

---

## BIOBRIKET DARI KULIT BUAH KOPI (*COFFEA ARABICA*) DAN KAYU KALIANDRA (*CALLIANDRA CALOTHYRSUS*) DENGAN PEREKAT GETAH PINUS (*PINUS MERKUSII*)

Siska Tridesianti\*, Adisty Virakawugi Darniwa, Musa'adah,  
Eneng Siti Aisyah, Yani Suryani

---

Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, Indonesia

\*e-mail korespondensi:

\*siskatridesianti@uinsgd.ac.id  
adistyv@uinsgd.ac.id  
musaadah@uinsgd.ac.id  
enengsitia12.11@gmail.com  
yani.suryani@uinsgd.ac.id

**Abstrak.** Biomassa merupakan salah satu sumber energi yang melimpah dan dapat diperbarui. Salah satu pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi adalah biobriket menggunakan campuran kulit buah kopi dan kayu kaliandra dengan perekat getah pinus. Limbah kulit buah kopi di Indonesia pada tahun 2023 diperkirakan mencapai 777,12 ribu ton sedangkan kayu kaliandra merupakan tanaman dengan rasio pertumbuhan yang tinggi yaitu sebesar 97,2%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi terbaik biobriket dari pencampuran kulit buah kopi dan kayu kaliandra berdasarkan pada nilai kalor dan laju pembakaran yang dihasilkan. Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental dengan rancangan acak lengkap (RAL). Penelitian ini menggunakan 2 kontrol (100% limbah kulit kopi dan 100% kayu kaliandra) dan 5 perlakuan perbandingan kulit buah kopi dan kayu kaliandra (B1 90:10, B2 70:30, B3 50:50, B4 30:70, dan B5 10:90). Pengujian yang dilakukan yaitu uji massa jenis (kerapatan), kadar air, nilai kalor dan laju pembakaran. Hasil pengujian yang didapatkan yaitu massa jenis (kerapatan) terbaik adalah 0,64 g/cm<sup>3</sup> pada perlakuan B1 dan B2, kadar air terendah sebesar 3,13% pada perlakuan B1, nilai kalor tertinggi 6.750 kal/g pada perlakuan B5, dan laju pembakaran terlama yaitu 1,72 g/menit pada perlakuan B1. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa komposisi terbaik biobriket dari pencampuran kulit buah kopi dan kayu kaliandra terhadap nilai kalor yang dihasilkan yaitu perlakuan B5 (10:90) dengan nilai kalor 6.750 kal/g dan komposisi terbaik biobriket dari pencampuran kulit biji kopi dan kayu kaliandra terhadap laju pembakaran yang dihasilkan yaitu perlakuan B1 (90:10) dengan nilai laju pembakaran 1,72 g/menit.

**Kata kunci:** bahan bakar alternatif, getah pinus, kayu kaliandra, kulit kopi.

**Abstract.** Biomass is one of the abundant and renewable energy sources. One of the used of biomass as an energy source is biobriquettes using a mixture of coffee peels and calliandra wood with pine resin adhesive. Coffee peel waste in Indonesia in 2023 is estimated to reach 777.12 thousand tons while calliandra wood is a plant with a high growth ratio of 97.2%. This study aims to determine the best composition of biobriquettes from mixing coffee peels and calliandra wood based on the heating value and combustion rate produced. The research was conducted using an experimental method with a complete randomized design (RAL). This study used 2 controls (100% coffee peel waste and 100% calliandra wood) and 5 treatments of coffee peel and calliandra wood (B1 90:10, B2 70:30, B3 50:50, B4 30:70, and B5

---

10:90). The tests carried out were density, moisture content, calorific value and combustion rate. The test results obtained were the best density of 0.64 g/cm<sup>3</sup> in treatments B1 and B2, the lowest moisture content of 3.13% in treatment B1, the highest calorific value of 6,750 cal/g in treatment B5, and the longest burning rate of 1.72 g/min in treatment B1. Based on these results, it can be concluded that the best composition of biobriquettes from mixing coffee peel and calliandra wood on the heating value produced is treatment B5 (10: 90) with a heating value of 6,750 cal / g and the best composition of biobriquettes from mixing coffee peel and calliandra wood on the combustion rate produced is treatment B1 (90: 10) with a combustion rate of 1.72 g / minute.

**Keywords:** *alternative fuels, calliandra wood, coffee peels, pine sap.*

---

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam, baik yang dapat diperbarui maupun tidak dapat diperbarui. Tiap tahunnya kebutuhan akan energi semakin meningkat seiring dengan meningkatnya aktivitas manusia yang menggunakan bahan bakar terutama bahan bakar minyak yang diperoleh dari fosil tumbuhan maupun hewan. Ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin langka berakibat pada kenaikan harga BBM, oleh karena itu diperlukan suatu alternatif untuk mengurangi penggunaan energi biomassa (Lukum, 2013).

Biomassa ini dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi yang cocok dikembangkan di masyarakat. Limbah pertanian tersebut dapat diolah menjadi suatu bahan bakar padat buatan sebagai bahan bakar alternatif yang disebut biobriket (Purnomo, 2012). Biobriket umumnya dibuat dengan cara mengompres bahan organik dengan tekanan tinggi tanpa menggunakan bahan pengikat kimia. Hasilnya adalah bahan bakar padat yang memiliki nilai kalori tinggi dan dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil seperti batubara, minyak bumi, dan gas alam (Anindya, 2023). Keuntungan lain adalah tersedia bahan bakar (bioenergi) untuk

keperluan petani, penghematan bahan bakar fosil, dan potensi penguatan perekonomian petani. Salah satu upaya peningkatan kualitas sumberdaya manusia pelaku pembangunan perhutanan dan pertanian untuk mendukung *silvopreneur* dan agribisnis di pedesaan adalah dengan menjadikan potensi kulit buah kopi dan kayu kaliandra sebagai alternatif bahan bakar pilihan karena limbah kulit buah kopi dan kayu kaliandra yang dihasilkan luar biasa banyaknya.

Limbah kulit buah kopi di Indonesia pada tahun 2023 diperkirakan mencapai 777,12 ribu ton. Produksi kopi di Indonesia meningkat secara signifikan dengan pertumbuhan rata-rata 1,43% per tahun dari tahun 2019 hingga 2023. Selain limbah kulit buah kopi, biomassa pembuatan biobriket dapat menggunakan kayu kaliandra. Kayu kaliandra terkenal sebagai kayu energi. Nilai kalor kayu kaliandra bisa mencapai 7200 Kal/g setelah melalui proses pirolisis, namun rendemen yang dihasilkan lebih sedikit bila dibandingkan dengan *wood pellet* (Pradana & Bunyamin, 2021).

