411736	5.99	
AX	2		4027107.664	2013553.832	1.160987851	5.14	
Galat	6		10406071.85	1734345.308			
Total	11		19129010.19				

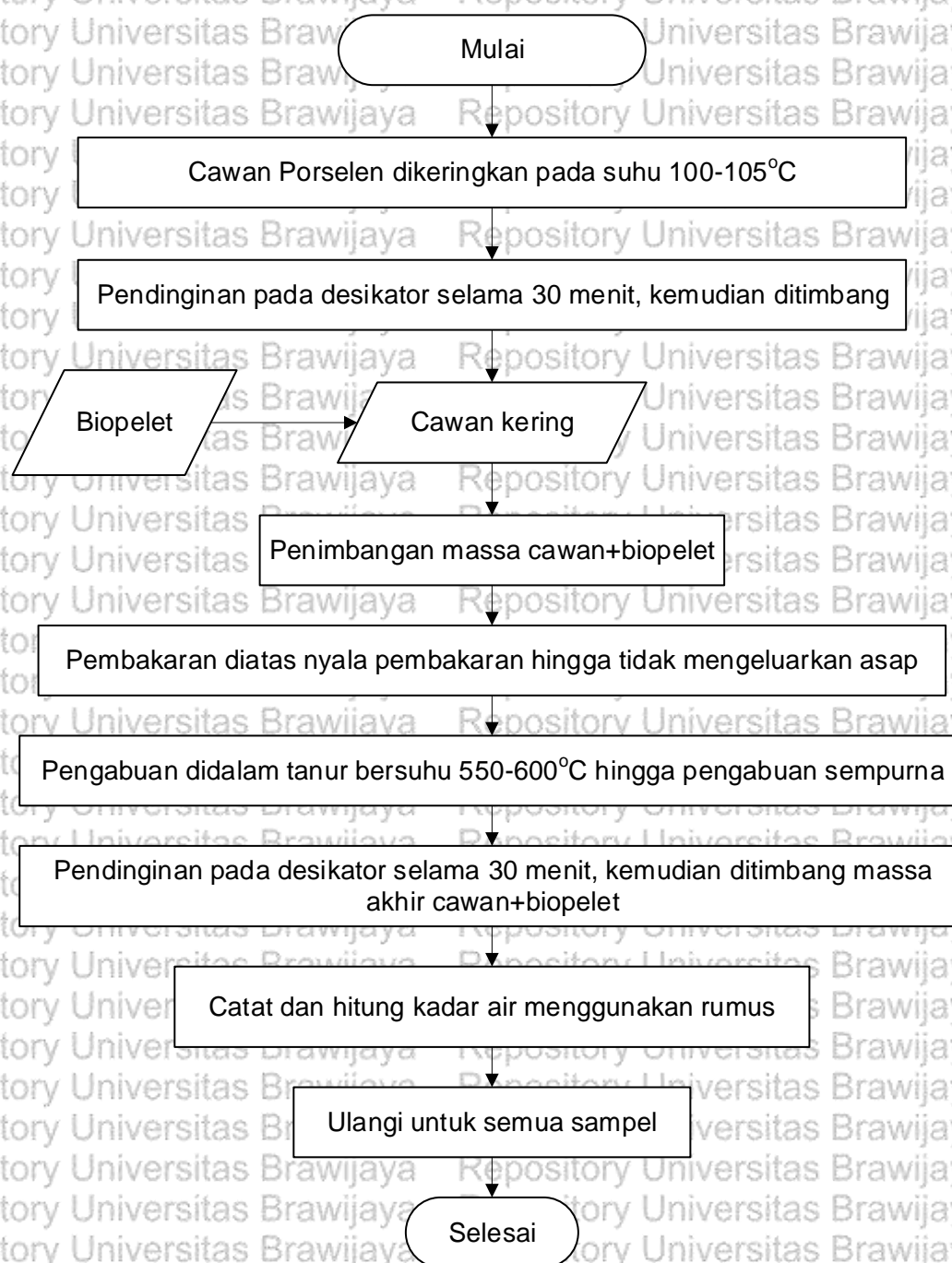
Lampiran 8. Diagram Alir Proses Pengujian Kerapatan



