

**KARAKTERISTIK BIOCHAR DARI KAYU MERANTI (*Shorea leprosula*)
DAN KAYU SENGON (*Paraserianthes falcataria*)**

(Skripsi)

Tri Ismianto Restu Wibowo



**JURUSAN KEHUTANAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

KARAKTERISTIK BIOCHAR DARI KAYU MERANTI (*Shorea leprosula*) DAN KAYU SENGON (*Paraserianthes falcataria*)

Oleh

TRI ISMIANTO RESTU WIBOWO

Kebutuhan energi di Indonesia yang terus meningkat dan ketersediaan bahan bakar yang semakin menurun, memaksa masyarakat untuk mencari sumber bahan bakar alternatif yang dapat diperbarui dan ramah lingkungan. Sumber bahan bakar dari biomassa seperti limbah kehutanan berupa kayu sengoan dan kayu meranti, memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan. Salah satu teknologi konversi biomassa limbah untuk meningkatkan kualitas bioenergi pada arang ialah melalui proses pirolisis. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui sifat bioenergi dan karakteristik kimia arang kayu sengoan dan kayu meranti yang diproduksi dengan menggunakan teknologi pirolisis pada suhu 400°C dan 600°C. Hasil penelitian menunjukkan rendemen arang kayu meranti sebesar 27,78% dengan nilai rasio densifikasi energi (RDE) 1,48 dan rendemen energi (EY) 18,74% pada suhu 400°C, dan pada suhu 600°C, RDE sebesar 1,71 dan nilai YE sebesar 16,23%. Rendemen Arang kayu sengo sekitar 25,83% dengan nilai RDE sebesar 1,64 dan YE sebesar 15,79% pada suhu 400°C, dan pada suhu 600°C, RDE sebesar 1,74 dan nilai YE sebesar 14,85%. . Nilai pH arang yang paling tinggi diperoleh arang kayu meranti dari suhu 600°C sebesar 8,7, dan untuk perubahan gugus fungsi dari arang kayu meranti dan kayu sengoan yaitu C=O, C=C, C-H, O-H, dimana gugus fungsi mengalami perubahan pada pita spektrum. Hasil dari pengaruh suhu terhadap sifat bioenergi arang kayu meranti dan kayu sengoan ialah hasil yang baik ada pada perlakuan suhu 600°C karena sudah memenuhi persyaratan SNI.

Kata kunci: limbah, pirolisis, arang, kayu sengoan, kayu meranti, karakteristik kimia, sifat bioenergi.

ABSTRACT

CHARACTERISTICS BIOCHAR FROM MERANTI (*Shorea leprosula*) AND SENGON (*Paraserianthes falcataria*) WOOD

By

TRI ISMIANTO RESTU WIBOWO

Energy demand in Indonesia continues to increase and the availability of fuel is decreasing, forcing people to look for alternative fuel sources that are renewable and environmentally friendly. Sources of fuel from biomass, such as forestry waste in the form of sengoan wood and meranti wood, have the potential to be developed as a renewable energy source. One of the biomass waste conversion technologies to improve the quality of bioenergy in charcoal is through the pyrolysis process. The purpose of this study was to determine the bioenergy properties and chemical characteristics of sengoan and meranti wood charcoal produced using pyrolysis technology at temperatures of 400 °C and 600 °C. The results showed the yield of meranti wood charcoal was 27.78% with an energy densification ratio (RDE) of 1.48 and an energy yield (EY) of 18.74% at a temperature of 400 °C, and at a temperature of 600 °C, the RDE was 1.71 and the YE value by 16.23%. The yield of Sengo wood charcoal is about 25.83% with an RDE value of 1.64 and an YE of 15.79% at a temperature of 400 °C, and at a temperature of 600 °C, an RDE of 1.74 and a YE value of 14.85%. The highest pH value for charcoal was obtained from meranti wood charcoal from a temperature of 600 °C at 8.7, and for changes in the functional groups of meranti wood charcoal and sengoan wood, namely C=O, C=C, C-H, O-H, where the functional groups changed in the band spectrum. The results of the effect of temperature on the bioenergy properties of meranti wood charcoal and sengoan wood are good results at 600 °C temperature treatment because it meets the requirements of SNI.

Keywords: waste, pyrolysis, charcoal, sengoan wood, meranti wood, chemical characteristics, bioenergy properties

**KARAKTERISTIK BIOCHAR DARI KAYU MERANTI (*Shorea leprosula*)
DAN KAYU SENGON (*Paraserianthes falcataria*)**

Oleh

TRI ISMIANTO RESTU WIBOWO

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA KEHUTANAN**

**Pada
Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **KARAKTERISTIK BIOCHAR DARI KAYU
MERANTI (*Shorea leprosula*) DAN KAYU
SENGON (*Paraserianthes falcataria*)**

Nama Mahasiswa : **TRI ISMIANTO RESTU WIBOWO**


Nomor Pokok Mahasiswa : **1614151062**

Program Studi : **Kehutanan**

Fakultas : **Pertanian**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc.
NIP 197911142009121001

MENGETAHUI

2. Ketua Jurusan Kehutanan

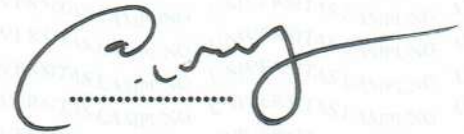


Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si.
NIP 197402222003121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc.



Penguji Bukan Pembimbing : Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si.



Penguji Bukan Pembimbing : Ir. Indriyanto, M.P.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP.196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 Juni 2022

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Telukbetung pada tanggal 30 November 1997, sebagai anak ke-tiga dari tiga bersaudara, dari pasangan Alm Bapak Ratno Hari Sulih Wibowo dan Ibu Endang Kusmaryani. Pada tahun 2009 penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 3 Padang Cermin, pada tahun 2012 penulis menyelesaikan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Padang Cermin dan pada tahun 2016 penulis menyelesaikan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Padang Cermin.

Pada tahun 2016, penulis di terima sebagai mahasiswa di Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis melakukan kegiatan Praktik Umum Kehutanan (PU) di Kampus Lapangan Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Desa Getas, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah pada bulan agustus 2019. Pada tahun 2020 penulis mengikuti Seminar Nasional Konservasi 2020 sebagai pemateri dengan judul “**Karakterisasi Arang Hayati dari Limbah Kayu Sengon (*Falcataria moluccana*) dan Meranti (*Shorea sp.*)**”. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Bedarou Indah Kecamatan Menggala Timur Kabupaten Tulang Bawang pada bulan Januari-Februari 2020.

TERUNTUK AYAH, IBU DAN KAKAK-KAKAKKU TERCINTA

SANWACANA

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah Subhanaallahu Wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat, nikmat beserta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Karakteristik Biochar Dari Kayu Meranti (*Shorea leprosula*) dan Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria*)”, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan di Universitas Lampung. Penyelesaian penulisan skripsi ini tentunya berkat seluruh bantuan, dukungan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada beberapa pihak sebagai berikut.

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si., selaku Ketua Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung, selaku pembimbing akademik serta pembimbing kedua penulis atas bimbingan dan motivasi yang telah diberikan;
3. Bapak Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc., selaku dosen pembimbing pertama atas bimbingan, motivasi, saran dan kritik yang telah diberikan selama penulisan skripsi;
4. Bapak Ir. Indriyanto, M.P., selaku penguji atas bimbingan, saran, dan motivasi yang membangun dalam penyelesaian skripsi,
5. Dosen Kehutanan yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan dan pengalaman selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
6. Staf administrasi Jurusan Kehutanan maupun Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah banyak membantu dalam segala penyelesaian kelengkapan administrasi;

7. Ibunda penulis yaitu Ibu Endang yang tidak pernah berhenti memberikan kasih sayang, doa, motivasi, arahan dengan penuh kesabaran hingga penulis bisa melangkah sejauh ini;
8. Kakak-kakak penulis yaitu Indra Nurwibowo dan Dwi Nurviana Wibowo yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dan motivasi;
9. Teman seperjuangan kehutanan 2016 “T16ER” dan khususnya tim THH Vivi Nurkholifah, Muhammad Abdillah, Halim Hardianto, Ganang Bagus Akbar Prihastono, Reynaldo Zevan, Seldi Prayoga, Siti Mutiara dan Rahmi Adi B atas segala bantuan, dukungan dan kebersamaan yang telah kalian berikan;
10. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah banyak membantu dalam proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini selesai.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi para pembaca.