Penelitian terkait pembuatan bioriket sebagai sumber energi alternatif telah diteliti terutama kulit buah kopi dan kayu kaliandra. Penelitian yang dilakukan pada kedua bahan bakar alternatif tersebut mengacu pada nilai kalor yang dihasilkan maupun menganalisis kualitas sifat-sifat

penyalaan dari pembakaran bioriket. Fitri (2017) melaporkan bahwa nilai kalor terbaik dihasilkan pada perbandingan serbuk gergaji dan kulit kopi dengan perbandingan 70:30 yaitu 6124,0695 kal/g sedangkan nilai kalor terendah terdapat pada perbandingan 10:90 yaitu 5532,8981 kal/g. Pradana dan Bunyami (2021) menyatakan bahwa perbedaan komposisi campuran kayu kaliandra dan limbah teh pada masing-masing sampel menyebabkan perbedaan mutu pada biobriket. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sampel K2 (25:75) merupakan perlakuan terbaik yang sesuai dengan standar mutu SNI 01-6235-2000. Agusta (2021) menyimpulkan bahwa hasil uji nilai kalor biobriket tertinggi terdapat pada komposisi kulit kopi, buah pinus dan getah pinus pada komposisi 40g : 80g : 30g yaitu rata-rata sebesar 7.864 kal/g. Samsinar (2014) melaporkan bahwa perbandingan serbuk gergaji:eceng gondok (90:10) menghasilkan nilai kalor tertinggi yaitu 6223,20 kal/g.

Berdasarkan beberapa penelitian di atas diketahui bahwa kualitas biobriket sangat dipengaruhi oleh komposisi substrat yang tepat sehingga dapat menghasilkan nilai kalor yang semakin tinggi dan penggunaannya semakin meningkat. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian itu yaitu untuk mengetahui komposisi terbaik biobriket dari pencampuran kulit buah kopi dan kayu kaliandra berdasar pada massa jenis, kadar air, nilai kalor dan laju pembakaran yang dihasilkan.

## **BAHAN DAN METODE**

### **1. Rancangan Penelitian**

Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2024 di Desa Cingcin, Kecamatan Soreang, Kabupaten Bandung untuk pembuatan dan pengujian biobriket. Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya wajan, penyangga pembakaran, tungku pengarang (drum karbonisasi), blender, ayakan 100 mesh, wadah besar, cetakan,

timbangan, plastik besar, golok, trangka, penggaris, termometer digital, kipas angin, hp, dan kamera. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya kulit buah kopi, kayu kaliandra, dan getah pohon pinus yang berasal dari Perkebunan Kopi dan Perum Perhutani di Desa Lebak Muncang, Kecamatan Ciwidey Kabupaten Bandung. Bahan lainnya berupa alat tulis.

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental dengan rancangan acak lengkap (RAL) satu faktor yang terdiri dari 2 kontrol yaitu kulit buah kopi (KBK) 100% dan kulit kayu kaliandra (KK) 100% dan 5 perlakuan yaitu B1 (KBK 90% : KK 10%), B2 (KBK 70% : KK 30%), B3 (KBK 50% : KK 50%), B4 (KBK 30% : KK 70%), B5 (KBK 10% : KK 90%). Berat biobriket pencampuran kulit buah kopi dan kayu kaliandra sebanyak 35 g (100%). Penelitian ini dilakukan dengan empat kali ulangan, sehingga diperoleh 28 rancangan percobaan atau sampel uji dengan kontrol tanpa adanya pencampuran komposisi. Masing-masing perlakuan ditambahkan getah pinus sebanyak 50%. Biobriket yang sudah jadi sesuai dengan komposisi perlakuan dilakukan analisis terhadap massa jenis (kerapatan, kadar air, nilai kalor, dan laju pembakaran).

### **2. Pembuatan Biobriket**

Pengambilan sampel limbah kulit buah kopi sebanyak 40 kg dan kayu kaliandra sebanyak 11,98 kg dengan keadaan segar. Sampel dibersihkan dari kotoran dan dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari sampai kering kemudian dilakukan proses karbonisasi dengan cara memasukkan kulit buah kopi dan kayu kaliandra ke dalam tabung pembakaran, kemudian tabung ditutup lalu dibakar. Perlakuan Bioarang dari tabung pembakaran kemudian dihaluskan menggunakan blender. Kemudian sampel diayak sampai diperoleh bioarang halus dengan ukuran 100 mesh dan siap untuk dicetak (Fitri, 2017).

Bioarang yang telah halus dicampurkan dengan bahan perekat getah pinus sebanyak 50% (Mirnawati, 2012) dengan masing-masing perbandingan sesuai perlakuan. Selanjutnya dimasukkan kedalam alat pencetak biobriket kemudian ditekan. Hasil cetakan kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Biobriket yang terbentuk kemudian dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai kalor, kadar air, massa jenis, dan laju pembakaran.

### 3. Pengujian Massa Jenis

Pengujian massa jenis (kerapatan) dilakukan dengan cara menimbang berat biobriket menggunakan timbangan kemudian mengukur volume biobriket (volume tabung) menggunakan penggaris (Mirnawati, 2012). Selanjutnya semua data diolah menggunakan rumus untuk menentukan massa jenis. Rumus massa jenis berdasarkan Ardana (2023) adalah sebagai berikut.

$$\rho = m/v$$

Keterangan:

$\rho$  : massa jenis ( $g/cm^3$ ),  
 $m$  : massa biobriket (g), dan  
 $v$  : volume biobriket (tabung =  $\pi \times r^2 \times t$ ) ( $cm^3$ )

### 4. Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan dengan menimbang biobriket sebagai bobot awal. Kemudian biobriket dimasukan ke dalam trangka atau ruang tertutup selama 10 menit atau sampai tidak ada lagi rintik uap air. Biobriket tersebut kemudian ditimbang kembali sebagai bobot akhir. Perhitungan kadar air dilakukan dengan rumus berdasarkan Ardana (2023).

$$\text{Kadar Air (\%)} = (W - W1) \times 100/W$$

Keterangan:

$W$  : Bobot awal biobriket (g), dan  
 $W1$  : Bobot akhir biobriket (g).

### 5. Pengujian Nilai Kalor

Pengujian nilai kalor ini dilakukan dengan menentukan berapa nilai kalor biobriket melalui perbandingan antara kalor air dengan besarnya berat biobriket. Perhitungan kalor air dilakukan dengan beberapa langkah. Pertama menghitung berat air dengan menimbang air sebanyak 250 g kemudian dilakukan pengukuran suhu awal air menggunakan termometer. Langkah berikutnya dilakukan dengan menyalakan masing-masing perlakuan Biobriket sesuai dengan perlakuan untuk menghitung kalor air. Air yang telah ditimbang pada langkah sebelumnya dibiarkan mendidih hingga perlakuan Biobriket menjadi abu. Setelah biobriket menjadi abu dilakukan pengukuran suhu akhir air. Nilai kalor air selanjutnya dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Nabawiyah, 2016).

$$Q = m \cdot cp \cdot \Delta T$$

Keterangan:

$Q$  : Kalor air (j),  
 $m$  : Berat air (kg),  
 $cp$  : Kalor jenis ( $j/kg^\circ C$ ), dan  
 $\Delta$  : Perubahan suhu ( $^\circ C$ ).