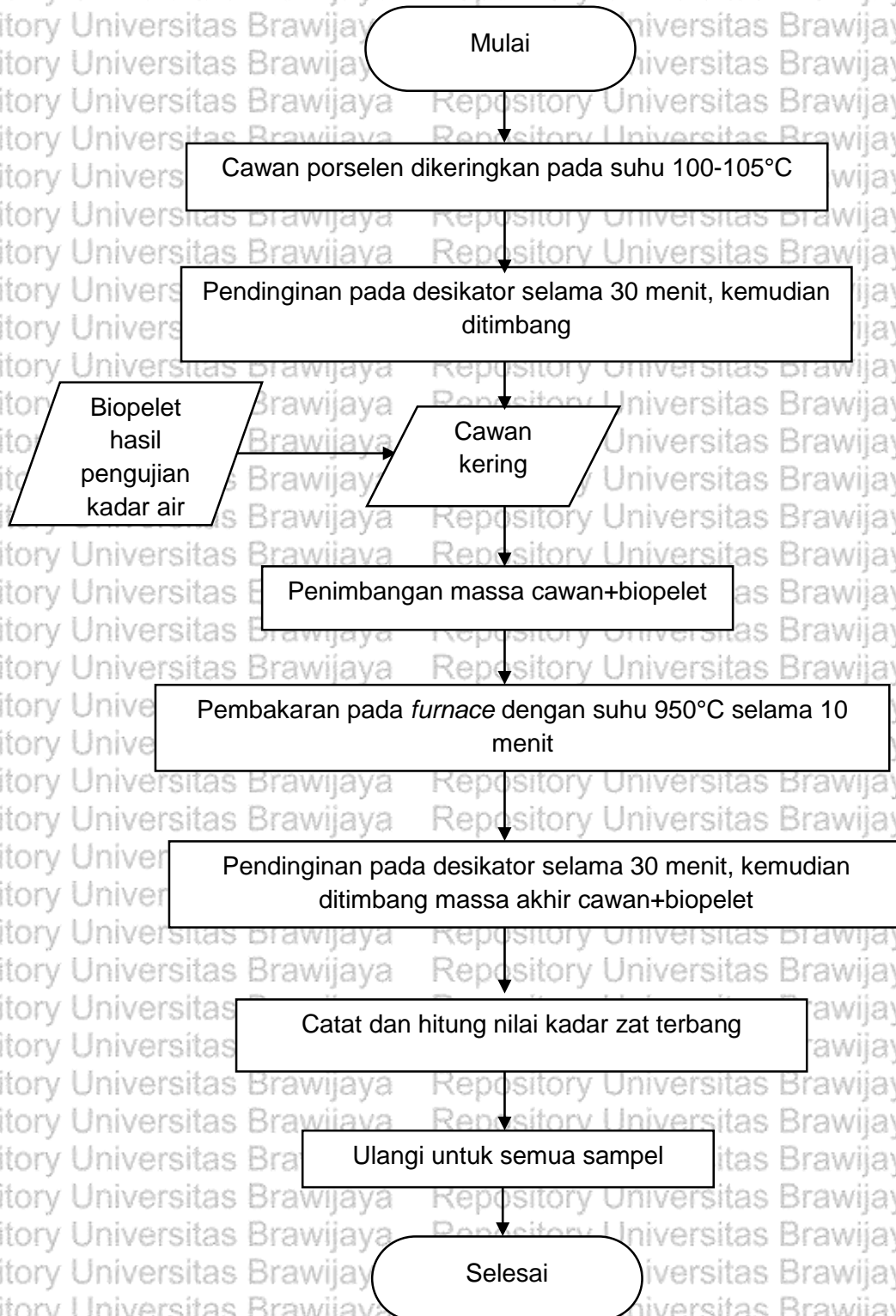
Lampiran 9. Diagram Alir Proses Pengujian Kadar Air