Bandar Lampung, Agustus 2022

Tri ismianto restu wibowo

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	1
1.3 Kerangka Pemikiran.....	8
II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Limbah 5	
2.1.1 Limbah Padat.....	5
2.1.2 Limbah Cair.....	5
2.1.3 Limbah Gas	5
2.2 Kayu Meranti (<i>Shorea leprosula</i>)	6
2.3 kayu Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>).....	8
2.4 Pirolisis	9
2.5 Arang	10
2.6 Arang Aktif	12
III. METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Waktu dan Tempat	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.2 Metode Penelitian	14
3.4 Pelaksanaan penelitian	14
3.4.1 Tahapan Preparasi	14
3.4.2 Pembuatan Arang	15
3.4.3 Pengujian Arang Hayati.....	16
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Rendemen	20
4.2 Nilai pH.....	20
4.3 Nilai Kalor.....	21
4.4 Rasio Densifikasi Energi dan Rendemen Energi	22
4.5 Kadar Air	23
4.6 Analisis Proksimat	23
4.7 Analisis Fourier Transform Infrared (FTIR).....	23

V. SIMPULAN DAN SARAN.....	25
5.1 Simpulan	25
5.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	32

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat Kimia Kayu Sengon.....	8
2. Efek Suhu Terhadap Pirolisis Arang.....	19
3. Rendemen Arang Kayu Meranti dan Kayu Sengon	20
4. Rasio Densifikasi Energi (RDE) dan Rendemen Energi (EY) pada Arang Kayu Meranti dan Kayu Sengon.....	22
5. Kadar Air.....	23
6. Hasil Analisis Proksimat Arang Kayu Meranti dan Arang Kayu Sengon (%)..	23
7. Perubahan Gugus Fungsi Arang Kayu Meranti dan Arang Kayu Sengon	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran penelitian	8
2. Bentuk tungku kubah pembuatan arang hayati	23
3. Skema <i>bomb calorimeter</i>	24
4. Grafik nilai pH arang kayu meranti dan arang kayu sengon	21
5. Grafik nilai kalor arang kayu meranti dan kayu sengon	22
6. Spektrum FTIR arang kayu meranti dan arang kayu sengon	24

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pasokan kayu Indonesia yang berasal dari hutan alam memiliki perbedaan yang signifikan dengan hutan tanaman (Hidayat *et al.*, 2017a). Total produksi kayu di hutan alam pada tahun 2013 hingga 2016 berjumlah 19.405.701 m³, sedangkan produksi kayu dari hutan tanaman berjumlah 110.114.379 m³, ini membuktikan bahwa pemanfaatan kayu di hutan tanaman jauh lebih tinggi dari hutan alam (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2017).

Indonesia memiliki potensi sumber daya alam yang besar, diantaranya potensi pohon/kayu yang dititik beratkan pada pemanfaatan kayu menjadi kayu lapis dan kayu gergajian (Utama *et al.*, 2019). Kegiatan tersebut menghasilkan produk samping yaitu limbah berupa serbuk kayu yang umumnya hanya dibiarkan menumpuk, membusuk, dibuang ke aliran sungai, atau dibakar sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan (Hidayat *et al.*, 2022a: Koleangan dan Wuntu, 2008). Limbah merupakan bahan sisa yang dihasilkan dari suatu kegiatan dan proses produksi, baik pada skala rumah tangga, industri, pertambangan, dan sebagainya (Hidayat *et al.*, 2022b; Latifa, 2011).

Limbah pembalakan, limbah industri pengolahan kayu, dan limbah perkebunan/pertanian seperti tempurung kelapa, tempurung kemiri, sabut kelapa, batang dan bonggol jagung, batang dan kulit kacang tanah, jerami, sekam padi yang dapat menjadi sumber energi dengan nilai kalor pembakaran cukup tinggi yaitu berkisar 12.56-20,93 MJ/kg (Haryanto *et al.*, 2021: Pari *et al.*, 2012). Limbah dalam bentuk sebetan dan serbuk gergaji pada industri penggergajian kayu dapat mencapai masing-masing 25,8% dan 10,6%. Potensi limbah komponen sebetan dan serbuk gergaji dari penggunaan setiap m³ log kayu adalah

0,26 m³ dan 0,10 m³ (Nurhayati dan Adalina, 2009).

Biomassa dapat berasal dari tanaman perkebunan atau pertanian, hutan, peternakan atau bahkan sampah. Karena kandungan hidrokarbon yang dimiliki senyawanya, biomassa dapat digunakan untuk menyediakan panas, membuat bahan bakar, dan membangkitkan listrik (Karlinsari *et al.*, 2012; Park *et al.*, 2018). Biomassa memiliki kekurangan ketika digunakan sebagai bahan bakar padat karena memiliki variasi ukuran dan bentuk yang menyebabkan kesulitan dalam penanganan dan penyimpanan sehingga tidak ekonomis untuk diangkut dalam jarak jauh (Alamsyah *et al.*, 2017; Saputra *et al.*, 2022).

Limbah kayu sengon dan kayu meranti perlu diolah agar tidak terjadi penumpukkan serta lebih bernilai guna. Ketersediaan limbah kayu sengon dan kayu meranti yang melimpah dapat menjamin lestarynya sumber energi biomassa. Data Badan Pusat Statistik tahun 2018 menunjukkan total produksi kayu bulat di Indonesia mencapai 55,52 juta m³. Produksi kayu bulat sengon sebesar 3,65 juta m³ dan produksi kayu bulat meranti 4,37 juta m³ (Badan Pusat Statistik, 2019).

Uar (2016) mengemukakan, rata-rata rendemen kayu pada industri gergajian sejak tahun 2014-2016 mencapai 55,14%, artinya terdapat sekitar 44,86% potensi limbah kayu sengon yang dapat dimanfaatkan. Peraturan Direktur Jendral Bina Usaha Kehutanan Nomor 12 Tahun 2014 tentang Rendemen Kayu Olahan Industri Primer Hasil Hutan Kayu juga menjelaskan bahwa rendemen kayu gergajian sebesar 60-70%. Oleh karena itu, diperlukan pemanfaatan limbah kayu yang efektif dan efisien. Pemanfaatan limbah yang masih mempunyai nilai ekonomis akan meningkatkan nilai tambah terhadap industri (Uar, 2016).

Salah satu teknologi yang dapat meningkatkan nilai guna dari limbah yaitu teknik pirolisis, pirolisis merupakan proses dekomposisi suatu bahan oleh panas dengan menggunakan oksigen yang terbatas, proses diawali oleh pembakaran dan gasifikasi, serta diikuti oksidasi total dari produk utama. Hasil dari proses tersebut yaitu *biochar*/arang hayati (Rafly *et al.*, 2022; Yang *et al.*, 2022; Yunita *et al.*, 2022).

Biochar (arang hayati) adalah produk yang dihasilkan ketika limbah biomassa (diutamakan limbah pertanian) dipanaskan tanpa udara atau dengan udara yang sangat sedikit. Proses pembuatan arang ini sering disebut pirolisis.

Bahan baku yang bisa digunakan untuk pembuatan *biochar* adalah sampah biomassa yang tidak dimanfaatkan seperti: sekam padi, tongkol jagung, kulit buah kakao atau cokelat, cangkang kemiri, kulit kopi, limbah gergaji kayu, ampas daun minyak kayu putih, ranting kayu seperti pada limbah sisa pakan ternak, tempurung kelapa, dan lain sejenisnya (UNDP, 2012; Wijaya *et al.*, 2022).

Pirolisis adalah penguraian kandungan kimia biomassa dengan pemanfaatan panas dengan oksigen yang terbatas pada suhu sekitar 200°C – 600°C. Produk yang dihasilkan berupa arang, cairan dan gas (Silva *et al.*, 2012).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat fisis dan kimia dari *biochar* serta perbandingan sifat antara *biochar* menggunakan suhu 400°C dan 600°C, dikarena bahan yang berasal dari limbah, maka akan mudah didapat dan juga membantu pengelolaan limbah terutama pada proses penebangan dan penggergajian.

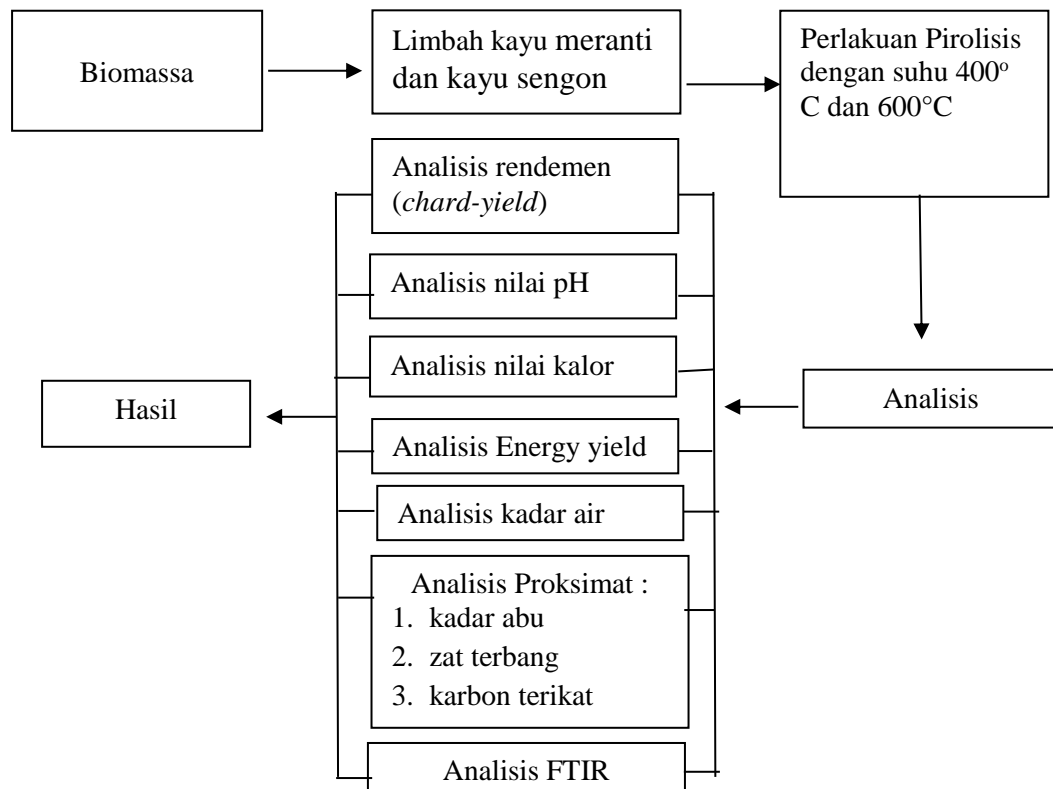
1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai rendemen produksi arang kayu meranti dan arang kayu sengon yang dihasilkan dengan menggunakan kilang komersial.
2. Mengetahui karakteristik kimia arang kayu meranti dan arang kayu sengon yang diproduksi menggunakan kilang komersial dengan suhu 400°C dan 600°C.
3. Mengetahui pengaruh suhu 400°C dan 600°C terhadap sifat bioenergi arang kayu meranti dan arang kayu sengon.