Nilai kalor biobriket dihitung dengan menggunakan rumus (Nabawiyah, 2016).

$$NK = Q/m$$

Keterangan:

$NK$  : Nilai Kalor,  
 $Q$  : Kalor air, dan  
 $m$  : Berat biobriket

### 6. Pengujian Laju Pembakaran

Parameter uji ketiga, pengujian laju pembakaran dilakukan untuk menentukan berapa nilai laju pembakaran yang dihasilkan dari pembakaran biobriket. Pengujian ini dilakukan secara manual dengan menggunakan tungku biobriket. Dimana lama nyala api dari tiap perlakuan biobriket dinilai mana yang lebih tahan lama untuk nyalanya. Sebelum melakukan pengujian, berat biobriket ditimbang

terlebih dahulu sebagai bobot awal. Kemudian tiap perlakuan Biobriket dibakar sampai menjadi abu dan ditimbang kembali sebagai bobot akhir. Waktu selama biobriket mengalami pembakaran hingga menjadi abu diukur menggunakan stopwatch (Almu dkk., 2014). Bobot biobriket awal dikurang bobot biobriket akhir merupakan nilai dari berat biobriket terbakar. Selanjutnya laju pembakaran dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Ardana, 2023).

$$\frac{\text{Laju pembakaran :}}{\text{Berat biobriket terbakar}}$$
$$\frac{\text{Waktu pembakaran sampai menjadi abu}}{\text{Waktu pembakaran}}$$

Keterangan:

Laju pembakaran : (g/menit),  
Berat biobriket terbakar : (g), dan  
Waktu pembakaran : (menit).

Analisis data penelitian ini menggunakan SPSS 25.0. Data yang diperoleh dari hasil eksperimen dianalisis uji normalitas dan homogenitas untuk memenuhi asumsi syarat uji dengan Analisis Varians (ANOVA). Namun jika data tidak normal maka dilanjutkan analisis menggunakan Uji Kruskal-Wallis, kemudian dilanjutkan dengan uji alternatif non parametris Uji Kolmogorov Smirnov Test

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Biobriket Kulit Buah Kopi dan Kayu Kaliandra

Kulit buah kopi dan kayu kaliandra mengandung energi atau menghasilkan nilai kalor tinggi. Senyawa yang mudah terbakar dalam kulit kopi seperti kandungan flavonoid (Winahyu dkk., 2021). Disisi lain, kayu kaliandra mengandung senyawa volatil, flavonoid dan terpenoid yang dapat mudah terbakar. Senyawa-senyawa tersebut termasuk hidrokarbon rantai panjang, resin, dan gum, yang berperan positif dalam meningkatkan nilai kalor

kayu (Mauladdini dkk., 2022). Selain itu, pada kedua tumbuhan tersebut sama-sama mengandung selulosa dan lignin. Selulosa dan lignin adalah komponen utama yang membentuk struktur kayu dan mudah terbakar ketika terkena panas dan oksigen. Pembakaran kayu melibatkan reaksi kimia di mana selulosa dan lignin diubah menjadi karbon dioksida, uap air, arang, dan abu (Mauladdini dkk., 2022). Dalam pembuatan biobriket tahapan awal yang dilakukan adalah karbonisasi.

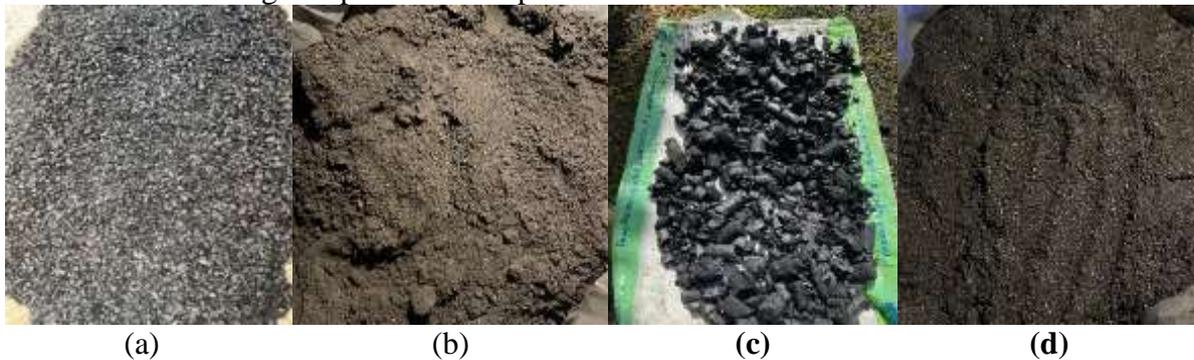
Karbonisasi adalah proses pemanasan biomassa yang telah diproses menjadi biobriket untuk mengubahnya menjadi arang. Dalam proses karbonisasi biobriket, pembakaran dilakukan dalam ruang tertutup tanpa adanya oksigen. Proses ini dilakukan untuk meningkatkan nilai kalor, mengurangi kadar air dan abu dalam biobriket (Fitri, 2017). Proses karbonisasi dalam pembuatan biobriket telah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Metode pengarangan didalam drum cukup praktis karena bahan baku tidak perlu ditunggu terus-menerus sampai menjadi arang. Hal ini berdasarkan rujukan pada penelitian Fitri (2017) yang berjudul "Pembuatan Briket Dari Campuran Kulit Kopi (*Coffea arabica*) Dan Serbuk Gergaji Dengan Menggunakan Getah Pinus (*Pinus Merkusii*) Sebagai Perekat", penelitian Mirnawati (2012) yang berjudul "Pengaruh Konsentrasi Perekat Getah Pinus Terhadap Nilai Kalor Pembakaran Pada Biobriket Sekam Padi Dengan Tempurung Kelapa". Penelitian tersebut mengkarbonisasi dalam ruang tertutup dengan udara yang terbatas atau seminimal mungkin yang bertujuan untuk meminimalisir abu yang terbentuk.

Proses karbonisasi dihentikan ketika drum sudah tidak mengeluarkan asap dan menghasilkan biorang (Gambar 1a dan 1c). Untuk membuat bentuk dan ukuran biorang yang seragam maka diperlukan alat atau mesin penggiling (blender). Biorang yang sudah dihaluskan kemudian

disaring menggunakan saringan 100 mesh untuk mendapatkan hasil partikel yang seragam (Gambar 1b dan 1d). Bioarang yang sudah seragam digunakan dalam pengujian selanjutnya.

