

# **SKRIPSI**

## **KARAKTERISTIK BIOPELET AMPAS KOPI DENGAN CAMPURAN ARANG KAYU PINUS HASIL PENGGILINGAN HAMMER MILL DAN BALL MILL**

**Disusun dan diajukan oleh :**

**NOPIA CAHYANI  
M011171001**



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN  
FAKULTAS KEHUTANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

## LEMBAR PENGESAHAN

**Karakteristik Biopellet Ampas Kopi dengan Campuran Arang Kayu Pinus  
Hasil Penggilingan Hammer Mill dan Ball Mill**

**Disusun dan Diajukan Oleh:**

**Nopia Cahyani**

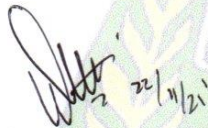
**M 011171001**

Telah dipertahankan di hadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian program studi kehutanan jurusan kehutanan pada tanggal 01 November 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui:

**Pembimbing Utama**

**Pembimbing Pendamping**

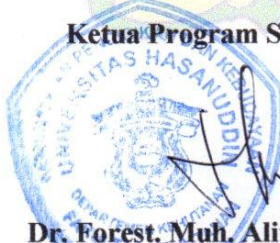


**Dr. Andi Detti Yuniarti, S.Hut., MP**  
NIP. 197006061995122001



**Dr. Suhasman, S.Hut., M.Si,**  
NIP. 196904022000031001

**Ketua Program Studi Kehutanan**



**Dr. Forest. Muh. Alif K.S., S.Hut., M.Si**  
NIP. 19790831 200812 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nopia Cahyani  
NIM : M011171001  
Program Studi : Kehutanan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

Karakteristik Biopellet Ampas Kopi dengan Campuran Arang Kayu Pinus Hasil  
Penggilingan Hammer Mill dan Ball Mill.

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atau perbuatan tersebut

Makassar, 01 November 2021

Yang menyatakan



Nopia Cahyani





## ABSTRAK

**Nopia Cahyani (M011171001). Karakteristik Biopelet Ampas Kopi dengan Campuran Arang Kayu Pinus Hasil Penggilingan Hammer Mill dan Ball Mill. Di bawah bimbingan Andi Detti Yuniarti dan Suhasman.**

Penelitian sebelumnya, kualitas biopelet sangat ditentukan oleh ukuran partikel. ukuran partikel yang lebih kecil dapat membuat kualitas biopelet menjadi lebih baik, demikian sebaliknya. Salah satu sumber biomassa yang memiliki potensi yang menjanjikan adalah ampas kopi, sayangnya penggunaan ampas kopi sebagai bahan baku biopelet menyebabkan banyak asap ketika dibakar, sehingga dibutuhkan pencampuran menggunakan bahan baku yang memiliki nilai kalor yang lebih tinggi untuk menghasilkan kualitas biopelet yang lebih baik. Salah satu biomassa dengan nilai kalor yang tinggi yaitu kayu pinus, karena kandungan resin alaminya meningkatkan nilai kalor biopelet. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat kualitas biopelet yang dihasilkan dengan campuran ampas kopi dan arang pinus pada ukuran partikel yang berbeda. Metode penelitian ini adalah arang dari limbah penggergajian kayu digiling dengan hammer mill (HM) dan ball mill (BM) untuk membuat ukuran partikel yang berbeda. Arang pinus dicampur dengan perbandingan komposisi berat antara ampas kopi dan arang pinus yaitu 4:6 dan 6:4, serta menggunakan tepung tapioka sebagai perekat dengan komposisi 5% dan dicetak menggunakan alat Manual Pellet Press. Pengujian kualitas biopelet dilakukan berdasarkan SNI 8021-2014, serta pengamatan secara visual yang terdiri dari lama nyala, laju pembakaran, dan keteguhan tekan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata kadar air, kadar abu, dan nilai kalor sesuai dengan SNI 8021-2014 kecuali pada nilai kerapatan dan kadar abu. Pengamatan secara visual menunjukkan bahwa biopelet variasi BM memiliki nilai keteguhan tekan lebih tinggi dibandingkan biopelet variasi HM, dan pada pengamatan lama nyala variasi BM 4:6, memiliki lama nyala pembakaran yang paling lama dibandingkan HM 4:6.

