

Pengaruh Variasi Rasio Kulit Kopi dan Cangkang Kelapa Sawit serta Konsentrasi Perekat terhadap Karakteristik Biobriket

Lazio Doanta Sembiring^{*)}, Reza Widyasaputra, Ngatirah

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,
INSTIPER Yogyakarta

^{*)}Email Korespondensi: Laziosembiring67@gmail.com

ABSTRAK

Biobriket adalah salah satu alternatif pemanfaatan limbah biomassa menjadi sumber energi yang terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio kulit kopi dan cangkang kelapa sawit serta konsentrasi perekat pada pembuatan biobriket. Penelitian ini menggunakan metode rancangan acak lengkap (RAL) dua faktor yaitu rasio kulit kopi dan cangkang kelapa sawit serta konsentrasi perekat. Parameter yang diuji pada penelitian ini adalah kadar air, kadar abu, kuat tekan dan laju pembakaran. Rasio campuran kulit kopi dan cangkang kelapa sawit berpengaruh terhadap kadar air, kuat tekan, kadar abu dan laju pembakaran. Semakin tinggi rasio campuran kulit kopi berpengaruh terhadap kadar abu, kadar air, laju pembakaran dan kuat tekan. Konsentrasi perekat bubuk kertas berpengaruh nyata terhadap karakteristik biobriket. Peningkatan konsentrasi perekat bubuk kertas pada biobriket akan meningkatkan kadar abu, meningkatkan kadar air, menurunkan laju pembakaran dan meningkatkan kuat tekan. Kombinasi rasio dan konsentrasi perekat 50 (kulit kopi): 50 (cangkang kelapa sawit) dengan perekat 15% menghasilkan karakteristik briket yang paling terbaik. Perlakuan ini menghasilkan kadar air 3,545%, kadar abu terendah 9,55%, laju pembakaran 0,106 gr/menit, dan kuat tekan 35,50 kg/cm². Perlakuan sudah memenuhi standar SNI pada kadar air dan kadar abu.

Kata Kunci: biobriket, bubuk kertas, kulit kopi, cangkang kelapa sawit, limbah biomassa.

PENDAHULUAN

Krisis energi global menjadi isu strategis yang terus mendapat perhatian serius dalam beberapa dekade terakhir, terutama akibat meningkatnya konsumsi energi dunia yang tidak sebanding dengan ketersediaan sumber energi fosil. Ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam telah menimbulkan berbagai dampak negatif, baik dari sisi ketersediaan maupun lingkungan. Emisi karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan dari pembakaran energi fosil menjadi salah satu penyebab utama perubahan iklim global dan pemanasan bumi (International Energy Agency, 2023). Kondisi ini mendorong berbagai negara, termasuk Indonesia, untuk mengembangkan sumber energi alternatif yang bersifat terbarukan, berkelanjutan, serta ramah lingkungan guna mengurangi ketergantungan terhadap energi konvensional.

Dalam konteks nasional, Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan energi berbasis biomassa karena ketersediaan sumber daya alam yang melimpah, terutama dari sektor perkebunan dan pertanian. Limbah biomassa seperti cangkang kelapa sawit dan kulit kopi merupakan contoh sumber energi alternatif yang belum dimanfaatkan secara optimal. Indonesia sebagai salah satu produsen kelapa sawit terbesar di dunia menghasilkan limbah cangkang dalam jumlah yang signifikan setiap tahunnya, yang sebagian besar belum

dimanfaatkan secara maksimal (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2022). Demikian pula dengan limbah kulit kopi yang dihasilkan dari industri pengolahan kopi, yang seringkali hanya dibuang atau dimanfaatkan secara terbatas sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan.