1.3 Kerangka Pemikiran

Industri pengolahan kayu di Indonesia cukup banyak. Limbah industri yang dihasilkan berupa serpih dan serbuk kayu yang masih kurang dalam pemanfaatannya sehingga dapat menyebabkan pencemaran, limbah industri penggergajian kayu sebesar 40,48% volume yang terbagi menjadi tiga bentuk yaitu sabetan (22,32%), potongan kayu (9,39%), dan serbuk gergaji (8,77%) (Purwanto, 2009). Kerangka penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

Limbah dapat diartikan sebagai bahan buangan yang kehadirannya pada sesuatu dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Berdasarkan bentuk limbah yang dihasilkan dalam suatu industri dapat digolongkan menjadi 3 yaitu limbah padat, cair, dan gas (Kristanto, 2013; Setiawan, 2015).

2.1.1 Limbah Padat

Limbah padat secara garis besar diartikan menjadi limbah padat yang mudah terbakar, limbah yang tidak mudah terbakar, mudah membusuk, debu, lumpur, dan yang dapat didaur ulang (Kristanto, 2013). Limbah padat dapat diperoleh dari hasil pertanian, hasil perkebunan kelapa sawit, dan limbah kegiatan kehutanan (Iryani *et al.*, 2019).

2.1.2 Limbah Cair

Limbah cair ialah limbah yang berwujud cair. Limbah cair dapat terlarut dalam air, dan selalu berpindah. Limbah cair pada umumnya berupa bahan kimia, hasil pelarutan, air bekas produksi oli bekas (Setiawan, 2015).

2.1.3 Limbah Gas

Limbah gas ialah limbah yang berwujud gas, limbah ini terdapat di atmosfer yang dalam keadaan tidak bersih dan tercampur dengan gas-gas lain. Contoh limbah yang berupa gas adalah karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), dan sulfur dioksida (SO₂) (Setiawan, 2015).

Limbah pengolahan kayu dapat digunakan untuk beberapa keperluan dan dapat dibedakan menjadi empat (Kulit kayu, potongan kayu, serpihan dan serbuk). Contoh pengelolaan limbah dari penggergajian berupa kulit kayu untuk bahan bakar, potongan kayu dan serpihan dapat dibuat menjadi arang, briket arang atau karbon aktif dapat dimanfaatkan menjadi briket arang atau karbon (Salim *et al.*, 1995).

Kayu merupakan sumber daya hayati yang sering digunakan untuk kebutuhan manusia diantaranya sebagai bahan bakar, kerajinan, furnitur, hingga bahan untuk bangunan (Lestari, 2017). Limbah kayu dapat digolongkan menjadi 2 yaitu limbah kayu yang terjadi pada kegiatan eksploitasi hutan berupa pohon tebang yang terdiri dari batang pohon sampai cabang yang tidak memiliki nilai ekonomis, tunggak dan bagian atas cabang pertama pohon, dan limbah kayu yang berasal dari industri pengolahan kayu antara lain berupa lembar vinir yang rusak, *log end* (pangkal kayu bulat, atau kayu penghara yang tidak berkualitas, sisa kupasan, serbuk gergajian, serbuk pengamplasan, potongan kayu gergajian dan kulit) (Arsad, 2014).

Rachma dan Malik (2011) menyebutkan bahwa komposisi limbah penggergajian dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu serbuk gergaji dengan persentase 12-15%, sebetan dan potongan ujung kayu memiliki persentase yang tinggi yaitu sebesar 25-35%, dan yang terakhir potongan dolok dan cacat kayu dengan persentase 5-10%.

2.2 Kayu Meranti Tembaga (*Shorea leprosula*)

Meranti adalah salah satu jenis pohon dari family Dipterocarpaceae yang mendominasi hutan alam di wilayah Kalimantan, dengan kualitas baik. Jenis ini mendominasi realisasi produksi kayu bulat dari hutan alam dan menjadi primadona industri kayu lapis (*plywood*) dan *wood working* di tahun 80- 90-an. Tanaman meranti digunakan untuk meningkatkan produksi hutan adalah langkah tepat untuk menjawab kelangkaan akan bahan baku kayu di indonesia (Kristiningrum, 2013). Berikut adalah klasifikasi taksonomi pohon meranti:

Kerajaan : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliophyta

Ordo : Malvales

Famili : Dipterocarpaceae

Genus : *Dipterocarpus*

Spesies : *Shorea leprosula*

Secara taksonomi, pohon dalam suku meranti termasuk kelompok kayu keras, memiliki berat jenis yang sedang hingga tinggi dan sebagian jenisnya tumbuh sangat perlahan. Kecambah meranti-merantian cenderung menyukai naungan. Meranti (*Shorea leprosula*) adalah salahsatu jenis pohon penghasil kayu utama Indonesia. Pohon meranti dapat mencapai tinggi 60 m, dengan tinggi bebas cabang 35 m dan, diameter 1 m (Kristiningrum, 2013).

Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat, produksi kayu bulat dari perusahaan yang memiliki hak pengusahaan hutan (HPH) di Indonesia sebesar 5,26 juta m³ pada tahun 2020 dan jumlah tersebut turun 14,7% dibandingkan tahun sebelumnya yang berjumlah 6,17 juta m³ (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2020). Berdasarkan jenis kayu, meranti mendominasi produksi kayu bulat dalam HPH di Indonesia pada tahun lalu, yakni sebesar 1,64 juta m³ dan jumlah ini setara dengan 31,24% dari total produksi kayu bulat (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2020a).

Sebesar 87,47% dari total kayu bulat dijual oleh perusahaan, sekitar 3,1% kayu bulat digunakan sendiri oleh perusahaan dan sebanyak 9,38% produksi kayu bulat disimpan sebagai stok perusahaan dan 0,05% produksi adalah kayu bulat yang rusak, dan hilang (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2020b).

Menurut Bahri (2007), proses pengolahan kayu akan menghasilkan limbah 54,24%, yang terdiri atas sisa potongan dalam berbagai bentuk. Salah satu limbah yang dihasilkan dari aktivitas pengolahan kayu adalah serbuk gergaji.

Menurut Anggono (2009) unsur kimia kayu meranti terdiri atas: selulosa 50%, lignin 16-33%, hemiselulosa dan sejumlah zat lain 5- 10%. Supartini (2009) menyatakan bahwa rata-rata zat ekstraktif yang terkandung dalam kayu sengon yaitu 6,26% larut dalam air dingin, 8,11% larut air panas, 17,58% larut NaOH berkonsentrasi 1% dan 12,12% larut alkohol benzena yang dimana termasuk golongan sedang, serta kadar abu pada kayu sengon yaitu 0,85% termasuk golongan tinggi.

Industri penggergajian kayu menghasilkan limbah berupa serbuk kayu dimana limbah serbuk kayu belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat. Limbah serbuk kayu meranti dapat dijadikan untuk bahan baku pembuatan karbon aktif karena kandungan karbon pada kayu meranti rata-rata lebih dari 60% (Saputro dan Fitriana, 2016).

2.3 Kayu Sengon Laut (*Paraserianthes falcataria*)

Sengon merupakan tanaman yang sering dikembangkan sebagai kayu di hutan rakyat dengan menerapkan sistem agroforestri (Sari *et al.* 2018). Berikut adalah klasifikasi taksonomi pohon sengon:

Kerajaan : Plantae

Divisi : Magnoliopsida

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Fabales

Famili : Mimosaceae

Genus : *Paraserianthes*

Spesies : *Paraserianthes falcataria*

Tanaman ini memiliki sifat yang menguntungkan karena memiliki nilai yang komersial dan tidak menuntut persyaratan tempat untuk tumbuh (Zakiyah *et al.* 2017). Sengon dapat dimanfaatkan sebagai kayu konstruksi ringan dan furnitur. Jika dibandingkan dengan kayu lainnya, kayu sengon memiliki sifat fisik yang unggul untuk industri kertas karena kayu sengon memiliki panjang serat yang paling tinggi sehingga kertas dari kayu sengon memiliki sifat tahan robek (Priadi dan Hartati 2018). Namun tanaman sengon memiliki kelemahan yaitu rentan terkena penyakit karat dan lodoh (Rahayu 2014).

