BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biomassa merupakan sumber energi alternatif terbarukan berbasis bahan organik yang tersedia melimpah dan mudah ditemukan di alam (Indrawijaya, dkk. 2020). Biomassa terdiri dari campuran material organik kompleks yaitu karbohidrat, lemak, protein, dan beberapa mineral mikro seperti sodium, fosfor, kalsium, dan besi. Komponen utama biomassa pada tumbuhan terdiri atas karbohidrat (mencapai 75%) dan lignin (mencapai 25%), yang komposisinya dapat bervariasi antar spesies (Faujiah. 2016).

Kelompok biomassa yang paling potensial dan belum diolah secara maksimal yaitu limbah, baik limbah pertanian, perkebunan, kehutanan, maupun limbah industri. Berdasarkan data statistik izin pengelolaan limbah B3 (PSLB3), jumlah limbah yang dihasilkan industri sebesar 45 juta ton pada tahun 2019. Angka ini dapat meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan peningkatan aktivitas industri.

Limbah yang tidak dikelola dengan baik akan memberikan dampak buruk bagi masyarakat dan lingkungan. Berbagai upaya pengendalian limbah telah dilakukan, namun relatif belum efektif. Misalnya pengendalian limbah melalui proses pembakaran yang dapat mengakibatkan polusi dan meningkatkan potensi kebakaran. Selain itu, pengendalian secara instan dengan membuang limbah ke sungai juga dapat mengakibatkan pencemaran air dan banjir.

Pengendalian limbah yang paling tepat adalah dengan memaksimalkan pemanfaatannya. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu dengan mengkonversi limbah tersebut menjadi produk energi terbarukan berupa briket. Secara umum, pemanfaatan limbah biomassa sebagai sumber energi alternatif akan memberikan manfaat bagi masyarakat dan lingkungan melalui pengurangan konsumsi energi fosil yang berdampak buruk bagi lingkungan, pengendalian limbah dan dampaknya secara efektif, sekaligus menguntungkan dari aspek ekonomi. Ditinjau dari aspek produksi dan pemanfaatannya, briket dinilai murah dan ekonomis, mudah diproduksi, panas yang dihasilkan cukup tinggi dan kontinu, tidak beresiko meledak atau/terbakar sebagaimana pada bahan bakar minyak maupun gas, dan sumber bahan baku melimpah.

Contoh limbah biomassa yang potensial dikembangkan menjadi produk

adalah limbah olahan kelapa (*Cocos nucifera* L) dan penggergajian kayu sengon *(Albizia chinensis)*. Badan pusat statistik (BPS, 2021) melaporkan bahwa produksi kelapa nasional mencapai 2,85 ton pada tahun 2021. Sementara itu, data Badan Pusat Statistik 2018 menunjukkan total produksi kayu bulat sengon sebesar 3.651.479,49 m3 dari total produksi kayu Indonesia. Limbah yang dihasilkan oleh industri penggergajian kayu berkisar 40-60% dari berat bahan bakunya (Surhardi dan Setyagama. 2015), sedangkan limbah tempurung kelapa berkisar (21-28%) dari buah kelapa, sabut (38-44%), dan air kelapa (29-35%) (Rumokoi. 1990).

Penelitian terdahulu melaporkan bahwa nilai kalor yang cukup tinggi dimiliki briket dari tempurung kelapa yaitu sekitar 5377 kal/g yang lebih tinggi dibanding dengan nilai kalor biomassa lainnya seperti limbah pertanian dan limbah peternakan (Kumar, *et al*. 2022), sedangkan briket dengan bahan baku serbuk gergaji kayu memiliki nilai kalor sebesar 4018 kal/g (Arifin, dkk. 2018).