Lampiran 10. Diagram Alir Proses Pengujian Kadar Abu

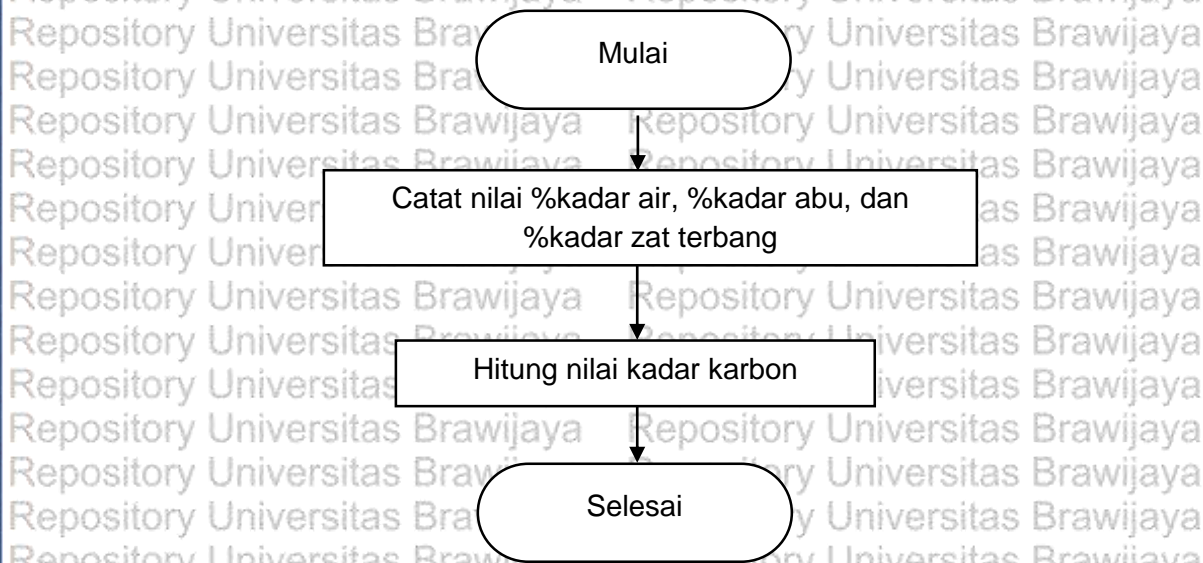


Lampiran 11. Diagram Alir Proses Pengujian Kadar Zat Terbang

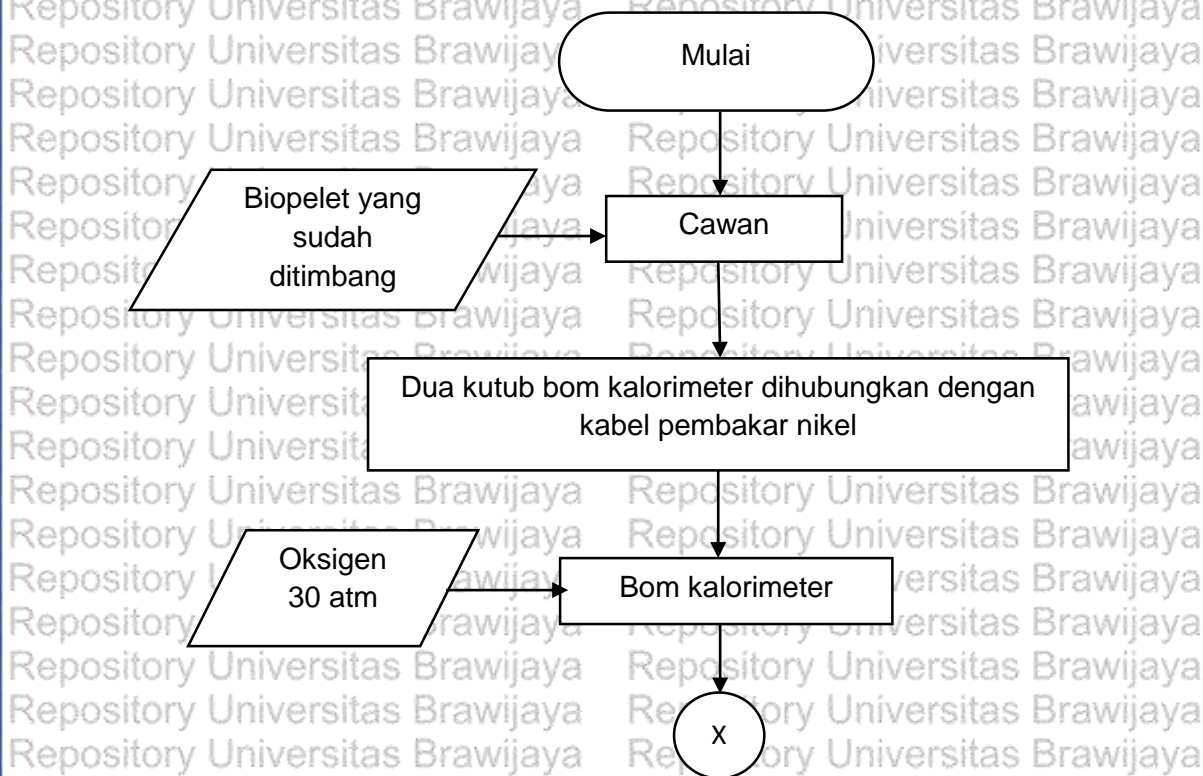


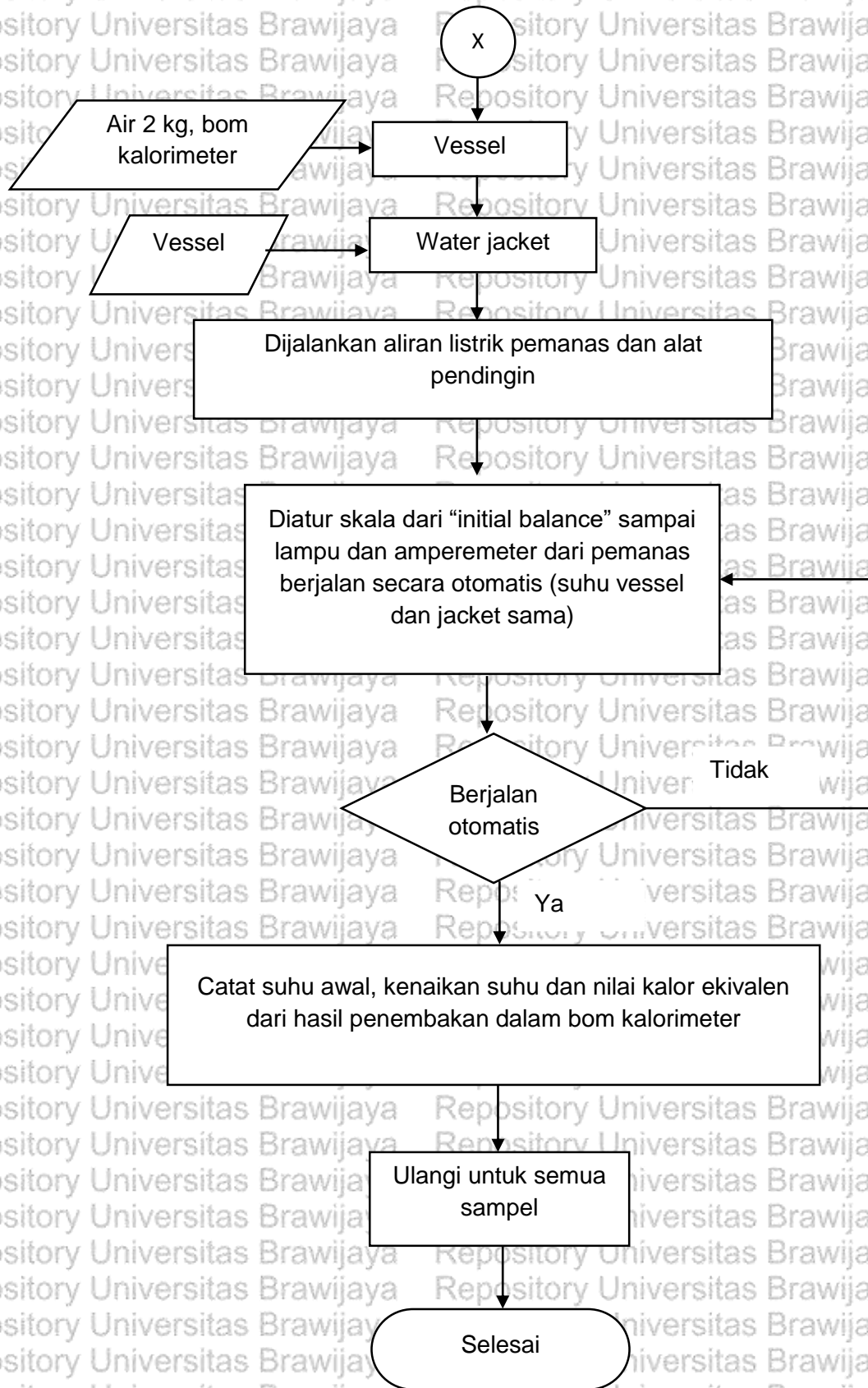


Lampiran 12. Diagram Alir Proses Pengujian Kadar Karbon Terikat



Lampiran 13. Diagram Alir Proses Pengujian Nilai Kalor





Lampiran 14. Dokumentasi Penelitian



Pelepah salak sebelum proses penggilingan



Pelepah salak setelah proses penggilingan