*Kata Kunci* : Biopelet, Ampas kopi, Arang, Kayu Pinus, Hammer mill, Ball mill

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah segala puji bagi Allah swt. atas segala limpahan kenikmatan dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “**Karakteristik Biopellet Ampas Kopi dengan Campuran Arang Kayu Pinus Hasil Penggilingan Hammer Mill dan Ball Mill**”. Salam dan shalawat juga penulis panjatkan kepada Baginda Rasulullah *Shallallahu ‘Alaihi Wa Sallam* yang telah membawa ummat Islam di jalan kebenaran hingga saat ini.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sejak duduk dibangku perkuliahan hingga pada penyusunan skripsi ini, akan sangat sulit untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karenanya, pada kesempatan ini secara khusus dengan penuh kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada **Dr. Andi Detti Yuniarti, S.Hut., MP** dan **Dr. Suhasman, S.Hut., M.Si**, dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing serta memberi arahan dalam penyusunan skripsi ini.

Rasa terima kasih yang tiada hentinya dan segala bentuk hormat penulis kepada kedua orang tua tercinta, ayahanda dan ibunda, serta keluarga atas segala doa, pengorbanan, kasih sayang, kerja keras, motivasi, semangat, saran, serta doa, dan dukungan yang diberikan selama ini.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu selama proses penelitian dilaksanakan hingga penyusunan skripsi ini selesai. Segala keikhlasan dan kerendahan hati penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada :

1. Ibu **Sahriyanti Saad, S.Hut., M.Si., P.hD** dan Bapak **Mukirimin, S.Hut., M.P., P.hD** selaku dosen penguji atas segala saran dan masukan untuk perbaikan dan pengembangan skripsi ini.
1. Bapak **Dr. A. Mujetahid M, S.Hut., MP** selaku dosen Pembimbing Akademik atas segala nasehat yang telah diberikan selama menimba ilmu di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.

2. Ibu **Ira Taskirawati, S.Hut., M.Si. Ph.D** dan Bapak **Agussalim, S.Hut., M.Si** yang telah memberikan saran dan masukan saat proses penelitian sedang berlangsung.
3. Kak **Heru Arisandi** yang telah membantu proses penelitian.
4. Teman-teman dan keluarga besar **Laboratorium Pengolahan dan Pemanfaatan Hasil Hutan** terkhusus **Sartika, Hikmana, dan Fitriaseh** yang telah memberikan semangat dan dukungan selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Bapak **Prof. Dr. Dahlang Tahrir, MSi** selaku Kepala Laboratorium Material dan Energi yang telah mengizinkan saya untuk menggiling sampel penelitian.
6. Sodari **Andi Tenri Olla, Roni**, dan seluruh mahasiswa di Laboratorium Material dan Energi, Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin terimakasih telah menyambut dan membantu saya saat proses penggilingan sampel.
7. Seluruh **Dosen Pengajar** dan **Staf Administrasi** Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin atas segala bantuan yang diberikan selama menimba ilmu di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.
8. Sodari **Andi Sindy Wahyuni Arista** yang telah membantu proses penelitian saya hingga selesai.
9. Teman-teman saya **Windi Setiawati, Khalil Gibran, Muhammad Asril, Widawati**, dan **Fatmawati** yang senantiasa menyemangati saya dalam proses penyusunan skripsi ini.
10. Keluarga besar **FRAXINUS17** yang telah memberikan banyak dukungan dan kenangan selama proses di dalam kampus hingga penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini masih sangat jauh dari kesempurnaan dan penuh dengan kekurangan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi pengembangan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan khususnya bagi penulis sendiri.



Makassar, 27 Oktober 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Nopia Cahyani' with a period at the end. The signature is stylized and cursive.