Proses lanjutan dalam pembuatan biobriket adalah pencampuran biorang dan bahan perekat. Tujuan penggunaan bahan perekat adalah untuk mengikat dua substrat yang akan diretakkan. Menurut Setiawan (2012) yang menyatakan bahwa dengan adanya bahan perekat, ikatan antar partikel akan lebih kuat, butiran arang akan saling mengikat, dan air terikat dalam pori-pori arang. Bahan perekat yang digunakan pada penelitian ini adalah getah pinus. Beberapa

penelitian yang menggunakan perekat pada pembuatan biobriket yaitu Fitri (2017), Agusta (2022) dan Mirnawati (2012) dengan menggunakan getah pinus. Kandungan dalam getah pinus yang mudah terbakar adalah terpenin. Terpenin merupakan komponen utama dalam getah pinus yang memiliki sifat mudah terbakar dan tidak berwarna (bening) (Alkalah, 2016). Kandungan utama dalam terpenin adalah  $\alpha$ -pinene, yang merupakan senyawa terpenoid yang mudah terbakar (Permatasari, 2018).



**Gambar 1.** Proses Karbonisasi Kulit Buah Kopi dan Kayu Kaliandra. a. bentuk bioarang kulit buah kopi, b. bentuk serbuk bioarang kulit kopi, c. bentuk bioarang kayu kaliandra, dan d. bentuk serbuk bioarang kayu kaliandra

## Hasil Uji Baku Mutu Biobriket Kulit Buah Kopi dan Kayu Kaliandra

### Massa Jenis (Kerapatan)

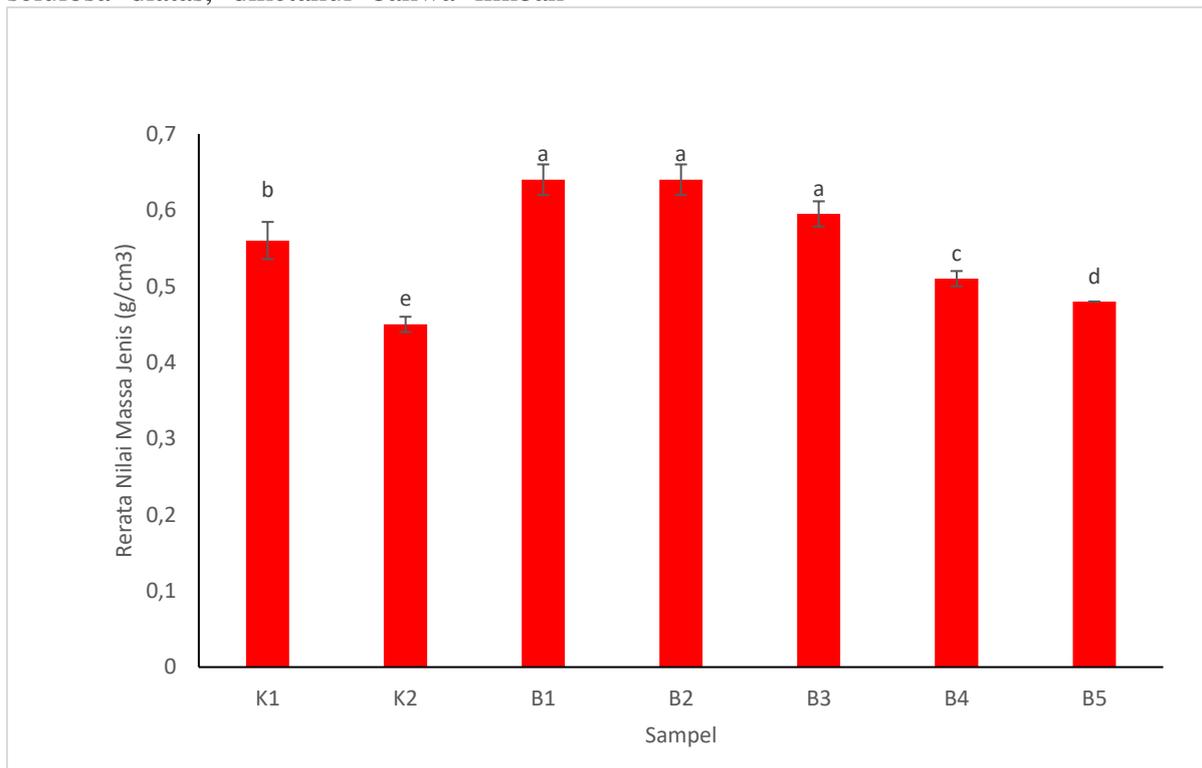
Pengujian kerapatan menunjukkan perbandingan antara berat dan volume biobriket arang. Besar kecilnya kerapatan dipengaruhi oleh ukuran dan kehomogenan arang penyusun biobriket arang tersebut. Pada Gambar 2. menunjukkan bahwa pencampuran komposisi perlakuan B1 dan B2 antara kulit buah kopi dan kayu kaliandra dengan perbandingan 90:10 dan 70:30 memiliki hasil tertinggi dengan nilai kerapatan yang sama yaitu  $0,64 \text{ g/cm}^3$ . Nilai kerapatan yang rendah terdapat pada sampel K2 yaitu  $0,45 \text{ g/cm}^3$ . Hasil tersebut, menunjukkan bahwa semakin banyak

campuran kulit buah kopi pada tiap perlakuan Biobriket dapat meningkatkan nilai kerapatan pada biobriket. Hal tersebut, dapat diartikan bahwa pengaruh besarnya massa jenis pada arang kulit kopi disebabkan oleh banyaknya kandungan bahan organik yang berpengaruh terhadap kerapatan.

Kandungan selulosa pada kulit buah kopi dan kayu kaliandra mempengaruhi massa jenis (kerapatan) karena memiliki struktur molekuler yang padat dan memiliki gaya ikat yang kuat, sehingga berkontribusi pada kerapatan biobriket (Aldilah dkk., 2024). Menurut Afna (2021) semakin tinggi kandungan selulosa dalam bahan baku biobriket, semakin tinggi kerapatan

biobriket yang dihasilkan. Hal ini karena selulosa memiliki struktur yang lebih padat dan dapat menghasilkan ikatan yang lebih kuat antar partikel, sehingga meningkatkan kerapatan biobriket. Kulit buah kopi mengandung selulosa sebesar 41,26% sedangkan kayu kaliandra sebesar 15% (Edahwati dkk., (2014) dan Arif dkk., (2019). Berdasarkan data komposisi selulosa diatas, diketahui bahwa limbah

kulit kopi memiliki komponen selulosa dengan persentase yang lebih tinggi dibandingkan kayu kaliandra. Oleh karena itu, biobriket dengan komposisi perbandingan limbah kulit kopi lebih tinggi menghasilkan nilai kerapatan yang tertinggi.



**Gambar 2.** Rerata nilai massa jenis biobriket kulit buah kopi dan kayu kaliandra. Huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan diantara perlakuan ( $P < 0,05$ ).