Peningkatan produksi kelapa sawit dan kopi di Indonesia secara langsung berkontribusi terhadap meningkatnya volume limbah biomassa. Data dari Badan Pusat Statistik (2023) menunjukkan bahwa produksi kelapa sawit nasional mencapai lebih dari 46 juta ton per tahun, yang menghasilkan limbah padat dalam jumlah besar termasuk cangkang dan serat. Sementara itu, produksi kopi nasional mencapai lebih dari 700 ribu ton per tahun, yang juga menghasilkan limbah kulit kopi dalam jumlah yang banyak. Apabila tidak dikelola dengan baik, limbah tersebut dapat menimbulkan permasalahan lingkungan seperti pencemaran tanah dan air serta emisi gas rumah kaca (Harimurti et al., 2021). Oleh karena itu, diperlukan upaya inovatif untuk mengolah limbah tersebut menjadi produk yang bernilai tambah.

Salah satu bentuk pemanfaatan limbah biomassa yang potensial adalah melalui produksi biobriket, serta proses produksi yang relatif sederhana dan ekonomis, (Fikri et al., 2023). Penggunaan biobriket sebagai energi alternatif juga sejalan dengan kebijakan pemerintah dalam mendorong pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) untuk mencapai target bauran energi nasional.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji pemanfaatan biomassa dalam pembuatan biobriket, namun sebagian besar masih berfokus pada satu jenis bahan baku. Penelitian oleh Hidayat et al., (2022) menunjukkan bahwa penggunaan cangkang kelapa sawit sebagai bahan utama dapat menghasilkan nilai kalor yang tinggi, namun memiliki kelemahan pada kekuatan mekanik. Produksi kopi di Indonesia masih tergolong tinggi, yaitu mencapai sekitar 758 ribu ton pada tahun 2023 berdasarkan data Badan Pusat Statistik yang bersumber dari Direktorat Jenderal Perkebunan. Hal ini menunjukkan bahwa limbah hasil pengolahan kopi juga akan meningkat. Dalam proses pengolahan kopi dari ceri sampai biji akan menghasilkan limbah kulit kopi sebesar 35%. Maka, limbah kulit kopi yang dihasilkan pada tahun 2023 adalah sebesar 265,3 ribu ton. Budiawan et al., (2014) menyebutkan bahwa kulit kopi memiliki potensi yang baik sebagai sumber energi alternatif karena memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, kadar air yang rendah, serta kandungan sulfur yang relatif kecil sehingga salah satu bahan yang baik dalam pembuatan bio briket.

Sementara itu, penelitian lain oleh Wulandari et al., (2025) mengungkapkan bahwa kulit kopi memang memiliki potensi sebagai bahan baku biobriket, tetapi memerlukan kombinasi dengan bahan lain untuk meningkatkan kualitasnya. Penggunaan perekat bubur kertas juga telah diteliti, namun masih terbatas pada jenis biomassa tertentu dan belum banyak dikombinasikan dengan cangkang sawit dan kulit kopi.

Cangkang kelapa sawit dikenal memiliki kandungan lignin yang tinggi sehingga mampu menghasilkan nilai kalor yang besar, sedangkan kulit kopi memiliki kandungan selulosa yang dapat meningkatkan sifat pembakaran dan kestabilan briket (Wulandari et al., 2025). Selain itu, penggunaan perekat seperti bubur kertas yang mengandung selulosa juga berperan penting dalam meningkatkan kekuatan mekanik dan kerapatan biobriket (Ayunina et al., 2020). Kombinasi rasio bahan baku dan konsentrasi perekat menjadi faktor kunci dalam menentukan karakteristik biobriket yang dihasilkan.

Kualitas biobriket sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya komposisi bahan baku dan jenis serta konsentrasi perekat yang digunakan. Salah satu perekat yang dapat digunakan adalah kertas, kertas adalah limbah domestik yang dapat digunakan sebagai perekat dalam pembungkutan biobriket karena mengandung selulosa yang dapat membentuk

ikatan antar partikel sehingga bisa meningkatkan kekuatan mekanik pada briket. Menggunakan kertas sebagai perekat pada biobriket mempunyai nilai ekonomis yang tinggi dikarenakan kertas mudah diperoleh serta dapat berkontribusi dalam pengurangan sampah kertas.