Nopia Cahyani

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan penelitian .....	2
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Biomassa.....	4
2.2 Biopelet.....	5
2.3 Ampas Kopi.....	6
2.4 Kayu Pinus.....	7
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>8</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	8
3.2 Alat dan Bahan .....	8
3.3 Prosedur Penelitian.....	9
3.3.1 Penyiapan Bahan .....	9
3.3.2 Proses Pencampuran.....	10
3.3.3 Proses Pencetakan dan Penjaringan.....	10
3.4 Pengujian .....	11
3.4.1 Pengujian Berdasarkan SNI 8021-2014 .....	13
3.4.2 Pengamatan Visual .....	14
3.5 Analisis Data .....	15
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>16</b>
4.1 Pengujian Berdasarkan SNI 8021-2014 .....	16
4.1.1 Kerapatan.....	16

4.1.2 Kadar Air .....	17
4.1.3 Kadar Abu .....	19
4.1.4 Kadar Zat Menguap.....	21
4.1.5 Karbon Tetap.....	22
4.1.6 Nilai Kalor.....	24
4.2 Pengamatan Visual Biopellet.....	24
4.2.1 Lama Nyala .....	25
4.2.2 Laju Pembakaran .....	26
4.2.3 Keteguhan Tekan.....	26
4.2.4 Kenampakan Fisik.....	27
<b>V. KESIMPULAN.....</b>	<b>29</b>
5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran.....	29
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>30</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>37</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 1.	Parameter Kualitas Biopelet.....	5
Tabel 2.	Karakteristik Biopelet Ampas Kopi.....	25

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 1.	Hammer Mill dan Ball Mill.....	9
Gambar 2.	Serbuk Arang Kayu Pinus Hasil Penggilingan HM.....	9
Gambar 3.	Serbuk Penggilingan Hasil Penggilingan BM.....	10
Gambar 4.	Manual Pellet Press .....	11
Gambar 5.	Diagram nilai kerapatan biopelet campuran ampas kopi dan arang kayu pinus .....	16
Gambar 6.	Diagram kadar air biopelet campuran ampas kopi dan arang kayu pinus .....	18
Gambar 7.	Diagram kadar abu biopelet campuran ampas kopi dan arang kayu pinus .....	19
Gambar 8.	Diagram kadar zat menguap biopelet campuran ampas kopi dan arang kayu pinus .....	21
Gambar 9.	Diagram karbon tetap biopelet campuran ampas kopi dan arang kayu pinus .....	23
Gambar 10.	Diagram nilai kalor biopelet campuran ampas kopi dan arang kayu pinus .....	24
Gambar 11.	Kenampakan fisik biopelet campuran ampas kopi dan arang kayu pinus .....	27

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Lampiran 1.	Hasil analisis T-Independent kerapatan biopelet.....	38
Lampiran 2.	Hasil analisis T-Independent kadar air biopelet .....	38
Lampiran 5.	Hasil analisis T-Independent kadar abu biopelet.....	39
Lampiran 4.	Hasil analisis T-Independent zat menguap biopelet .....	39
Lampiran 5.	Hasil analisis T-Independent kadar karbon tetap biopelet.....	40
Lampiran 6.	Hasil analisis T-Independent nilai kalor biopelet .....	40
Lampiran 7.	Hasil analisis T-Independent keteguhan tekan biopelet .....	41
Lampiran 8.	Hasil analisis T-Independent lama nyala biopelet.....	42
Lampiran 9.	Tabel hasil perhitungan kadar air .....	42
Lampiran 10.	Tabel hasil perhitungan kadar abu dan zat menguap.....	43
Lampiran 11.	Tabel hasil perhitungan nilai karbon tetap .....	43
Lampiran 12.	Tabel hasil pengujian nilai kalor .....	44
Lampiran 13.	Proses pembakaran serpihan kayu pinus .....	45
Lampiran 14.	Proses karbonisasi arang kayu pinus di lubang tanah.....	45
Lampiran 15.	Penjemuran arang kayu pinus setelah karbonisasi .....	46
Lampiran 16.	Proses penggilingan arang menggunakan Hammer Mill.....	46
Lampiran 17.	Proses pengayakan serbuk arang kayu pinus.....	47
Lampiran 18.	Proses penggilingan arang menggunakan Ball Mill .....	47
Lampiran 19.	Proses penjemuran ampas kopi.....	48
Lampiran 20.	Proses pencampuran bahan biopelet.....	48
Lampiran 21.	Proses pencetakan biopelet menggunakan manual pellet press.....	49
Lampiran 22.	Biopelet setelah di oven.....	49