Rerata nilai massa jenis biobriket kulit buah kopi dan kayu kaliandra. Huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan diantara perlakuan ( $P < 0,05$ )

- |  |  |
|--|--|
| K1 = Kulit Kopi 100%                           | B3 = Kulit Buah Kopi 50 % : Kayu Kaliandra 50% |
| K2 = Kayu Kaliandra 100%                       | B4 = Kulit Buah Kopi 30 % : Kayu Kaliandra 70% |
| B1 = Kulit Buah Kopi 90 % : Kayu Kaliandra 10% | B5 = Kulit Buah Kopi 10 % : Kayu Kaliandra 90% |
| B2 = Kulit Buah Kopi 70 % : Kayu Kaliandra 30% |  |

Berdasarkan uji analisis statistika nonparametrik Two Sample Kolmogorov-Smirnov Test (Gambar 4.2) menunjukkan

bahwa perlakuan B1, B2, B3, B4 dan B5 menunjukkan hasil nilai massa jenis (kerapatan) berbeda nyata (signifikan)

terhadap kontrol K1 dan K2. Sedangkan perlakuan B1, B2, dan B3 menunjukkan hasil nilai massa jenis (kerapatan) berbeda nyata (signifikan) terhadap perlakuan B4 dan B5. Oleh karena itu, berdasarkan analisis statistik dan nilai massa jenis tertinggi diketahui bahwa perlakuan B1 dan B2 adalah perlakuan terbaik.

Berdasarkan hasil pengujian seluruh perlakuan Biobriket pada penelitian ini memiliki nilai massa jenis (kerapatan) yang lebih baik yaitu pada sampel pengujian B1 dan B2 dengan nilai massa jenis (kerapatan)  $0,64 \text{ g/cm}^3$ , dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Sushanti (2021) dengan hasil nilai kerapatan tertinggi pada biobriket kulit kopi dan cangkang mete yaitu pada perbandingan 70:30 sebesar  $0,15 \text{ g/cm}^3$ .

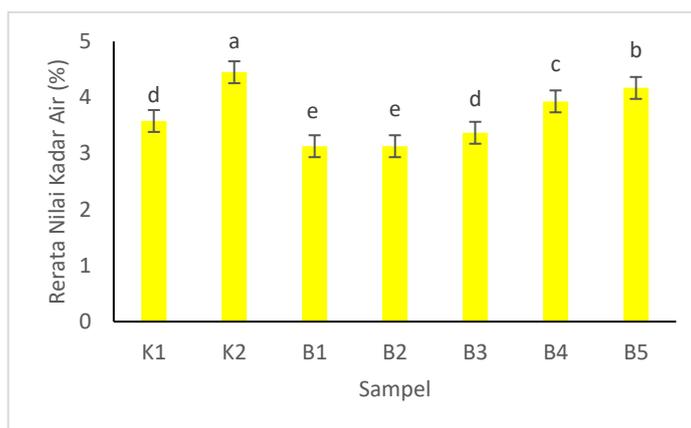
### **Kadar Air**

Tinggi rendahnya nilai kadar air sangat berpengaruh pada kualitas biobriket itu sendiri. Apabila kadar air rendah maka laju pembakaran akan semakin baik, apabila nilai kadar airnya masih tinggi menyebabkan biobriket akan sulit untuk dinyalakan, jika terbakar akan mengeluarkan asap, dan biobriket juga berpotensi ditumbuhi jamur (Rinanda dkk., 2021). Oleh karena itu, penting untuk melakukan pengukuran kadar air pada biobriket yang dihasilkan.

Gambar 3 menunjukkan bahwa kadar air terendah yaitu 3,13 % pada perlakuan B1 sedangkan kadar air tertinggi terdapat pada kontrol K2 yaitu 4,45 %.

Kadar air pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan penelitian Fitri (2017) yang menggunakan perbandingan serbuk gergaji : kulit kopi (70:30) dengan kadar air sebesar 3,59%. Berdasarkan Gambar 4 juga diketahui bahwa semakin meningkatnya komposisi kayu kaliandra pada sampel maka kadar air biobriket yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena jumlah pori-pori pada kayu kaliandra masih cukup banyak dan mampu menyerap air dengan baik.

Pori-pori pada kayu kaliandra sangat halus dan terlihat seperti jaringan yang sangat rapat, yang memungkinkan air untuk masuk dan keluar dengan mudah (Khoiriyah dkk., 2022). Penelitian ini selaras dengan penelitian Ilham (2022) bahwa persentase kadar air dalam biobriket kayu kaliandra sebesar 7,40%, sedangkan kandungan air bioriket kulit biji kopi sebesar 6,275% (Budhiawati, 2021). Berdasarkan uji analisis statistika nonparametrik Two Sample Kolmogorov-Smirnov Test (Gambar 2) menunjukkan bahwa perlakuan B3 menunjukkan hasil nilai kadar air tidak berbeda nyata (tidak signifikan) terhadap kontrol K1. Perlakuan B1, B2, B3, dan B4 menunjukkan hasil nilai kadar air berbeda nyata (signifikan) terhadap kontrol K1 dan K2. Selain dengan kontrol, perlakuan B1 dan B2 menunjukkan hasil nilai kadar air berbeda nyata (signifikan) terhadap perlakuan B3, B4 dan B5. Oleh karena itu, berdasarkan analisis statistik dan nilai kadar air terendah diketahui bahwa perlakuan B1 adalah perlakuan terbaik



**Gambar 3.** Rerata nilai kadar air biobriket kulit buah kopi dan kayu kaliandra. Huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan diantara perlakuan ( $P < 0,05$ )

K1 = Kulit Kopi 100%  
K2 = Kayu Kaliandra 100%  
B1 = Kulit Buah Kopi 90 % : Kayu Kaliandra 10%  
B2 = Kulit Buah Kopi 70 % : Kayu Kaliandra 30%

B3 = Kulit Buah Kopi 50 % : Kayu Kaliandra 50%  
B4 = Kulit Buah Kopi 30 % : Kayu Kaliandra 70%  
B5 = Kulit Buah Kopi 10 % : Kayu Kaliandra 90%

### Nilai Kalor

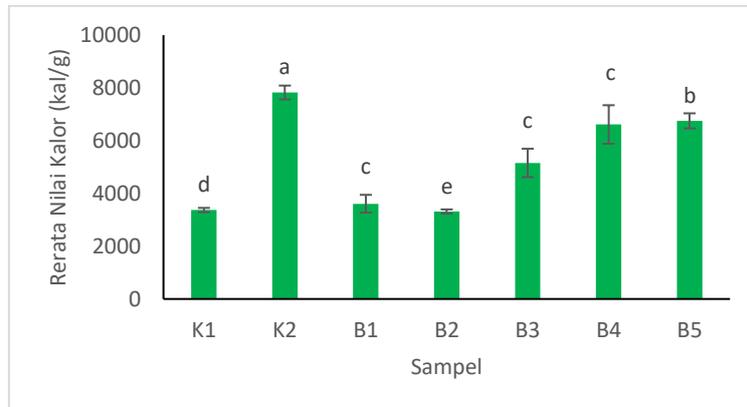
Nilai kalor sangat menentukan kualitas biobriket. Semakin tinggi nilai kalor biobriket maka semakin baik pula kualitas biobriket yang dihasilkan (Iriany dkk., 2023). Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai kalor terbesar adalah 7,826 kal/g yang terdapat pada kontrol K2, sedangkan nilai terendah sebesar 3,314 kal/g terdapat pada perlakuan komposisi kulit buah kopi dan kayu kaliandra pada perlakuan B2 (70:30). Nilai kalor yang memiliki hasil tertinggi antara perbandingan kulit buah kopi dan kayu kaliandra yaitu perlakuan B5 (10:90) sebesar 6,613 kal/g. Nilai kalor yang dihasilkan pada perlakuan B5 adalah lebih besar daripada nilai kalor yang dihasilkan oleh Fitri (2017) yaitu 6.124 kal/g yang menggunakan serbuk gergaji : kulit kopi (70:30).