Selain faktor bahan baku, kualitas briket juga ditentukan oleh karakteristik perekatnya. Dalam proses pembuatan briket, perekat memiliki peran penting untuk menyatukan partikel-partikel bahan baku. Perekat alami seperti getah pinus dipilih karena sifatnya yang mudah terurai. Getah pinus mengandung resin yang dapat berfungsi sebagai perekat alami yang baik, sehingga dapat meningkatkan kekuatan mekanik briket yang dihasilkan. Penggunaan bahan perekat alami seperti getah pinus dapat menjadi langkah maju dalam meminimalisir penggunaan bahan kimia sintetis yang berpotensi merusak lingkungan (Rama, dkk. 2018).

Inovasi yang ditawarkan melalui penelitian ini yaitu pengembangan perekat alami berbasis getah pinus. Getah pinus memiliki beragam keunggulan dibandingkan perekat alami lainnya, diantaranya adalah sifatnya yang mudah terbakar sehingga akan mempercepat inisiasi pembakaran briket (Pratiwi & Mukhaimin. 2021). Nilai kalor murni getah pinus sebagai bahan bakar atau perekat alami cukup bervariasi tergantung pada kandungan kimianya. Dalam penelitian terkait, getah pinus dapat digunakan sebagai perekat untuk briket biomassa, tetapi nilai kalor spesifik dari getah pinus murni seringkali tidak disebutkan secara langsung. Namun, biomassa berbasis campuran getah pinus dan bahan lainnya menunjukkan nilai kalor dalam kisaran 6000-7000 kal/g (Aulia, dkk. 2024). Oleh karena itu, pemanfaatan getah pinus sebagai perekat pada briket tidak akan menurunkan nilai kalor briket secara signifikan, melainkan akan meningkatkan nilai kalor produk briket yang dihasilkan. Selain itu, penggunaan perekat ini masih sedikit

dilaporkan dalam penelitian dan belum digunakan secara luas sebagai bahan baku pembuatan briket.

Adapun tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai kalor briket arang dari tempurung kelapa dan serbuk gergajian kayu sengon berdasarkan SNI 01-6235-2000 yang meliputi uji kadar air, kadar abu, bagian yang hilang pada pemanasan 950°C serta nilai kalor. Adapun kegunaan dari penelitian ini adalah mengembangkan limbah kayu dan perekat alami yang memiliki potensi sebagai bahan baku alternatif bioenergi.

1.2 Landasan Teori

Briket merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang terbuat dari material organik seperti limbah biomassa. Salah satu aspek penting dalam pengembangan briket adalah mutu, yang mencakup beberapa parameter seperti nilai kalor, kadar air, kadar abu, dan daya tahan mekanis. Mutu briket sangat bergantung pada jenis bahan baku yang digunakan, teknik produksi, dan jenis perekat yang diaplikasikan (Ristianingsih, dkk. 2015 & Maryono, dkk. 2013).

Terdapat beberapa bahan baku yang digunakan dalam membuat briket yaitu, (1) Tempurung kelapa adalah salah satu limbah biomassa dengan kandungan lignin tinggi yang berfungsi sebagai perekat alami sekaligus sumber energi baik untuk bahan bakar alternatif. Kandungan lignin dalam tempurung kelapa membuatnya lebih kompak dan padat, memberikan daya ikat alami selama proses pembuatan bahan bakar seperti briket. Proses karbonisasi adalah kunci dalam meningkatkan nilai kalor arang tempurung kelapa. Suhu yang tepat selama proses ini berpengaruh signifikan terhadap hasil akhir. Penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi, semakin tinggi pula nilai kalor yang dihasilkan (Tirono & Sabit. 2011), (2) Serbuk gergaji kayu sengon merupakan limbah industri pengolahan kayu yang memiliki tekstur yang lebih halus sehingga dapat meningkatkan kohesi dalam campuran briket, memiliki kandungan kalori yang tinggi, menghasilkan energi yang cukup untuk keperluan rumah tangga atau industri kecil. Selain itu, sengon mudah dibudidayakan dan menghasilkan limbah serbuk gergaji dalam jumlah besar yang seringkali tidak terpakai, menjadikannya bahan baku yang terjangkau dan berkelanjutan (Astika & Supriyadi. 2019), dan (3) Getah pinus merupakan salah satu bahan alami yang memiliki sifat adhesi yang