Sengon termasuk jenis tanaman keras yang sangat bermanfaat untuk lingkungan dengan jangka waktu panen 5 tahun, kebun sengon dapat memberikan kontribusi pada pelestarian lingkungan seperti menahan erosi tanah, meningkatkan kemampuan tanah untuk menyerap air, akan tetapi tidak semua lahan cocok untuk budidaya pohon sengon (Zakiyah, 2017). Sengon memiliki syarat tumbuh yaitu lahan harus terletak diketinggian antara 0 – 800 m dpl, meskipun dalam beberapa kasus sengon bisa tumbuh sampai ketinggian 1500

mdpl, sengon termasuk tanaman tropis yang dapat memerlukan suhu sekitar 18–27 °C dengan kelembaban sekitar 50-75% dan curah hujan berkisar 2000 – 4000 mm (Sari *et al.* 2018).

Pohon sengon dikenal sebagai pohon yang pertumbuhannya tercepat di dunia. Pada umur 1 tahun dapat mencapai tinggi 7 m dan pada umur 12 tahun dapat mencapai tinggi 39 m, dengan diameter 60 cm dan tinggi cabang 10-30 m. Diameter pohon yang sudah tua dapat mencapai 1 m, kadang lebih. Batang tumbuh lurus dan silindris. Berat jenis kayu sengon sekitar 230 hingga 500 kg/m³ dengan kadar air 12% hingga 15%. Bobot tersebut termasuk ringan dan ciri kayunya tidak terlalu keras. Bagian gubal berwarna putih hingga merah muda kecokelatan atau kuning cerah hingga merah kecokelatan (Hardiatmi, 2010). Sifat kimia kayu sengon dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Kimia Kayu Sengon

No	Sifat Kimia (%)	Posisi Ketinggian Pohon		
		Pangkal	Tengah	Ujung
1	Ekstraktif	2.34	3.50	3.83
2	Lignin	23.77	22.86	16.69
3	Holoselulosa	76.04	88.33	69.17
4	Alpha Selulosa	61.56	74.21	57.12

Sumber : Putra *et al.*, 2018.

Kayu sengon dapat digunakan untuk keperluan bahan konstruksi ringan (misalnya langit-langit, panel, interior, perabotan dan kabinet), bahan kemasan ringan (misalnya paket, kotak, kotak cerutu dan rokok, peti kayu dan palet), korek api, alat musik, mainan, bahan baku industri kertas pulp, kayu lapis, kayu pertukangan (perabotan rumah tangga), kerajinan seni (patung, wayang, topeng dan lain sebagainya), serta kayu bakar.

2.4 Pirolisis

Pirolisis merupakan proses dekomposisi dari biomassa atau bahan yang bersifat organik dengan metode pembakaran menggunakan sedikit oksigen atau tanpa oksigen dan dalam poses ini akan memutus ikatan karbon rantai panjang menjadi rantai yang lebih pendek (Haryanto *et al.*, 2021). Proses pirolisis untuk menghasilkan arang terjadi pada temperatur hingga 800°C dan umumnya

menghasilkan produk berupa arang atau karbon, tar, dan gas (CO_2 , H_2O , CO , C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , dan C_2H_6) (Ningrum, 2011; Rahman. 2020).

Pirolisis dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu pirolisis cepat (*Fast Pyrolysis*), karbonisasi (*Slow Pyrolysis*), dan gasifikasi, serta kategori ini bergantung pada suhu dan waktu tinggal selama proses pirolisis (Brown *et al.*, 2011). Ketika temperatur pada zona pirolisis rendah, maka akan sedikit arang dan banyak cairan (air, hidrokarbon, dan tar) (Haryanto *et al.*, 2021a). Sebaliknya, apabila temperatur pirolisis tinggi maka arang yang dihasilkan banyak dengan sedikit mengandung cairan (Mesa-Pérez *et al.*, 2013). Menurut Basu (2010), jenis pirolisis dibedakan berdasarkan laju proses pemanasan di antaranya sebagai berikut:

1. Pirolisis lambat

Proses pirolisis yang menggunakan suhu kurang lebih 400°C , proses ini umumnya menghasilkan produk padat dan gas yang lebih banyak, dibandingkan dengan hasil produk cair.

2. Pirolisis cepat

Proses pirolisis yang menggunakan suhu tinggi yaitu diantara $1.000 - 10.000^\circ\text{C}$. Bahan baku yang sudah dimasukkan ke dalam reactor akan dipanaskan dengan cepat sehingga mencapai suhu yang maksimal.

3. Pirolisis kilat

Proses pirolisis ini berlangsung hanya beberapa detik dengan suhu pemanasan yang tinggi, dan ukuran partikel biomassa harus berukuran sekitar $105 - 250 \mu\text{m}$. Pembentukan arang pada metode pirolisis banyak diakibatkan karena adanya senyawa lignin yang tidak terdekomposisi pada suhu tinggi dan mengalami karbonisasi.

2.5 Arang

Arang diperoleh dari suatu pembakaran tidak sempurna atau proses pirolisis, sehingga menyisakan unsur hara yang dapat menyuburkan lahan. Jika pembakaran berlangsung sempurna, berubah menjadi abu dan melepas karbon dapat meningkatkan kelembaban dan kesuburan tanah, juga dapat bertahan ribuan tahun

dalam tanah. Seperti tanah hitam “*tera petra*” di kawasan Amazon (Amerika Selatan) yang telah ribuan tahun mengandung arang, sampai saat ini masih tetap subur (Gani, 2009). Jepang dan Australia mulai berkembang penggunaan arang dibidang pertanian, yaitu salah satunya dimanfaatkan sebagai bahan pembenah tanah. Indonesia sendiri, pemanfaatan arang untuk pertanian dan kehutanan mulai berkembang pada awal tahun 2000. Aplikasi arang ke lahan pertanian (lahan kering dan basah) dapat meningkatkan kemampuan tanah menyimpan air dan hara, memperbaiki kegemburan tanah, mengurangi penguapan air dari tanah dan menekan perkembangan penyakit tanaman tertentu serta menciptakan habitat yang baik untuk mikroorganisme simbiotik.

Arang didorong oleh studi tentang tanah yang ditemukan pada Lembah Amazon yang disebut *terra preta* atau tanah hitam yang pada kedalaman 60cm terdapat kandungan arang. Tanah dapat mempertahankan kandungan karbon organik dan kesuburan yang tinggi, bahkan dalam beberapa ribu tahun setelah ditinggalkan oleh penduduk setempat (Lehman *et al*, 2003). Arang diproduksi dari bahan-bahan organik yang sulit terdekomposisi, dengan pembakaran tidak sempurna (pirolisis) atau tanpa oksigen pada suhu yang tinggi. Pembakaran ini menghasilkan karbon aktif, yang mengandung kalsium (Ca), karbon anorganik dan senyawa organik lainnya tergantung asal bahan arang (Lehmann dan Joseph, 2009).

a. Pemanfaatan arang di bidang pertanian

Purnamaningtyas (2018) menyatakan bahwa arang pada umumnya digunakan sebagai pembenah tanah selain digunakan sebagai bahan bakar, karena arang mempunyai pori-pori yang dapat menyerap dan menyimpan air dan unsur hara yang akan dikeluarkan kembali sesuai kebutuhan.

Pemanfaatan arang sebagai media tanam dikarenakan kelebihan yang dimiliki oleh arang diantaranya arang bersifat ringan, dapat menahan air, mengandung silikat cukup yang tinggi, memiliki pori-pori yang banyak sehingga drainase dan aerasi arang baik untuk pertumbuhan akar tanaman, dan penggunaan arang pada media tanam sangat menguntungkan bagi petani karena tanaman menjadi lebih tahan terhadap hama dan penyakit (Agustin *et al*, 2014; Tarigan *et al.*, 2021).

Selain itu arang juga memiliki kandungan N, K, dan C yang dapat

merangsang pertumbuhan akar dan daun tanaman (Agustin *et al.*, 2014; Sofyan *et al.*, 2014). Penambahan arang akan meningkatkan kesuburan tanah karena dapat menyediakan habitat bagi mikroba serta menyediakan air dan nutrisi (Saputra dan Ardika, 2012). Hal ini selaras dengan Sukartono dan Utomo (2012) yang mengemukakan bahwa pengaplikasian arang dapat meningkatkan keberadaan C-Organik serta berkontribusi terhadap pembenahan yang bersifat fisika-kimia. Selain itu, penggunaan arang lebih ramah lingkungan karena mampu mengurangi emisi dan mengikat gas rumah kaca, serta berasal dari biomassa.

b. Pengaruh suhu pada pembuatan arang

Suhu proses pembuatan arang akan mempengaruhi banyaknya produksi yang dihasilkan, dengan adanya peningkatan suhu yakni dari 32,2% pada suhu 400°C sampai 20,2% pada suhu 700°C. Efek suhu pada proses pirolisis dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Efek Suhu Terhadap Pirolisis Arang

Suhu (°C)	Cairan (%)	Arang (%)	Gas Yang Tidak Terdekomposisi (%)
400	48.30	34.20	12.10
500	54.40	27.00	13.40
550	56.80	23.20	4.00
600	56.30	22.00	5.60
700	54.20	20.20	21.30

Sumber : Zheng *et al* (2010).