Peningkatan nilai kalor pada biobriket yang dihasilkan menunjukkan bahwa kayu kaliandra memiliki nilai kalor yang tinggi dibandingkan kulit buah kopi. Nilai kalor dipengaruhi oleh kandungan

lignin pada kulit buah kopi dan kayu kaliandra. Kulit kopi mengandung lignin sebesar 8,67% sedangkan kayu kaliandra mengandung lignin sebesar 10% – 11,8% (Edahwati dkk., (2014) dan Arif dkk., (2019). Selain itu, Nawawi (2018) juga melaporkan bahwa lignin memiliki nilai kalor sekitar 30% lebih tinggi dibandingkan dengan selulosa. Oleh karena itu, kandungan lignin yang tinggi akan meningkatkan nilai kalor yang tinggi pula pada biobriket.

Berdasarkan uji analisis statistika nonparametik Two Sample Kolmogorov-Smirnov Test (Gambar 4) menunjukkan bahwa perlakuan B1, B2, B3, B4 dan B5 menunjukkan hasil nilai kalor berbeda nyata (signifikan) terhadap kontrol K1 dan K2. Sedangkan perlakuan B1, B3, dan B4 menunjukkan hasil nilai nilai kalor berbeda nyata (signifikan) terhadap perlakuan B2 dan B5. Begitupun, perlakuan B2 menunjukkan hasil nilai kalor berbeda nyata (signifikan) terhadap perlakuan B5. Oleh karena itu, berdasarkan analisis statistik dan nilai kalor tertinggi diketahui

bahwa perlakuan B5 adalah perlakuan terbaik.



**Gambar 4.** Rerata nilai kalor biobriket kulit buah kopi dan kayu kaliandra. Huruf yang berbeda pada histogram menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan diantara perlakuan ( $P < 0,05$ )

K1 = Kulit Kopi 100%  
K2 = Kayu Kaliandra 100%  
B1 = Kulit Buah Kopi 90 % : Kayu Kaliandra 10%  
B2 = Kulit Buah Kopi 70 % : Kayu Kaliandra 30%

B3 = Kulit Buah Kopi 50 % : Kayu Kaliandra 50%  
B4 = Kulit Buah Kopi 30 % : Kayu Kaliandra 70%  
B5 = Kulit Buah Kopi 10 % : Kayu Kaliandra 90%

## Laju Pembakaran

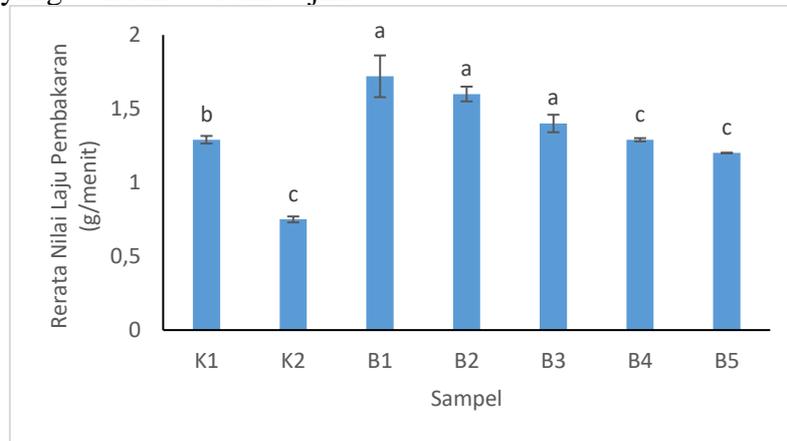
Pengujian laju pembakaran adalah proses pengujian dengan cara membakar biobriket untuk mengetahui lama nyala suatu bahan bakar, kemudian menimbang berat biobriket yang dibakar. Lamanya waktu penyalaan dihitung menggunakan stopwatch dan berat biobriket ditimbang dengan timbangan digital (Almu dkk, 2014). Nilai rata-rata laju pembakaran dari setiap perlakuan disajikan pada Gambar 5. Gambar 5 menunjukkan bahwa perlakuan dengan nilai laju pembakaran tertinggi yaitu pada perlakuan B1 dengan komposisi 90:10 sebesar 1,72 g/menit dan nilai laju pembakaran terendah yaitu pada perlakuan B5 dengan komposisi 10:90 sebesar 1,2 g/menit. Hal ini selaras dengan hasil uji massa jenis (kerapatan), karena semakin besar kerapatan bahan bakar biobriket maka laju pembakaran akan semakin lama. Dengan demikian biobriket yang memiliki massa jenis yang besar memiliki laju pembakaran yang lebih lama (Sinurat,

2011). Selain pada massa jenis (kerapatan), selulosa juga berpengaruh pada laju pembakaran. Semakin tinggi kandungan selulosa maka semakin baik pula laju mbakaran yang dihasilkan (Aljarwi dkk., 2020).

Berdasarkan uji analisis statistika nonparametik Two Sample Kolmogorov-Smirnov Test (Gambar 5) menunjukkan bahwa perlakuan B1, B2, dan B3 menunjukkan hasil nilai laju pembakaran berbeda nyata (signifikan) terhadap kontrol K1 dan K2. Sedangkan perlakuan B4 dan B5 menunjukkan hasil nilai laju pembakaran tidak berbeda nyata (tidak signifikan) terhadap perlakuan K2. Tetapi, perlakuan B4 dan B5 menunjukkan hasil nilai laju pembakaran berbeda nyata (signifikan) terhadap kontrol K1. Kemudian, perlakuan B1, B2, B3 menunjukkan hasil nilai laju pembakaran berbeda nyata (signifikan) terhadap perlakuan B4 dan B5. Oleh karena itu,

berdasarkan analisis statistik dan nilai laju pembakaran tertinggi diketahui bahwa perlakuan B1 adalah perlakuan terbaik. Perlakuan B1 juga memiliki nilai laju pembakaran yang lebih baik jika

dibandingkan dengan penelitian Agusta (2022) dengan hasil nilai laju pembakaran perbandingan kulit kopi : buah pinus : getah pinus (80:40:30) sebesar 0,36 g/menit.