baik, juga mampu meningkatkan kualitas briket terutama dalam hal kekuatan tekan dan ketahanan terhadap abrasi. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan getah pinus sebagai perekat dalam briket memberikan hasil yang signifikan, termasuk peningkatan ketahanan fisik seperti kekuatan tekan dan kestabilan terhadap gesekan. Selain itu, Penambahan getah pinus hingga 30% pada briket serbuk kayu terbukti menghasilkan karakteristik optimal, termasuk penyalaan yang lebih cepat dan kinerja termal yang baik. Penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan getah pinus, waktu penyalaan awal briket dapat mencapai rata-rata 2,17 menit, yang merupakan waktu penyalaan yang sangat efisien (Siregar. 2009).

Mutu briket dapat dianalisis melalui beberapa parameter, di antaranya adalah nilai kalor yang dimana briket dengan nilai kalor yang tinggi akan menghasilkan energi yang lebih besar, kadar air yang rendah yang dimana pada briket penting untuk memastikan pembakaran yang optimal. kadar air yang terlalu tinggi akan mengurangi efisiensi pembakaran dan meningkatkan residu abu (Handoko. 2019), kadar abu yang dimana semakin rendah kadar abu, semakin baik mutu briket. Serta Kadar abu dipengaruhi oleh kandungan mineral dalam bahan baku (Budhi, dkk. 2022).

Penggunaan campuran tempurung kelapa dan serbuk gergaji kayu sengon dengan penggunaan perekat getah pinus diharapkan mampu menghasilkan briket dengan mutu yang baik, yang ditandai dengan nilai kalor yang tinggi, kadar air dan kadar abu yang rendah. Setiap komponen dalam campuran memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas briket, baik dari segi efisiensi energi maupun ketahanannya selama penggunaan. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan proporsi bahan dan teknik produksi guna menghasilkan briket yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

BAB II. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

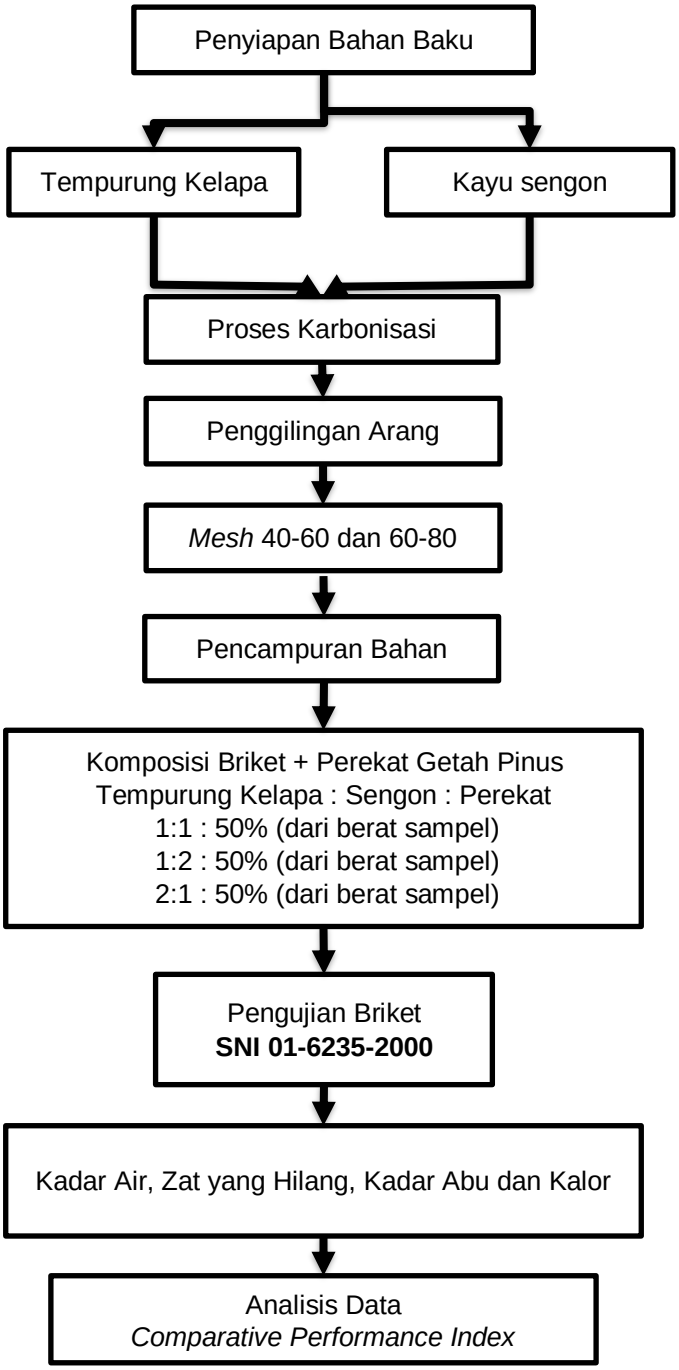
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2023 hingga Februari 2024 di Laboratorium Pengolahan dan Pemanfaatan Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Laboratorium Pusat Standardisasi Instrumen Pengelolaan Hutan Berkelanjutan, dan Laboratorium Balai Pengujian Standar Instrumen Unggas dan Aneka Ternak.