Kondisi optimum pembuatan arang aktif kualitas terbaik menggunakan serbuk kayu gergajian yaitu pada suhu 800°C selama 1 jam. Hasil rendemen proses pembuatan arang sebesar 30,80%, kadar air 15,03%, kadar abu 14,23%, kadar zat terbang 8,95%, kadar karbon terikat 76,82% (Pari *et al.*, 2017).

2.6 Arang Aktif

Arang aktif merupakan padatan dengan bahan dasar karbon berpori yang memiliki luas permukaan tinggi yaitu diatas 600 m²/gram atau arang yang dirubah menjadi arang aktif melalui proses aktivasi. Proses aktivasi merupakan proses untuk menghilangkan unsur hidrokarbon yang melapisi permukaan arang

sehingga dapat meningkatkan porositas karbon (Cooney, 1980). Aktivasi arang aktif dapat dilakukan melalui dua proses aktivasi yaitu: Proses aktivasi secara fisik dilakukan dengan pemberian uap air atau gas CO₂, sedangkan secara kimia dilakukan dengan pemberian zat kimia bersifat asam, basa, dan garam. Pemberian zat kimia dilakukan pada saat pirolisis atau setelah pirolisis (Jamilatun et al., 2014).

Berdasarkan SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis, arang aktif berbentuk serbuk yang berkualitas baik memiliki kadar air maksimal 15%, kadar zat mudah menguap maksimal 25%, kadar abu maksimal 10% dan kadar karbon minimal 65%. Untuk daya serap arang aktif yang baik memiliki daya serap terhadap I₂ minimal sebesar 750 mg/g dan daya serap terhadap metilen biru minimal sebesar 120 mg/g (Sudrajat dan Pari, 2011).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan April 2020 – Januari 2022 berlokasi di Fasilitas Penelitian dan Pengembangan PT. Kendi Arindo Lampung, *Workshop* Teknologi Hasil Hutan Lapang Terpadu dan Laboratorium Teknologi Hasil Hutan (THH) Universitas Lampung.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah pisau *cutter*, saringan plastik, sarung tangan, *stopwatch*, oven, *bomb calorimeter*, timbangan, laptop, kamera, pH meter, *blender*, alat tulis, *furnace*, cawan porselen. Bahan yang digunakan yaitu limbah kayu meranti dan kayu sengon, serta akuades.

3.3 Metode

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen laboratorium (*Laboratory Experiment*). Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan (THH) Universitas Lampung. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini diperiksa terlebih dahulu di laboratorium untuk memperoleh karakteristik dari sampel tersebut.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Tahapan Preparasi

Tahap preparasi bahan ini dilakukan dengan bahan limbah kayu meranti dan kayu sengon dalam kondisi limbah penggergajian (sebetan) dalam kondisi kering, serta sudah dipotong-potong dengan ukuran sekitar 40-50 cm.

3.4.2 Pembuatan Arang

Bahan baku meranti atau kayu sengon dimasukkan dan disusun ke dalam tungku kubah dengan posisi kayu horizontal saat penataan diusahakan serapat mungkin untuk meminimalisir adanya oksigen yang masuk pada tumpukan kayu, karena semakin luas rongga maka pembakaran akan semakin besar. Apabila api dibiarkan menyebar hingga ke dalam tungku dan membakar seluruh bagian kayu secara merata. Setelah api sudah merata lubang kontrol tungku mulai ditutup menggunakan batu bata yang di plaster yang biasanya terbuat dari tanah liat atau semen, suhu yang digunakan yaitu 400°C dan 600°C . Waktu yang dipakai proses

pirolisis yaitu kurun waktu 14 hari lamanya. Pada proses terakhir dalam produksi arang dengan proses pirolisis ini adalah pendinginan arang. Langkah-langkah yang perlu dilakukan yaitu pertama menghentikan proses pembakaran di dalam tungku kubah dengan menutup seluruh lubang udara yang tersisa termasuk cerobong asap selama 7 hari. Waktu ini terhitung cukup lama, hal ini dikarenakan kapasitas arang dalam tungku yang sangat besar. Selain batasan 7 hari tersebut, untuk mengetahui keadaan arang di dalam tungku sudah dalam keadaan dingin, dapat dilakukan juga dengan memegang tungku kubah dan merasakan suhu di dalamnya, jika sudah normal dan tidak terasa panas arang sudah dingin dan siap dikeluarkan dalam tungku. Contoh gambar tungku dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk tungku kubah pembuatan arang hayati.

3.4.3 Pengujian Arang Hayati

3.4.3.1 Rendemen Arang (*char yield*)

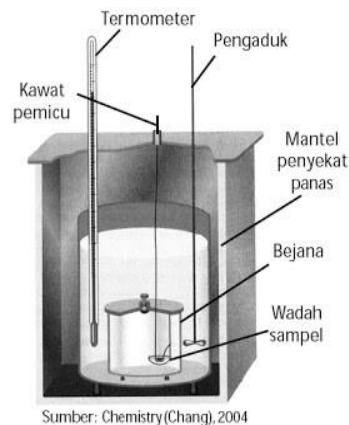
Arang tandan kosong kelapa sawit dan kayu karet ditimbang dan dihitung rendemennya menggunakan rumus berdasarkan SNI 06-3730-1995 berikut :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat arang (g)}}{\text{Berat bahan baku (g)}} \times 100\%$$

3.4.3.2 Nilai Kalor

Prinsip yang digunakan dalam pengukuran nilai kalor adalah dengan pembakaran bahan bakar padat. Kalor pembakaran ditentukan dengan membakar sejumlah contoh uji sampel dengan pengendalian kondisi dalam *oxygen bomb calorimeter*. Kalor pembakaran dihitung berdasarkan temperatur sebelum pembakaran, selama dan setelah pembakaran hingga mencapai suhu optimum dengan mempertimbangkan koreksi pindah panas dan koreksi termokimia.

Besarnya nilai kalor dapat dihitung dengan menggunakan standar SNI 8021-2014. Skema nilai kalor dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema *bomb calorimeter*.

3.4.3.3 Rasio Densifikasi Energi (*Energy Densification Ratio*) dan Rendemen Energi (*Energy Yield*)

Perhitungan rasio densifikasi energi (RDE) dan rendemen energi ini dihitung menggunakan rumus-rumus berikut (Cutter dan Ginnes, 1981):

$$\text{RDE} = \frac{\text{Nilai Kalor Arang (MJ/kg)}}{\text{Nilai Kalor Bahan Baku (MJ/kg)}}$$

Energi rendemen (%) = Rendemen (%) X Rasio Densifikasi Energi

3.4.3.4 Nilai pH

Pengukuran nilai pH sampel dihancurkan dan ditimbang seberat 3 g dan dioven terlebih dahulu. Setelah itu arang direbus menggunakan air ber pH netral sebanyak 100 ml kemudian air rebusan dengan arang tersebut didinginkan terlebih dahulu sebelum diukur dengan menggunakan pH meter. Metode ini dilakukan sesuai dengan standar TAPPI 435 (TAPPI 2006).

3.4.3.4.1 Kadar air

Arang akan diuji kadar airnya terlebih dahulu dipisah berdasarkan perlakuan yang berbeda yaitu kontrol, pada suhu 400°C, dan pada suhu 600°C. Sampel arang ditimbang terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 100°C selama 24 jam. Sampel arang ditimbang kembali setelah pengovenan untuk mengetahui berat kering tanur. Nilai kadar air dinyatakan dalam persen.

Besarnya kadar air dapat dihitung dengan menggunakan rumus standar SNI 6235- 2000 sebagai berikut:

$$\text{KA} = \frac{(\text{BA}-\text{BK})}{\text{BK}} \times 100\%$$

Keterangan:

KA: Kadar air (%)

BA: Berat awal/basah (g)

BK: Berat kering oven (g)

3.4.3.5 Analisis Proksimat

Analisis proksimat yang digunakan menggunakan metode berat kering tanur sehingga kadar air tidak termasuk dalam analisis proksimat.