**Gambar 5.** Rerata nilai laju pembakaran biobriket kulit buah kopi dan kayu kaliandra. Huruf yang berbeda pada histogram menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan diantara perlakuan ( $P < 0,05$ )

K1 = Kulit Kopi 100%  
K2 = Kayu Kaliandra 100%  
B1 = Kulit Buah Kopi 90 % : Kayu Kaliandra 10%  
B2 = Kulit Buah Kopi 70 % : Kayu Kaliandra 30%

B3 = Kulit Buah Kopi 50 % : Kayu Kaliandra 50%  
B4 = Kulit Buah Kopi 30 % : Kayu Kaliandra 70%  
B5 = Kulit Buah Kopi 10 % : Kayu Kaliandra 90%

### Perbandingan Hasil Uji dengan SNI

Pembriketan dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas bahan sebagai bahan bakar serta sebagai bahan bakar alternatif untuk menggantikan bahan bakar minyak dan gas dalam kegiatan industri dan rumah tangga (Isa, 2012). Kualitas briket yang dihasilkan dapat diketahui dengan melakukan beberapa uji, seperti uji kerapatan, kadar air, nilai kalor dan laju pembakaran yang dibandingkan dengan Standar Nasional Indonesia No. 01/6235/2000 tentang standar untuk briket arang kayu.

Nilai rerata perbandingan dari setiap pengujian terhadap nilai SNI disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil pengujian sampel dari setiap perlakuan diketahui bahwa semua perlakuan dalam rentang SNI pada parameter massa jenis,

kadar air dan nilai kalor. Pada parameter massa jenis (kerapatan) diketahui bahwa semua sampel perlakuan K1, K2, B1, B2, B3, B4, dan B5 sesuai dengan SNI yaitu  $> 0,44 \text{ g/cm}^3$ . Pada parameter kadar air diketahui bahwa semua sampel perlakuan K1, K2, B1, B2, B3, B4, dan B5 sesuai dengan SNI yaitu  $< 8 \%$ . Pada parameter nilai kalor diketahui bahwa sampel perlakuan K2, B3, B4, dan B5 sesuai dengan SNI yaitu  $> 5.000 \text{ kal/g}$ . Kemudian untuk parameter laju pembakaran diketahui belum ada angka pasti pada SNI sehingga pada penelitian ini laju pembakaran terlama yaitu 1,72 g/menit terdapat pada perlakuan B1. Berdasarkan kesesuaian biobriket terhadap SNI maka perlakuan perbandingan kulit buah kopi dan kayu kaliandra (10:90) dengan nilai kalor terbesar terdapat pada perlakuan B5 dan laju pembakaran terlama terdapat pada

perlakuan perbandingan kulit buah kopi dan kayu kaliandra (90:10) dengan nilai laju

pembakaran terbesar terdapat pada perlakuan B1.

Tabel 1. Rerata Nilai Uji Baku Mutu Biobriket

| Uji  | Perbandingan Bahan<br>(Kulit Biji Kopi : Kayu Kaliandra) |       |       |       |       |       |       | SNI     |
|--|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
|  | K1   | K2    | B1    | B2    | B3    | B4    | B5    |         |
| Massa Jenis (Kerapatan) (g/cm <sup>3</sup> ) | 0,56   | 0,45  | 0,64  | 0,64  | 0,59  | 0,51  | 0,48  | >0,44   |
| Kadar Air (%)                                | 3,58   | 4,45  | 3,13  | 3,13  | 3,37  | 3,93  | 4,17  | < 8     |
| Nilai Kalor (kal/g)                          | 3,370  | 7,826 | 3,610 | 3,314 | 5,157 | 6,613 | 6,750 | > 5,000 |
| Laju Pembakaran (g/menit)                    | 1,29   | 0,75  | 1,72  | 1,6   | 1,4   | 1,29  | 1,2   | -       |

(Sumber: BSN, 2000)

K1 = Kulit Kopi 100%

K2 = Kayu Kaliandra 100%

B1 = Kulit Buah Kopi 90 % : Kayu Kaliandra 10%

B2 = Kulit Buah Kopi 70 % : Kayu Kaliandra 30%

B3 = Kulit Buah Kopi 50 % : Kayu Kaliandra 50%

B4 = Kulit Buah Kopi 30 % : Kayu Kaliandra 70%

B5 = Kulit Buah Kopi 10 % : Kayu Kaliandra 90%

## SIMPULAN

Massa jenis, kadar air, dan laju pembakar terbaik terdapat pada perlakuan B1 dengan komposisi kulit buah kopi 70% dan kayu kaliandar 30% berurutan 0,64 g/cm<sup>3</sup>, 3,13 serta 1,72 sedangkan nilai kalor terbaik pada perlakuan B5 dengan komposisi kulit buah kopi 10% dan kayu kaliandar 90% yaitu 6,750 kal/g.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Perum Perhutani di Desa Lebak Muncang, Kecamatan Ciwidey Kabupaten Bandung yang telah memberikan izin dan membantu selama pengambilan sampel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agusta, Batara 2021. *Analisa Nilai Kalor dan Laju Pembakaran Pada Briket Campuran Kulit Kopi dan Buah Pinus Menggunakan Getah Pinus Sebagai Perekat*. Malang: Progam Sarjana Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang
- Almu, M. A., Syahrul, & Padang, Y. A. (2014). *Analisa Nilai Kalor Dan Laju Pembakaran Pada Briket*. *Dinamika Teknik Mesin*, 4(2), 117–122.
- Anindyawati, T. 2009. *Prospek Enzim dan Limbah Lignoselulosa untuk Produksi Bioethanol*, *Jurnal BS*. 44(1), 49-56.
- Annisa, N. (2022). *Produksi Kopi Arabika (Coffea arabica) pada Areal Hutan*