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu drum pembakaran dan kaleng biskuit untuk mengubah bahan baku menjadi arang (karbonisasi), kompor gas, *hammer mill* atau mesin penggiling, lesung, ayakan 40, 60, dan 80 *mesh*, *alumunium foil*, timbangan analitik, alat pencetak briket, desikator, oven, cawan porselin/cawan abu, tanur listrik (uji kadar abu dan kadar zat menguap) dan *Calorimeter Combustion Bomb* (uji nilai kalor). Adapun bahan yang digunakan yaitu limbah tempurung Kelapa, limbah serbuk gergaji kayu sengon, dan getah pinus.

2.3 Alur Penelitian

Alur kegiatan dalam penelitian ini terdiri atas beberapa tahap yang dimulai pembuatan penyiapan bahan, pembuatan briket, dan pengujian briket. Adapun skema tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Penelitian

2.2.1. Penyiapan bahan baku

Tempurung kelapa dan serbuk gergaji kayu sengon dibersihkan agar terhindar dari kotoran dan material tidak berguna yang dapat mempengaruhi kualitas dari sampel, setelah itu bahan dikeringkan di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar air bahan.

2.3.2. Proses karbonisasi

Pada proses karbonisasi atau pengarangan limbah tempurung kelapa dan serbuk gergaji sengon dilakukan menggunakan alat pembakaran konvensional (Gambar 2). Proses pembakaran dinyatakan selesai apabila asap yang keluar dari drum berangsur habis. Selanjutnya, arang didinginkan (dibiarkan di ruangan terbuka) untuk disortir. Proses ini dilakukan dengan memisahkan antara arang yang sudah menjadi abu dengan arang yang sudah terbentuk sempurna. Arang sempurna memiliki warna hitam dan mengkilap pada bagian yang pecah terlihat bila arang dipecah dibelah.

(a) (b)

Gambar 2. Limbah serbuk gergaji sengon sebelum terkarbonisasi (a) dan Limbah serbuk gergaji sengon setelah proses karbonisasi dan penggilingan (b).

Arang tempurung kelapa yang telah terbentuk secara sempurna digiling menggunakan *hammer mill,* sedangkan arang serbuk gergaji sengon dihaluskan menggunakan lesung kemudian diayak menggunakan ayakan ukuran 40 *mesh*, 60 *mesh,* 80 *mesh.* Serbuk arang yang dipilih adalah yang lolos pada ayakan 40 *mesh* tertahan pada ayakan 60 *mesh* (40-60 *mesh*/0,25-0,42 mm) dan lolos ayakan 60 *mesh* tertahan 80 *mesh* (60-80 *mesh*/0,17-0,25 mm).