# I. PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang

Bahan bakar merupakan kebutuhan energi yang menjadi permasalahan utama saat ini. Tiap tahunnya kebutuhan masyarakat akan konsumsi bahan bakar fosil semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk (Budiawan et al., 2014; Fitri, 2017). Sebagai salah satu negara berkembang, Indonesia memiliki banyak sumber daya terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan menjadi bahan bakar yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari (Pratiwi, 2020). Salah satu jenis sumber energi yang melimpah ruah serta dapat diperbarui yaitu biomassa. Biomassa merupakan bahan organik yang diperoleh dari proses fotosintesis, baik berupa produk maupun buangan (Fitri, 2017; Putri & Andasuryani, 2017). Kelebihan penggunaan biomassa sebagai bahan bakar yaitu dapat mengurangi kadar karbondioksida di atmosfer, hal ini terjadi karena biomassa lebih sedikit menghasilkan gas hasil sisa pembakaran, sehingga lebih mudah diserap kembali oleh tumbuhan (bersifat karbon netral) (Mustamu & Pari, 2018). Biomassa dapat diperoleh dari berbagai sumber, termasuk limbah pertanian dan limbah kayu. Akan tetapi, biomassa memiliki kadar air yang tinggi dan daya nyala yang buruk (Kansai et al, 2018; Lee et al., 2018). Sehingga teknologi biopelet akan memberikan solusi alternatif untuk meningkatkan kualitas biomassa (Mustamu & Pari, 2018; Pratiwi, 2020).

Biopelet merupakan biomassa yang diproses dengan sistem pengepresan menggunakan perekat dan dapat diproduksi dengan teknologi sederhana yang relatif singkat dan memiliki nilai panas yang cukup tinggi sehingga bisa digunakan sebagai bahan bakar terbarukan. Biopelet memiliki ukuran diameter 6-12 mm serta panjang 10-20 mm (Fikri & Sartika, 2018; Mustamu & Pari, 2018; Gifani et al., 2019).

Limbah biomassa yang cukup potensial dan jumlahnya melimpah di Indonesia yaitu ampas kopi. Konsumsi kopi di Indonesia meningkat rata-rata lebih dari 7% setiap tahunnya. Sehingga semakin tinggi konsumsi kopi, maka semakin meningkat pula jumlah limbah kopi yang dihasilkan dari setiap kafe maupun rumah tangga (Limantara et al., 2019). Akan tetapi ampas kopi memiliki kandungan senyawa



aromatik dan alifatik, yang ketika dibakar akan menghasilkan banyak asap (Khusna & Susanto, 2015). Oleh karena itu perlu dilakukan modifikasi untuk meningkatkan potensi pemanfaatan ampas kopi dengan mencampurkan ampas kopi menggunakan biomassa lainnya yang sekiranya memiliki nilai kalor yang tinggi. Salah satu sumber biomassa yang memiliki nilai kalor yang tinggi adalah kayu pinus, menurut Martinez et al (2019) kayu pinus memiliki kandungan resin alami sehingga dapat meningkatkan nilai kalor.

Selain bahan yang digunakan, ukuran partikel merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses pengepresan dan pembakaran. Ukuran partikel yang lebih besar akan menyebabkan rongga yang lebih besar pada biopelet, hal ini dikarenakan perekat akan lebih sulit merekat, sehingga oksigen lebih mudah masuk ke dalam rongga yang menyebabkan reaksi oksidasi terjadi lebih cepat (Seo et al, 2015; Lisowski, 2019; Suryaningsih et al., 2019). Teknologi pembuatan serbuk atau partikel semakin maju seiring perkembangan zaman, salah satu yang sekarang ini tengah digiatkan di berbagai negara adalah penggunaan *ball milling*. Teknologi *ball milling* dalam pembuatan bioarang dilakukan untuk menghasilkan fungsi dan karakteristik yang lebih baik (Kumar et al., 2020). Studi terbaru menunjukkan bahwa *ball milling* mampu meningkatkan luas permukaan dan volume pori-pori pada bioarang, serta mengurangi ukuran partikel (Naghdi et al., 2017; Lyu et al., 2017).