3.4.3.5.1 Kadar abu

Sampel yang akan diuji di tempatkan ke wadah yang sudah dioven dan sudah diketahui berat keringnya, cawan yang berisi sampel ditanurkan pada temperatur 800°C selama 3 jam dan sampel ditimbang sebanyak ± 2 g di dalam cawan porselen diabukan dalam tanur listrik pada suhu 550°C selama 2 jam dan perhitungan dilakukan dengan menggunakan perhitungan standar SNI 8675-2018 sebagai berikut:

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

3.4.3.5.2 Kadar zat terbang

Sebanyak 2 g arang tandan kosong kelapa sawit dan arang di kayu karet timbang di cawan porselen beserta tutup. Cawan berisi sampel serbuk di masukkan ke dalam oven dengan suhu 950°C selam 7 menit. Setelah itu sampel didinginkan dalam desikator dan di timbang. Kadar zat terbang (KZT) dengan rumus standar SNI 8675-2018 dengan persamaan berikut :

$$\text{Kadar Zat Terbang (\%)} = \frac{\text{Kehilangan Berat Sampel (g)}}{\text{Berat Sampel Awal (g)}} \times 100\%$$

3.4.3.5.3 Kadar Karbon Terikat

Karbon terikat diuji berdasarkan standar SNI 8675-2018 ialah kandungan karbon dalam sampel setelah penghilangan kadar air, zat terbang, dan abu dengan persamaan berikut :

$$\text{Karbon Terikat (\%)} = 100\% - (\text{Kadar zat terbang} - \text{Kadar Abu})$$

3.4.3.6 Analisis Perubahan Gugus Fungsi

Perubahan gugus fungsi untuk menentukan kualitas suatu biomassa menggunakan FTIR (*fourier transform infrared spectroscopy*) tipe varian 2000 FTIR *scimeter series* dengan metode KBr. Sampel digerus dalam mortar kecil bersama padatan KBr. Setelah selesai digerus, masukan sampel ke dalam cetakan

berbentuk cincin dengan rata. Lalu dikompresikan dengan alat penekan hidrolis dan keluarkan sampel dari cetakan. Letakan sampel ke dalam *spectrofotometer IR* untuk kemudian dianalisis dimana semua spektrum dicatat pada suhu kamar.

Prinsip kerja spektrum FT-IR berupa *infrared* yang melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian ada beberapa *infrared* diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar *infrared* lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer. Pengukuran gugus fungsi ini sesuai dengan standar ASTM E 1252–98 2013.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Rendemen

Rendemen merupakan persentase hasil dari produksi suatu produk semakin besar nilai rendemen, maka semakin besar pula produktivitasnya atau produk yang dibuat. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa rendemen arang pada jenis kayu meranti lebih besar dibandingkan dengan jenis kayu sengon. Rendemen arang kayu hasil penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.

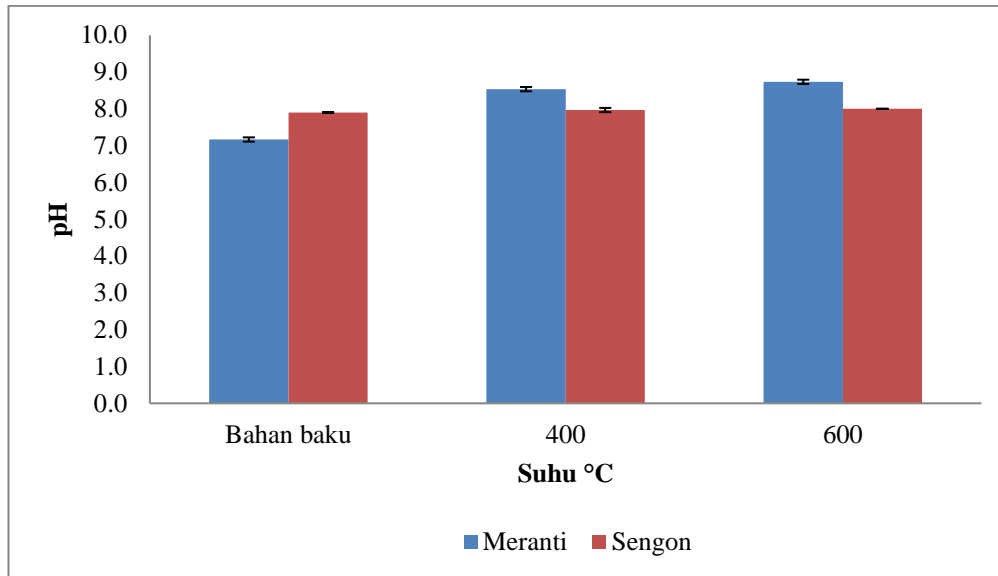
Tabel 3. Rendemen Arang Kayu Meranti dan Kayu Sengon

Jenis	Berat kering bahan baku (kg)	Berat kering arang (kg)	Rendemen (%)
Meranti	900	250	27,78
Sengon	1200	310	25,83

Sumber: Data Primer (2020)

4.2 Nilai pH

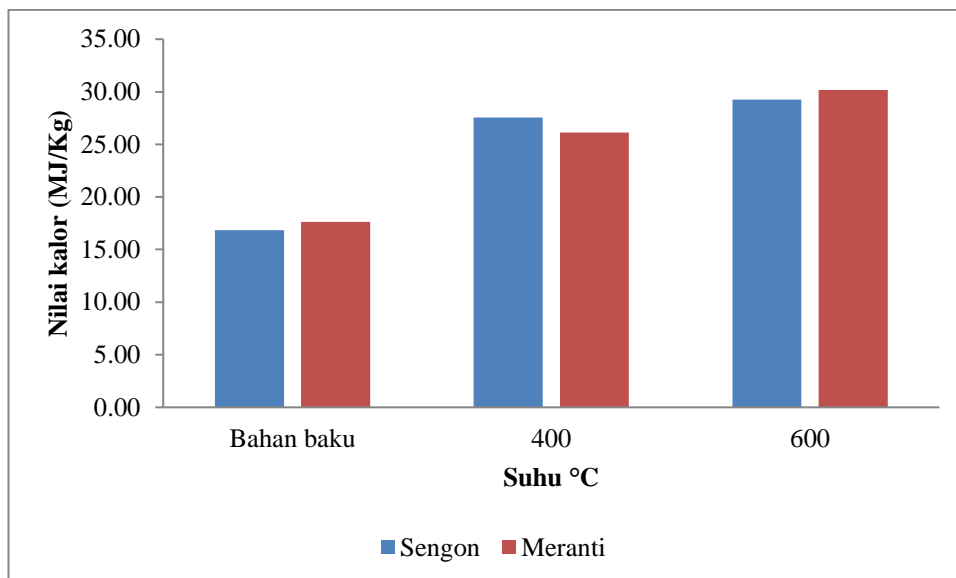
Gambar 4 menunjukkan nilai pH kayu meranti dan kayu sengon sebelum dan sesudah proses pirolisis. Kayu meranti yang tidak dilakukan pirolisis memiliki nilai pH sebesar 7,2. Setelah dilakukannya proses pirolisis menggunakan suhu 400°C dan 600°C mengalami peningkatan secara beruntun yaitu 8,5 dan 8,7. Sedangkan pH kayu sengon yang dalam kondisi sebelum proses pirolisis adalah 7,5. Nilai pH meningkat setelah proses pirolisis dengan suhu 400°C menjadi 8,0, nilai tersebut tidak mengalami perubahan pada suhu 600°C.



Gambar 4. Grafik nilai pH arang kayu meranti dan arang kayu sengon.

4.3 Nilai Kalor

Nilai kalor dari arang kayu meranti dan arang kayu sengon pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 5. Nilai kalor arang kayu meranti dan arang kayu sengon menunjukkan nilai kalor pada kondisi kontrol secara berurutan sebesar 17,63 MJ/kg dan 16,83 MJ/kg. Sedangkan pada limbah kayu yang sudah melalui proses pirolisis dengan suhu 400°C sebesar 26,13 MJ/kg untuk arang kayu meranti dan 27,54 MJ/kg untuk arang kayu sengon. Pada suhu 600°C nilai kalor tertinggi dimiliki arang kayu meranti yaitu 30,17 MJ/kg, dan nilai kalor arang kayu sengon sebesar 27,54 MJ/kg. Perbedaan nilai kalor dipengaruhi oleh komposisi kimia yang berbeda, terutama kandungan lignin, dimana kayu meranti memiliki kandungan lignin yang tinggi dibandingkan dengan kayu sengon. Hidayat *et al* (2017) menjelaskan bahwa kadungan lignin berpengaruh pada nilai kalor yang dihasilkan, semakin tinggi kandungan lignin maka akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi.



Gambar 5. Grafik nilai kalor arang kayu meranti dan kayu sengon.

4.4 Rasio Densifikasi Energi (RDE) dan Rendemen Energi (EY)

Sebagian besar biomassa memiliki densitas yang cukup rendah, sehingga dalam penanganannya mengalami kesulitan terutama pada pembuatan bioenergi, maka perlu dilakukan densifikasi untuk meningkatkan densitas dan untuk meningkatkan daya penyimpanan, serta mempermudah pengangkutan (Syamsiro, 2016). Keuntungan yang diperoleh dari densifikasi pada umumnya berupa naiknya nilai kalori meter per unit volume, mudah disimpan dan diangkut, serta ukuran dan kualitas seragam sehingga dapat setara dengan batu bara (Rubiyanti *et al.*, 2019). Rasio densifikasi energi (RDE) dan rendemen energi (EY) arang kayu meranti dan kayu sengon hasil penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rasio densifikasi energi dan rendemen energi pada arang kayu meranti dan kayu sengon

Jenis kayu	Perlakuan	RDE	EY (%)
Meranti	400°C	1,48	18,74
	600°C	1,71	16,23
Sengon	400°C	1,64	15,79
	600°C	1,74	14,85

4.5 Kadar Air

Kadar air merupakan kandungan air yang terdapat dalam bahan bakar padat, sedangkan kadar abu merupakan kandungan residu *non-combustible* yang terdiri dari senyawa-senyawa silika oksida (SiO_2), kalsium oksida (CaO), karbonat, dan mineral lainnya. Kadar air arang kayu meranti dan arang kayu sengon dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil analisis kadar air

Jenis kayu	Perlakuan	Kadar air
Meranti	Bahan baku	9,97
	400°C	7,18
	600°C	6,90
Sengon	Bahan baku	6,96
	400°C	4,93
	600°C	4,70

4.6 Analisis Proksimat

Tabel 6 menunjukkan nilai hasil analisis proksimat (kadar abu, kadar zat terbang, dan kadar karbon terikat) pada arang kayu meranti dan kayu sengon sebelum dan sesudah proses pirolisis.