2.3.3. Pencampuran bahan

Arang limbah tempurung kelapa dan kayu sengon dicampur dengan perbandingan 1:1, 1:2, dan 2:1. Setelah itu getah pinus dipanaskan pada nyala api sedang hingga bening, kemudian dimasukkan ke dalam campuran arang sebanyak 50% dari berat sampel. Selanjutnya, bahan-bahan tersebut dicampur merata.

2.3.4. Pencetakan dan pengeringan

Adonan briket seberat 12 g dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk silinder dengan diameter 2,5 cm dan tinggi 5 cm, kemudian dipadatkan dengan target ketinggian 3 cm. Produk briket di oven dengan suhu 60^{o}C selama 2 jam.

2.3. Pengujian mutu

Penilaian mutu briket yang terbuat dari campuran limbah tempurung kelapa dan serbuk kayu sengon mengacu pada SNI 01-6235-2000 (Tabel 1.).

Tabel 1. Standar kualitas briket menurut SNI 01-6235-2000

Parameter Uji	Satuan	Persyaratan
Kadar air	%	Maksimum 8
Bagian yang hilang pada pemanasan 950 ^{o}C	%	Maksimum 15
Kadar abu	%	Maksimum 8
Nilai Kalor	kal/g	Minimum 5000

Sumber : SNI No.1/6235/2000 Tentang Standar Kualitas Briket Arang Kayu.

2.3.1. Kadar Air

Penetapan nilai kadar air dilakukan dengan meletakkan briket pada cawan porselen yang bobotnya sudah diketahui. Kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 103°C selama 28 jam sampai kadar air konstan. Kemudian didinginkan dalam desikator sampai kondisi stabil dan seimbang. Kadar air dihitung menggunakan rumus:

$$\boldsymbol{Kadar\ Air}\ (\%) = \frac{\boldsymbol{BB-BKT}}{\boldsymbol{BKT}} \times \mathbf{100} \qquad (1)$$

Keterangan:

BB = Berat sebelum dikeringkan dalam oven (g)

BKT = Berat setelah dikeringkan dalam oven (g)

2.3.2. Kadar Zat yang Hilang pada Suhu 950 ^{o}C (Kadar Zat terbang)

Sampel yang digunakan untuk pengujian ini merupakan sampel yang telah diketahui berat keringnya, yaitu sampel yang diperoleh dari hasil pengujian kadar air. Pengujian ini dilakukan dengan meletakkan sampel pada cawan porselen yang bobotnya sudah diketahui. Kemudian, sampel tersebut dimasukkan ke dalam *furnace* pada suhu 950°C selama 7 menit. Setelah itu, sampel didinginkan dalam desikator hingga mencapai kondisi stabil dan seimbang. Kadar zat terbang dihitung menggunakan rumus:

$$\boldsymbol{Kadar\ zat\ terbang}\ (\%) = \frac{\boldsymbol{W1-W2}}{\boldsymbol{W1}} \times \mathbf{100} \qquad (2)$$

Keterangan:

W_1 = Berat sampel awal (g)

W_2 = Berat sammpel setelah pemanasan (g)

2.3.3. Kadar Abu

Sampel sebanyaj 2-3 g diletakkan pada cawan porselen yang beratnya sudah diketahui. Kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 950 °C selama 2 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator sampai kondisi stabil dan seimbang. Perhitungan nilai kadar abu dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\boldsymbol{Kadar\ abu}\ (\%) = \frac{\boldsymbol{Berat\ Abu}}{\boldsymbol{Berat\ sampel\ kering\ tanur}} \times \mathbf{100} \qquad (3)$$