Kualitas uji mutu pada biopelet mengacu pada SNI 8021-2014 yang meliputi uji kadar air, kadar abu, kerapatan, kadar karbon, nilai kalor, dan kadar zat menguap (Mustamu & Pari, 2018; Peudada et al., 2020)

## **I.2 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini ditujukan untuk untuk:

1. Menganalisis karakteristik biopelet ampas kopi campuran arang kayu pinus berdasarkan SNI 8021-2014.
2. Menganalisis efektifitas penggunaan penggiling *hammer mill* dan *ball mill* dalam proses penggilingan arang terhadap karakteristik biopelet.

## **Hipotesis**

Diduga semakin kecil ukuran partikel bahan baku biopellet maka kualitas biopellet akan semakin baik.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Biomassa

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis baik berupa produk maupun buangan yang dapat diperoleh dari tanaman, baik secara langsung maupun tidak langsung dan dimanfaatkan sebagai energi atau bahan dalam jumlah yang besar. Biomassa disebut juga sebagai fitomassa atau *bioresource* yang merujuk pada sumber daya yang diperoleh dari hayati. Sumber daya yang dimaksud meliputi ratusan hingga ribuan spesies tanaman di daratan maupun dilautan, berbagai sumber pertanian, kehutanan, limbah residu dan proses industri, limbah dan kotoran hewan (Herlambang et al., 2017; Parinduri & Parinduri, 2020). Pada dasarnya biomassa dapat dibedakan dalam tiga kelompok besar, yaitu: biomassa kayu, biomassa bukan kayu, dan bahan-bahan sekunder (Papilo et al., 2016).

Sumber energi biomassa merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*). Penggunaan biomassa untuk memproduksi energi berupa bahan bakar, pada dasarnya berprinsip pada dari mana biomassa itu didapatkan. Biomassa diproduksi oleh tanaman hijau yang mengkonversi sinar matahari menjadi bahan tanaman melalui proses fotosintesis, oleh karena itu biomassa dianggap sebagai materi organik. Pada saat biomassa diubah menjadi energi, CO<sub>2</sub> biomassa akan dilepaskan ke atmosfer. Yang mana dalam hal ini siklus CO<sub>2</sub> akan menjadi lebih pendek dibandingkan dengan yang dihasilkan dari pembakaran minyak bumi atau gas alam. Sehingga CO<sub>2</sub> yang dihasilkan tidak memiliki efek terhadap kestimbangan CO<sub>2</sub> di atmosfer atau mengurangi emisi gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global (Papilo et al., 2016; Parinduri & Parinduri, 2020). Hal inilah yang menyebabkan biomassa disebut sebagai *carbon-neutral*. Selain CO<sub>2</sub>, gas-gas seperti NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, dan Hg juga berkontribusi dalam menghasilkan efek rumah kaca. Biomassa segar mengandung sedikit atau bahkan sama sekali tidak mengandung sulfur, sehingga produksi gas SO<sub>2</sub> dapat ditekan. Selain itu, pembakaran biomassa hanya memproduksi gas N<sub>2</sub>O dalam jumlah yang sedikit (Budiman, et al., 2018).

## 2.2 Biopelet

Biopelet atau pelet adalah bahan bakar padat yang terbuat dari biomassa yang dikonversikan menggunakan teknik densifikasi berbentuk silinder dengan ukuran yang lebih kecil dari ukuran briket dan memiliki panjang sekitar 6-25 mm dengan diameter 10-12 mm (Damayanti et al., 2017; Mustamu & Pari, 2018; Wibowo & Lestari, 2018; Damayanti et al., 2020). Pada penelitian-penelitian sebelumnya, biopelet biasanya dibuat dengan menggunakan bahan dasar limbah serbuk penggergajian kayu dan limbah serbuk lainnya tanpa diarangkan terlebih dahulu, seperti kulit coklat (Damayanti et al., 2017) cangkang buah karet dan bambu alter (Prabawa & Miyono., 2017) cangkang dan daging biji karet (Ahmadan et al., 2018) dan lain sebagainya. Parameter kualitas biopelet dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Parameter kualitas biopelet

<b>Parameter</b>	<b>(SNI) 8021–2014</b>
Kadar Air (%)	$\leq 12$
Kadar Abu (%)	$\leq 1,5$
Zat Menguap (%)	$\leq 80$
Kadar Karbon (%)	$\geq 14$
Nilai Kalor (kal/g)	$\geq 4000$
Kerapatan (cm)	$\geq 0,80 \text{ g/cm}^3$

Biopelet memiliki ukuran, bentuk, kelembaban, kepadatan, dan kandungan energi yang seragam, selain itu juga biopelet memiliki tekanan yang lebih tinggi dibanding briket yang mana hal ini mempengaruhi kandungan kadar air yang lebih rendah pada biopelet (Bantacut et al., 2013; Winata, 2013; Damayanti, 2020).