Penggunaan bubur kertas sebagai perekat dalam biobriket didasarkan pada kandungan serat selulosa yang mampu membentuk ikatan antar partikel bahan baku. Ketika dicampur dengan air dan diolah menjadi bubur, serat-serat tersebut akan saling berikatan dan mengisi rongga antar partikel biomassa sehingga meningkatkan kepadatan dan kekuatan briket. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa kertas bekas yang diolah menjadi bubur dapat berfungsi sebagai perekat alami karena kandungan selulosanya mampu meningkatkan daya ikat partikel briket (Utari et al., 2024).

Penggunaan perekat kertas juga berpengaruh terhadap karakteristik pembakaran biobriket, seperti nilai kalor, kadar air, dan laju pembakaran. Penambahan perekat yang terlalu sedikit dapat menyebabkan briket mudah hancur, sedangkan penggunaan berlebih dapat menurunkan nilai kalor karena kandungan air dan abu meningkat. Sehingga diperlukan komposisi yang sesuai. Berdasarkan penelitian sebelumnya, konsentrasi perekat bubur kertas yang sering digunakan berkisar antara 5% hingga 15% dari berat bahan baku. Hal ini diperkuat oleh pernyataan bahwa penambahan perekat pada kisaran 5–10% menghasilkan briket dengan kekuatan mekanik yang baik tanpa menurunkan nilai kalor secara signifikan (Hidayat et al., 2022).

METODE PENELITIAN

Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pilot Plan dan Laboratorium Fakultas Teknologi Hasil Pertanian Institut Pertanian Stiper Yogyakarta. Waktu penelitian dilakukan pada bulan 1 juli sampai 30 juli 2026.

Alat dan Bahan

Alat yang dibutuhkan dalam pembuatan biobriket dari variasi antara ampas kopi dan serat mesocarp ini adalah : alat untuk mencetak briket, wadah plastik, timbangan, alat pirolisis, tungku karbonasi, alat penghancur, ayakan, alat press, oven, *furnance*, *bomb calorimeter*, UTM (*universal testing machine*, *stopwatch*), *thermometer*, *moisture analyzer*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : cangkang kelapa sawit, ampas kulit kopi, kertas dan air.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 menggunakan dua faktor perlakuan dan diulang sebanyak 2 kali. Faktor satu adalah perbandingan antara ampas kulit kopi dengan cangkang kelapa sawit, dengan tiga taraf yang meliputi:

A1 = 30% kulit kopi : 70% cangkang kelapa sawit

A2 = 50% kulit kopi : 50% cangkang kelapa sawit

A3 = 70% ampas kulit kopi : 30% cangkang kelapa sawit

Faktor dua adalah jumlah konsentersasi bubur kertas yang digunakan pada pembuatan biobriket. Perekat berfungsi untuk meningkatkan kekuatan dan kestabilan bentuk biobriket. Taraf faktor II meliputi:

B1 = 5%

B2 = 10%

B3 = 15%

Perlakuan dilakukan dengan 2 kali ulangan dimana faktor I dan II masing masing berjumlah 3 taraf sehingga akan diperoleh $3 \times 3 = 18$ satuan eksperimental. Hasil dari pengamatan pada penelitian ini akan dicatat dan dianalisa menggunakan analisis ANOVA dua arah (*Two-Way ANOVA*) untuk mengetahui pengaruh setiap faktor dan interaksi keduanya terhadap karakteristik biobriket. Berikut adalah tabel 9 kombinasi dan 2 kali ulangan

Prosedur Penelitian

1. Pengolahan bahan menjadi arang

Proses ini diawali dengan proses karbonisasi kulit kopi dan cangkang kelapa sawit secara terpisah. Kedua bahan dimasukkan kedalam tong pembakaran secara terpisah dengan waktu 180 menit dan suhu 300°C . setelah itu dikeluarkan dari alat pembakaran, arang kulit kopi dan cangkang kelapa sawit diayak dengan ukuran 40 *mesh*. Hasil dari pengarangan kedua bahan dipisahkan selama proses penyimpanan.