- Kemasyarakatan dengan Metode Fungsi Produksi COBB-Douglas di Kelurahan Borong Rappoa, Kecamatan Kindang, Kabupaten Bulukumba.* Universitas Hasanudin Makasar.
- Batubara, B., & Jamilatun, S. (2012). Sifat-Sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu. *Jurnal Rekayasa Proses*, 2(2), 37–40. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.554>
- Budiawan, L., Susilo, B., & Hendrawan, Y. (2014). Pembuatan Dan Karakterisasi Briket Bioarang Dengan Variasi Komposisi Kulit Kopi. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 2(2), 152–160.
- Budiman, (2012). “Pembuatan Biobriket Dari Campuran Bungkil Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*) Dengan Sekam Sebagai Bahan Bakar Alternatif” Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses Jurusan Kimia FMIPA UNJANI
- Fitri, N. (2017). Pembuatan Briket dari Campuran Kulit Kopi (*Coffea Arabica*) dan Serbuk Gergaji dengan Menggunakan Getah Pinus (*Pinus Merkusii*) sebagai Perikat. *Skripsi, Fakultas Sains Dan Teknologi*.
- Hardiwinoto, Suryo dan Widiyatno. Pengaruh Komposisi Dan Bahan Media Terhadap Pertumbuhan Semai Pinus (*Pinus merkuri*). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 8(1), 9-18.
- Hardiwinoto, S., Saputra, N, A, E., Nurjanah, H, H., Widiyatno. 2010. Media Kompos Serbuk Gergaji Kayu Sengon Dan Pupuk Lepas Lambat Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Semai Pinus merkuri di KPH Banyumas Timur, *Jurnal Ilmu Kehutanan*. IV(2), 111-118.
- Hasibuan, M. L., 1), Sumardi, 1), Zebua1), N. F., Sari, N., & 1). (2023). Analisis Kadar Kafein Biji Kopi Arabika Dengan Variasi Temperatur Sangai Yang Tumbuh Di Aek Sabaon Tapanuli Selatan. *Journal of Engineering Research*, 6(2), 681–691.
- Hendrati, R. L., & Hidayati, N. (2014). *Budidaya Kaliandra (Calliandra calothyrsus) Untuk Bahan Baku Sumber Energi*. IPB Press
- Hidayah, Nurul. 2014. Alternatif Briket Bioarang Terbarukan Berbahan Briket Ketapang Yang Ramah Lingkungan *Pelita*. 9(1), 81-89.
- Ilham, J., Mohamad, Y., & Oktaviani, I. (2022). Pengujian Biobriket Dari Limbah Kayu Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4(2), 119–125. <https://doi.org/10.37905/jjee.v4i2.12347>
- Isa, I. (2012). Briket Arang Dan Arang Aktif Dari Limbah Tongkol Jagung. Universitas Negeri Gorontalo
- Juwita, A. I., Mustafa, A., & Tamrin, R. (2017). Studi Pemanfaatan Kulit Kopi Arabika (*Coffea arabica L.*) Sebagai Mikro Organisme Lokal (MOL). *Agointek*, 11(1), 1-8. <https://doi.org/10.21107/agointek.v11i1.2937>
- Lapang, P. (1983). Calliandra. In Calliandra. <https://doi.org/10.17226/19517>
- Lisani, Indriyani, & Irawati, N. (2023). Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi Arabika (*Coffea arabica L.*) Menjadi Biobriket. *Jurnal Agoindutri Pangan*, 2(1), 62-75
- Lukum, (2013). “Pemanfaatan Arang Briket Limbah Tongkol Jagung



- Sebagai Bahan Bakar Alternatif*.  
Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas  
MIPA Universitas Negeri Goron
- Mauladdini, R., Sarip Nawawi, D., & Syafii, W. (2022). Pengaruh Zat Ekstraktif Kayu terhadap Nilai Kalor. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 16(1), 64–73. <https://doi.org/10.22146/jik.v16i1.2720>
- Mirawati. (2012). Pengaruh Konsentrasi Perakat Getah Pinus Terhadap Nilai Kalor Pembakaran Pada Biobriket Sekam Padi Dengan Tempurung Kelapa. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Sains Dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
- Nabawiyah, K., & Abtokhi, A. (2016). Penentuan Nilai Kalor Dengan Bahan Bakar Kayu Sesudah Pengarangan Serta Hubungannya Dengan Nilai Porositas Zat Padat. *Jurnal Neutrino*, 0(0), 44–55.
- Ndraha, Nodali. (2009). Uji Komposisi Bahan Pembuat Briket Bioarang Tempurung Kelapa Dan Serbuk Kayu Terhadap Mutu Yang Dihasilkan” *Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara*
- Ningsih, A., & Hajar, I. (2019). Analisis Kualitas Briket Arang Tempurung Kelapa dengan Bahan Perakat tepung Kanji dan tepung sagu sebagai Bahan Bakar Aternatif. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 7(2), 101–110.
- Pradana, W., & Bunyamin, A. (2021). Pemanfaatan Kayu Kaliandra dan Limbah Teh Sebagai Bahan Baku Biobriket. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 25:114-119
- Purnomo (2015) “Pemanfaatan Limbah Biomassa Untuk Briket Sebagai Energi Alternatif” Program Studi Teknik Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya
- Rahardjo & Pudji. 2012. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabica dan Robusta*. Penebar swadaya: Jakarta
- Reichembach, L. H., & de Oliveira Petkowicz, C. L. (2020). Extraction and characterization of a pectin from coffee (*Coffea arabica* L.) pulp with gelling properties. *Carbohydrate Polymers*, 245, 116473. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116473>
- Sahputra, Andi dkk. (2013). Pertumbuhan Dan Produksi Bawang Merah (*Alium ascalonicum*. L) Terhadap Pemberian Kompas Kulit Kopi Dan Pupuk Organik Cair. *Jurnal Agoekoteknologi*. 2(1), 26-35
- Samsinar (2004). Penentuan Nilai Kalor Briket Dengan Memvariasikan Berbagai Bahan Baku. Malang: Progam Sarjana Kimia Universitas Negeri Islam Alauddin Makasar
- Sariadi (2016). Pemanfaatan Kulit Kopi Menjadi Biobriket. *Jurnal Sains dan Teknologi Reaksi*, 7(14), 16-25
- Setiawan, A., Andrio, O., Coniwanti, P. (2012). Pengaruh Komposisi Pembuatan Biobriket Dari Campuran Kulit Kacang Dan Serbuk Gergaji Terhadap Nilai Pembakaran. *Jurnal Teknik Kimia*. 18(2): 9-16
- Sinurat, Erikson (2011) ”*Studi Pemanfaatan Briket Kulit Jambu Mete Dan Tongkol Jagung Sebagai Bahan Bakar Alternatif*” Tugas Akhir Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
- Sugiharto, A., Zidni, & Firdaus, I. (2021). Pembuatan Briket Ampas Tebu dan



- Sekam Padi Menggunakan Metode Pirolis Sebagai Energi Alternatif. *Inovasi Teknik Kimia*, 6(1), 17-22
- Sukadaryati (2014). Pemanenan Getah Pinus Menggunakan Tiga Cara Penyedapan. *Jurnal, Penelitian Hasil Hutan* 32(1), 62-70
- Syamsuri, Usman Dzikri. 2010. Penentuan Kadar Kalor Pada Bahan Kayu Sebelum Pengarangan Serta Hubungannya Dengan Nilai Densitas Zat Padat. *Skripsi Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang*
- Tranggono, D., Pramitha, A. O., Sholikhah, A. M., Fandillah, G. A., Sugiharto, N. O., & Achmad, Z. A. (2021). Pemanfaatan Limbah Baglog Jamur Tiram Putih Menjadi Briket yang Bernilai Ekonomis Tinggi. *ABDIMAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 1-17
- Wahyudi. (2006). Penelitian Nilai Kalor Biomassa : Perbandingan Antara Hasil Pengujian Dengan Hasil Perhitungan *Jurnal, Ilmiah Semesta Teknika*. 9(2): 208-220
- Wardana, R. R., Hakim, T., & Sulardi. (2023). Budidaya Tanaman Kopi Arabika. PT. Dewangga Energi Internasional.