Komposisi biopelet terdiri dari partikel-partikel kecil yang dapat meningkatkan kemungkinan pengurangan ukuran yang signifikan, rusak atau hancur saat ditekan pada suhu dan tekanan dalam durasi tertentu (Wibowo & Lestari, 2018). Biopelet biasanya digunakan sebagai bahan bakar boiler pada

industri pemanas ruangan dan dapat digunakan sebagai penghasil panas bagi pemukiman atau industri kecil (Qadry et al., 2019).

### **2.3 Ampas Kopi**

Ampas kopi merupakan sejumlah besar senyawa organik seperti protein, karbohidrat, tanin, serat, kafein, selulosa, nitrogen, non-protein, asam lemak, asam amino, polifenol, mineral lignin dan polisakarida meskipun tidak sebanyak bubuk kopi murni (Baryati, 2019; Nosek, 2020; Seco, 2020). Kandungan-kandungan senyawa kimia tersebut dapat digunakan pada berbagai macam pengaplikasian, seperti *biodiesel*, *bioetanol*, *bio-char*, *biomass pellet*, material *bio-composite*, *biogas* atau bisa digunakan untuk pembakaran langsung (Lisowski et al., 2019; Tongcumpou et al., 2019; Nosek et al., 2020)

Ampas kopi dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan bahan bakar bioenergi baik dalam bentuk cair, gas, maupun padat yang dikombinasikan dengan teknologi kimia maupun bioteknologi. Untuk bahan bakar padat, ampas kopi memiliki kandungan lignin yang tinggi untuk proses densifikasi atau proses pemadatan, karena kandungan lignin merupakan perekat alami (Brunerova et al, 2019). Proses densifikasi pada ampas kopi dilakukan untuk menghasilkan bahan bakar biomassa berkalori tinggi. Ampas kopi kering memiliki nilai kalor sekitar 18,8-26,9 MJ/kg<sup>-1</sup> yang sebanding dengan nilai kalor dari biomassa lain seperti serbuk gergaji kayu atau jerami gandum dan nilai kalor ampas basah sekitar 13,9-24,9 MJ/kg<sup>-1</sup>. Nilai kalor ampas kopi yang cukup tinggi ini berpotensi untuk menghasilkan bahan bakar yang dibuat dari sampah (*reject-derived fuel/RDF*). Akan tetapi pembakaran pelet ampas kopi murni di dalam boiler dapat menyebabkan efisiensi boiler lebih rendah sehingga meningkatkan emisi partikel. Oleh karena itu diperlukan bahan tambahan yang dapat meningkatkan kualitas pelet yang lebih baik (Nosek et al., 2020).

### **2.4 Kayu Pinus**

Selama ini kayu pinus lebih banyak dimanfaatkan oleh industri sebagai bahan dalam pembuatan pulp and paper, korek api, dan furniture seperti lemari, kursi dan lain-lain. Sementara di kalangan masyarakat sendiri limbah sisa tebangan kayu

pinus belum dimanfaatkan secara maksimal. Padahal jika ditinjau dari kandungan kimianya, limbah gergajian kayu pinus dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan bahan bakar terbarukan (Firman et al., 2016). Selain itu, pada penelitian-penelitian sebelumnya limbah pohon pinus hanya banyak digunakan untuk membuat produk alami, seperti bagian kulitnya yang digunakan sebagai bahan utama pembuatan perekat tanin untuk papan komposit, dan getahnya digunakan sebagai bahan perekat untuk pembuatan briket arang (Fitri, 2017), daunnya digunakan sebagai bahan campuran untuk pembuatan bahan bakar alternatif (Suluh, 2019). Kandungan lignin dan selulosa yang tersisa dari serbuk kayu pinus memungkinkan produksi bioarang berkualitas prima karena arang yang terbentuk mempunyai daya tahan bara cukup lama (Murni, 2014).