Bagas tebu sebelum proses penggilingan



Bagas tebu setelah proses penggilingan



Hasil biopellet Komposisi 75%
pelelah salak dan 25% bagas tebu
diameter 8mm



Hasil biopellet Komposisi 25%
pelelah salak dan 75% bagas tebu
diameter 8mm



Hasil biopellet Komposisi 50%
pelelah salak dan 50% bagas tebu
diameter 6mm



Hasil biopellet Komposisi 50%
pelelah salak dan 50% bagas tebu
diameter 8mm



Hasil biopellet Komposisi 75%
pelepah salak dan 25% bagas tebu
diameter 6mm



Hasil biopellet Komposisi 25%
pelepah salak dan 75% bagas tebu
diameter 6mm



Pengujian densitas biopellet



Pengujian kadar air biopellet



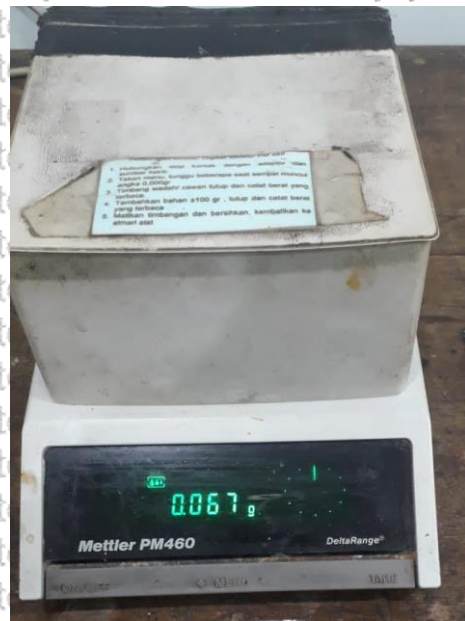
Pengukuran massa awal biopellet untuk uji kadar air



Pengukuran massa akhir biopellet untuk uji kadar air



Pengukuran massa awal biopellet untuk uji kadar abu



Pengukuran massa akhir biopellet untuk uji kadar abu



Pengujian kadar abu biopelet



Pengukuran massa awal biopelet untuk uji kadar zat terbang



Pengukuran massa akhir biopelet untuk uji kadar zat terbang