Tabel 6. Hasil analisis proksimat arang kayu meranti dan arang kayu sengon

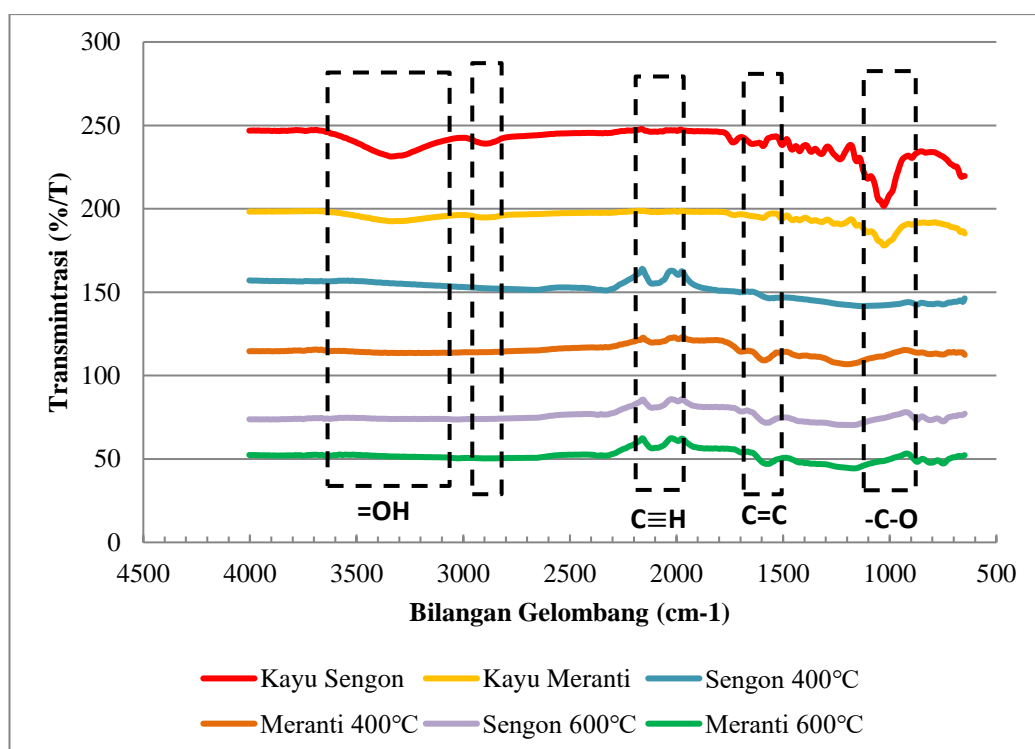
Jenis kayu	Perlakuan	Kadar abu	Kadar zat terbang	Kadar karbon terikat
Meranti	Bahan baku	0,08	89,91	10,01
	400°C	0,16	76,08	23,76
	600°C	1,49	53,26	45,25
Sengon	Bahan baku	1,02	85,18	13,8
	400°C	2,14	57,84	40,02
	600°C	5,38	48,27	46,35

Sumber: Data Primer (2020).

4.7 Analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Analisis FTIR adalah metode spektroskopi *infrared* dimana hasil spektrumnya yang dilengkapi transformasi *Fourier* metode yang digunakan yaitu metode spektroskopi adalah penyerapan yang didasarkan pada perbedaan radiasi

infrared (Mentari, 2018). Penyerapan ini berhubungan dengan ikatan yang ada dalam molekul (Raju *et al.*, 2017). Analisis FTIR bertujuan untuk mengetahui kualitas suatu biomassa dengan pemberian perlakuan panas yang akan merubah komposisi atau struktur kimia dalam biomassa. Cekungan dan gelombang mengindikasikan adanya perubahan pada gugus fungsi terhadap ikatan unsur sampel (Reni *et al.*, 2020). Perubahan gugus fungsi tersebut dapat dilihat pada Gambar 6 dan dijelaskan perubahan gugus fungsi secara lebih detail pada Tabel 6.



Gambar 6. Spektrum FTIR arang kayu meranti dan arang kayu sengon.

Tabel 6. Perubahan Gugus Fungsi Arang Kayu Meranti dan Arang Kayu Sengon

Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Gugus	Meranti			Sengon		
		Bahan Baku	400°C	600°C	Bahan Baku	400°C	600°C
3.700-3.300	O-H	Curam	Landai	Landai	Curam	Landai	Landai
2.900-2.700	C-H	Curam	Landai	Landai	Curam	Landai	Landai
2.100-1.800	C≡H	Landai	Curam	Curam	Curam	Melandai	Curam
1.600-1.500	C=C	Landai	Curam	Curam	Landai	Curam	Curam
1.100-800	C=O	Curam	Melandai	Melandai	Curam	Landai	Melandai

Mengacu pada Purnawati (2018) dan Bazenet (2021) terlihat spektrum FTIR

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa.

1. Rendemen yang dihasilkan dari proses produksi untuk arang kayu sengon dan arang adalah 27,78% dan 25,83%, dimana termasuk dalam katagori sedang.
2. Arang kayu meranti dan kayu sengon yang dihasilkan memiliki karakteristik kimia sebagai berikut: (1) Nilai pH arang yang paling tinggi diperoleh arang kayu meranti pada suhu 600°C dengan kisaran 8,7. nilai pH yang dihasilkan dapat digunakan untuk pembenah tanah yang ber-pH asam sehingga memenuhi standar kualitas jika arang tersebut dijadikan untuk media pembenah tanah, dan (2) perubahan gugus fungsi dari arang yaitu C=O, C=C, C-H, O-H, dimana gugus C=O merupakan perubahan garis dari hemiselulosa, gugus fungsi C=C dari lignin, C-H dari gugus selulosa dan hemiselulosa, dan gugus fungsi O-H vibrasi dari gugus hidroksil.
3. Pengaruh suhu 400°C dan 600°C yang digunakan terhadap sifat bioenergi yang dihasilkan dalam penelitian ini diantaranya: (1) Meningkatkan nilai kalor pada arang kayu meranti dan arang kayu sengon dengan nilai maksimum yang diperoleh adalah 30,17 MJ/Kg dan 29,27 MJ/Kg yang telah memenuhi syarat SNI. (2) Menurunkan kadar air pada arang kayu meranti dan arang kayu sengon dengan nilai terendah 6,90% dan 4,70%, kedua jenis kayu tersebut sudah memenuhi syarat SNI. (3) Meningkatnya kadar abu kedua jenis arang dan telah memenuhi SNI, kecuali arang kayu sengon yang menggunakan suhu 600°C. (4) Menurunkan kadar zat terbang pada kedua jenis dan belum memenuhi SNI. (5) penurunan juga terjadi pada kadar karbon terikat dikedua jenis arang dan telah memenuhi SNI.

5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut sangat diperlukan terkait penggunaan suhu dengan penambahan bahan baku yang berbeda, serta analisis yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia arang sebagai bioenergi.

DAFTAR PUSTAKA

Anggono J., 2009. *Reduksi Ukuran Serbuk Kayu Meranti dan Serbuk Silikon Untuk Pembuatan Silikon Carbida (Sic) Temperatur <1500°C*. Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra. Surabaya.

Bahri, S. 2007. *Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu untuk Pembuatan Briket Arang dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan Di Nangroe Aceh Darussalam*. Tesis Pascasarjana. USU Medan.

Butar, V.B., Duryat, D., Hilmanto, R. 2019. Strategi pengembangan hutan rakyat di Desa Bandar Dalam Kecamatan Sidomulyo Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(1): 110-117.

Fauzan, H., Sulistyawati, E., Lastini, T.L. 2019. Strategi pengelolaan untuk pengembangan hutan rakyat di Kecamatan Rancakalong Kabupaten Sumedang. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(2): 164-173.

Gani, A. 2009. Potensi arang hayati sebagai komponen teknologi perbaikan produktivitas lahan pertanian. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 4(1).

Hardiatmi, S.J.M. 2010. Investasi tanaman kayu sengon dalam wanatani cukup menjanjikan. *Jurnal Inovasi Pertanian*. 9(2).

Haryanto, A., Hidayat, W., Hasanudin, U., Iryani, D. A., Kim, S., Lee, S., and Yoo, J. 2021. Valorization of Indonesian wood wastes through pyrolysis: a review. *Energies*. 14(5): 1407.