2.3.4. Nilai Kalor

Sampel sebanyak 12 g diletakkan dalam cawan silika kemudian dimasukkan ke dalam cawan tabung *peroxide bomb calorimeter*. Nilai kalor dihitung menggunakan rumus:

$$\boldsymbol{Hg}\ (\mathbf{ca/g}) = \frac{\boldsymbol{tw-l1-l2-l3}}{\boldsymbol{M}} \qquad (4)$$

Keterangan:

Hg = kal/g

t = Kenaikan temperature pada termometer

w = 2426 kalori /^{o}C

l_1 = ml Natrium karbonat yang terpakai untuk titrasi

l_2 = 13,7 × 1,02 × berat sampel

l_3 = 2,3 × panjang fuse wire yang terbakar.

m = berat sampel (g).

2.4. Analisis Data

Data yang diperoleh pada penelitian ini adalah data kadar air, kadar zat menguap, kadar abu, dan nilai kalor, dengan variasi komposisi dan ukuran partikel briket dari kombinasi arang tempurung kelapa dan sengon. Pemilihan ukuran partikel dan komposisi briket terbaik ditentukan dengan metode perbandingan indeks kinerja (*comparative performance index* (CPI). Metode CPI digunakan untuk menentukan penilaian atau peringkat dari berbagai alternatif (komposisi dan ukuran partikel) berdasarkan parameter-parameter yang telah ditentukan dalam SNI 01-6235-2000 (Tabel 2).

Parameter dalam mengevaluasi kualitas briket campuran limbah tempurung kelapa dan serbuk sengon terdiri atas kadar air, kadar menguap, kadar abu, dan nilai kalor. Semakin kecil nilai kadar air, kadar zat menguap dan kadar abu maka semakin baik kualitas briket. Maka dari itu, nilai minimum pada setiap parameter tersebut ditransformasi ke nilai 100, sedangkan nilai lainnya ditransformasi secara proporsional lebih rendah, sebagaimana disajikan pada persamaan 5. Sementara itu untuk parameter nilai kalor, semakin tinggi nilai kalor maka semakin baik kualitas briket. Maka dari itu, nilai kalor tertinggi (maksimum) ditransformasi ke nilai 100, sedangkan nilai lainnya ditransformasi secara proporsional lebih rendah (Marimin. 2004), sebagaimana disajikan pada persamaan 6.

$$Aij = \frac{Xij(min)}{Xij}\ x\ 100 \qquad (5)$$

$$Aij = \frac{Xij}{Xij(max)}\ x\ 100 \qquad (6)$$

Keterangan:

Aij = nilai alternatif ke-i pada parameter ke-j

Xij (min) = nilai alternatif ke-i pada parameter awal minimum ke-j (kadar air, kadar zat menguap dan kadar abu)

Xij (max) = nilai alternatif ke-i pada parameter awal maximum ke-j (nilai kalor)

Pj = bobot kepentingan parameter ke-j

Iij = indeks alternatif ke-i

Ii = indeks gabungan parameter pada alternatif ke-i

i = 1, 2, 3, …, m

j = 1, 2, 3, …, n

Matrik konseptual untuk pemilihan alternatif terbaik dan ilustrasi matrik konseptual yang telah ditransformasi melalui metode CPI secara berurut disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Matriks konseptual untuk pemilihan alternatif

Alternatif (i)	Parameter (j)			
	Kadar Air (%)	Kadar Zat Menguap (%)	Kadar Abu (%)	Kalor (kal/g)
1 : 1	X11	X21	X31	X41
1 : 2	X12	X22	X32	X42
2 : 1	X13	X23	X33	X43
Bobot parameter	P1	P2	P3	P4

Tabel 3. Matrik konseptual yang telah ditransformasi melalui metode CPI

Alternatif (i)	Parameter (j)				Nilai
	Kadar Air (%)	Kadar Zat Menguap (%)	Kadar Abu (%)	Kalor (kal/g)	
1 : 1	A11	A21	A31	A41	I1
1 : 2	A12	A22	A32	A42	I2
2 : 1	A13	A23	A33	A43	I3
Bobot parameter	P1	P2	P3	P4	