Hidayat, W., Jang, J. H., Park, S. H., Qi, Y., Febrianto, F., Lee, S. H., and Kim, N. H. 2015. Effect of temperature and clamping during heat treatment on physical and mechanical properties of okan (*Cylicodiscus gabunensis* [taub.] Harms) wood. *Bioresources*. 10(4): 6961–6974.

Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J. H., Febrianto, F., Lee, S. H., and Kim, N. H. 2016. Effect of treatment duration and clamping on the properties of heat-treated okan wood. *Bioresources*. 11(4): 10070–10086.

Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J. H., Febrianto, F., Lee, S. H., Chae, H. M., Kondo, T., and Kim, N. H. 2017a. Carbonization characteristics of juvenile woods

from some tropical trees planted in indonesia. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*. 62(1): 145–152.

Hidayat, W., Aprilliana, N., Asmara, S., Bakri, S., Hidayati, S., Banuwa, I. S., Lubis, M. A. R., Iswanto, A. H. 2022. Performance of eco-friendly particleboard from agro-industrial residues bonded with formaldehyde-free natural rubber latex adhesive for interior applications. *Polymer Composites*. 43(4): 2222. DOI: 10.1002/pc.26535

Hidayat, W., Haryanto, A., Ibrahim, G. A., Hasanudin, U., Prayoga, S., Saputra, B., Rahman, A. F., Tambunan, K. G. A. 2022. Pemanfaatan Limbah Biomassa Jagung untuk Produksi Biochar di Desa Bangunsari, Pesawaran. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (JPKM) Tabikpun*. 3(1): 45-52.

Hidayat, W., Kim, Y. K., Jeon, W. S., Lee, J. A., Kim, A. R., Park, S. H., Maaail, R. S., and Kim, N. H. 2017b. Qualitative and quantitative anatomical characteristics of four tropical wood species from moluccas, indonesia. *Journal of the korean wood science and technology*. 45(4): 369–381.

Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J. H., Febrianto, F., and Kim, N. H. 2017b. Effect of mechanical restraint on drying defects reduction in heat-treated okan wood. *Bioresources*. 12(4): 7452–7465.

Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J. H., Febrianto, F., and Kim, N. H. 2017c. Effect of mechanical restraint on the properties of heat-treated pinus koraiensis and paulownia tomentosa woods. *Bioresources*. 12(4): 7539–7551.

Hidayat, W., and Febrianto, F. 2018. *Teknologi Modifikasi Kayu Ramah Lingkungan: Modifikasi Panas dan Pengaruhnya terhadap Sifat-sifat Kayu*. Pusaka Media, Bandar Lampung.

Hidayat, W., Febrianto, F., Purusatama, B. D., and Kim, N. H. 2018. Effects of heat treatment on the color change and dimensional stability of gmelina arborea and melia azedarach woods. *in: E3S Web of Conferences 03010*.

Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J. H., Park, B. H., Banuwa, I. S., Febrianto, F., and Kim, N. H. 2017e. Color change and consumer preferences towards color of heat-treated korean white pine and royal paulownia woods. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*. 45(2): 213–222.

Karlinasari, L., Baihaqi, H., Maddu, A., dan Mardikanto, T.R. 2012. The acoustical properties of indonesian hardwood species. *Journal of Science*. 16(2) : 110-114;

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2017. *Statistika Kehutanan Indonesia 2017*. Buku. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta. 355 hlm.

- Klass, D.L. 1998. Biomass for renewable energy, fuels, and chemicals. *Elsevier*. California.
- Koleangan, H. S. J., dan Wuntu, A. D. 2008. Kajian stabilitas termal dan karakter kovalen zat pengaktif pada arang aktif limbah gergajian kayu meranti (*shorea spp*). *Chem Prog*. 1(1) :43-46.
- Latifah, R. N., Winarsih, dan Rahayu, Y.S. 2011. Pemanfaatan sampah organik untuk pertumbuhan tanaman bayam merah (*alternanthera ficoides*). *Jurnal lentera biologi*. 1(3) : 139-144.
- Lehmann J & S Joseph. 2009. Biochar for Environmental Management: Science and Technology. *Earthscan-UK*. 71-78.
- Lehmann J, JP da Silva Jr, C Steiner, T Nehls, W Zech & B Glaser 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological anthrosol and a ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil*. 249, 343–357.
- Nurhayati, T., dan Adalina, Y. 2009. Analisis teknis dan finansial produksi arang dan cuka kayu dari limbah industri penggergajian dan pemanfaatannya. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* .27 (4) : 1-21.
- Nurhayati, T., Pasaribu, R. A., dan Mulyadi, D. 2006. Produksi dan pemanfaatan cuka kayu dari serbuk gergaji kayu campuran. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 24 (5) : 395 - 411.
- Pari, G., Mahfudin dan Jajuli. 2012. Teknologi pembuatan arang, briket arang dan arang aktif serta pemanfaatannya. *Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan*.
- Pari,G., Widayati, D.T., dan Yoshida, M. 2017. Mutu arang aktif dari serbuk gergaji kayu. *Jurnal penelitian hasil hutan*. 28 :1-32.
- Park, S. H., Jang, J. H., Qi, Y., Hidayat, W., Hwang, W. J., Febrianto, F., and Kim, N. H. 2018. Anatomical and physical properties of indonesian bamboos carbonized at different temperatures. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*. 46(6): 9-18.
- Purwanto, D. 2009. Analisa jenis limbah kayu pada industri pengolahan kayu di kalimantan selatan. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*. 1(1) :14-20.
- Putra, A.F.R., Wardenaar, E., dan Husni, H. 2018. Analisa komponen kimia kayu sengon (*albizia falcataria* (L.) Fosberg) berdasarkan posisi ketinggian batang. *Jurnal Hutan Lestari*. 6 (1) : 83 – 89.

Rafly, N. M., Riniarti, M., Hidayat, W., Prasetia, H., Wijaya, B. A., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I. S. 2022. Pengaruh Pemberian Biochar Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Pertumbuhan Sengon (*Falcataria moluccana*). *Journal of Tropical Upland Resources*. 4(1): 1-10.

Saputra, B., Tambunan, K. G. A., Suri, I. F., Febryano, I. G., Iswandaru, D., Hidayat, W. 2022. Effects of Torrefaction Temperature on the Characteristics of Betung (*Dendrocalamus asper*) Bamboo Pellets. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 11(2): 339-353

Saputro, S dan Fitriana, D. 2016. Aplikasi karbon aktif dari serbuk gergaji kayu jati sebagai adsorben ion logam pb dan analisis menggunakan sps. *Jurnal Kimia*. 1(2) : 23-32.

Silva, L.S., Gonzales, D.S., Villasenor, P., Sanchez, J., dan Valverde, L. 2012. Thermogravimetricmass spectrometric analysis of lignocellulosic and marine biomass pyrolysis. *Bioresource Technology*. 109:163-172.

United Nation Development Program (UNDP). 2012. Result Sheet: Application of biochar technology in Indonesia: Sequestering carbon in the soil, improving crop yield and providing alternative clean energy. BIOCHAR Project Indonesia. Jakarta.

Utama, R. C., Febryano, I. G., Herwanti, S., and Hidayat, W. 2019. Saluran Pemasaran Kayu Gergajian Sengon (*Falcataria moluccana*) pada Industri Penggergajian Kayu Rakyat di Desa Sukamarga, Kecamatan Abung Tinggi, Kabupaten Lampung Utara. *Jurnal Sylva Lestari* 7(2): 195–203. DOI: 10.23960/jsl27195-203.

Wijaya, B. A., Hidayat, W., Riniarti, M., Prasetia, H., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I. S., Kim, S., Lee, S., Yoo, J. 2022. Meranti (*Shorea* sp.) Biochar Application Method on the Growth of Sengon (*Falcataria moluccana*) as a Solution of Phosphorus Crisis. *Energies*. 15: 2110. DOI: 10.3390/en15062110

Yang, G. U., Purusatama, B. D., Kim, J. H., Suri, I. F., Prasetia, D., Hidayat, W., Febrianto, F., Lee, S. H., Kim, N. H. 2022. Physical and Chemical Characteristics of the Bamboo Culm and Wood Carbonized at Low Temperature. *BioResources*. 17(3): 4837-4855.

Yang, H., Yan, R., Chen, H., Lee, D.H., Liang, D.T., dan Zheng, C. 2006. Pyrolysis of palm oil wastes for enhanced production of hydrogen rich gases. *Fuel Processing Technology*. 87:935–942.

Yunita, E., Riniarti, M., Hidayat, W., Niswati, A., Prasetia, H., Hasanudin, U., Banuwa, I. S. 2022. Pengaruh Penambahan Enkapsul Biochar Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Perkembangan Akar Sengon (*Falcataria moluccana*). *Gorontalo Journal of Forestry Research*. 5(1): 1-10

Zheng, W. B. K, Sharma., N, Rajagopalan. 2010. *Using Biochar as a Soil Amandement for Sustainable Agriculture*. Illinois Departement Of Agriculture. Champaign. 36 Hlm.