2. Persiapan perekat dari bubur kertas

Kertas yang sudah disiapkan akan disortir supaya tidak terkontaminasi dari bahan lain. Kemudian kertas dicacah sehingga memudahkan pada proses perendaman. kertas yang telah dicacah akan direndam didalam air dengan perbandingan 1:1 selama 24 jam sehingga tekstur akan menjadi lunak. Kertas yang telah lunak akan diblender sehingga menghasilkan bubur kertas. Bubur kertas dipanaskan pada suhu 60°C selama 10-15 menit untuk meningkatkan daya rekat.

3. Pencampuran arang dan perekat

Hasil arang yang telah dibuat dari cangkang dan kulit kopi kemudian dicampurkan dengan bubur kertas yang telah di buat. Dengan perbandingan 70:30, 50:50, 30:70 sehingga menghasilkan 100 gram, kemudian ditambahkan perekat dari bubur kertas sebanyak 5%,10%,15%. campuran ini akan dilakukan sesuai dengan tabel TLUE penelitian.

4. Proses pembuatan biobriket

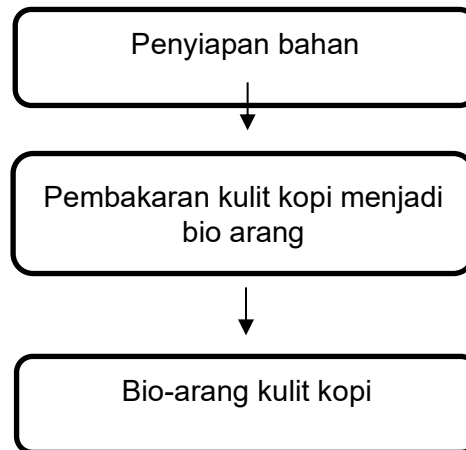
Mengacu pada TLUE urutan perlakuan pada A1B1 adalah A1 atau 30% (30 gr) kulit kopi dan 70% (70 gr) cangkang dengan konsentersasi perekat atau B1 5% (5 gr), sehingga berat total menjadi 105 gram. Bahan yang telah dicampurkan akan dicetak menggunakan alat cetakan biobriket. Bahan akan dimasukkan kedalam tabung cetakan berbentuk silinder, kemudian tuas cetakan akan ditekan selama 2 menit hingga mencapai kepadatan yang diinginkan. Briket yang sudah dicetak akan dikeluarkan dari bawah cetakan dan dikeringkan didalam oven selam 3 jam dengan suhu 100°C . Biobriket yang telah dihasilkan akan dilanjutkan dengan analisis kadar air, nilai kalor, kerapatan, laju pembakaran kuat tekan dan kadar abu.

5. Evaluasi hasil penelitian

Briket yang sudah selesai dicetak akan dianalisis karakteristiknya yang mengacu pada SNI bioriket antara lain; kadar air, kadar abu, nilai kalor, laju pembakaran, dan kuat tekan.

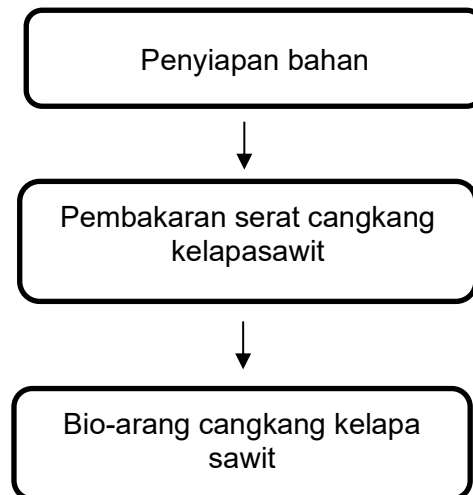
Diagram Alir

Pembuatan Bio-arang kulit kopi



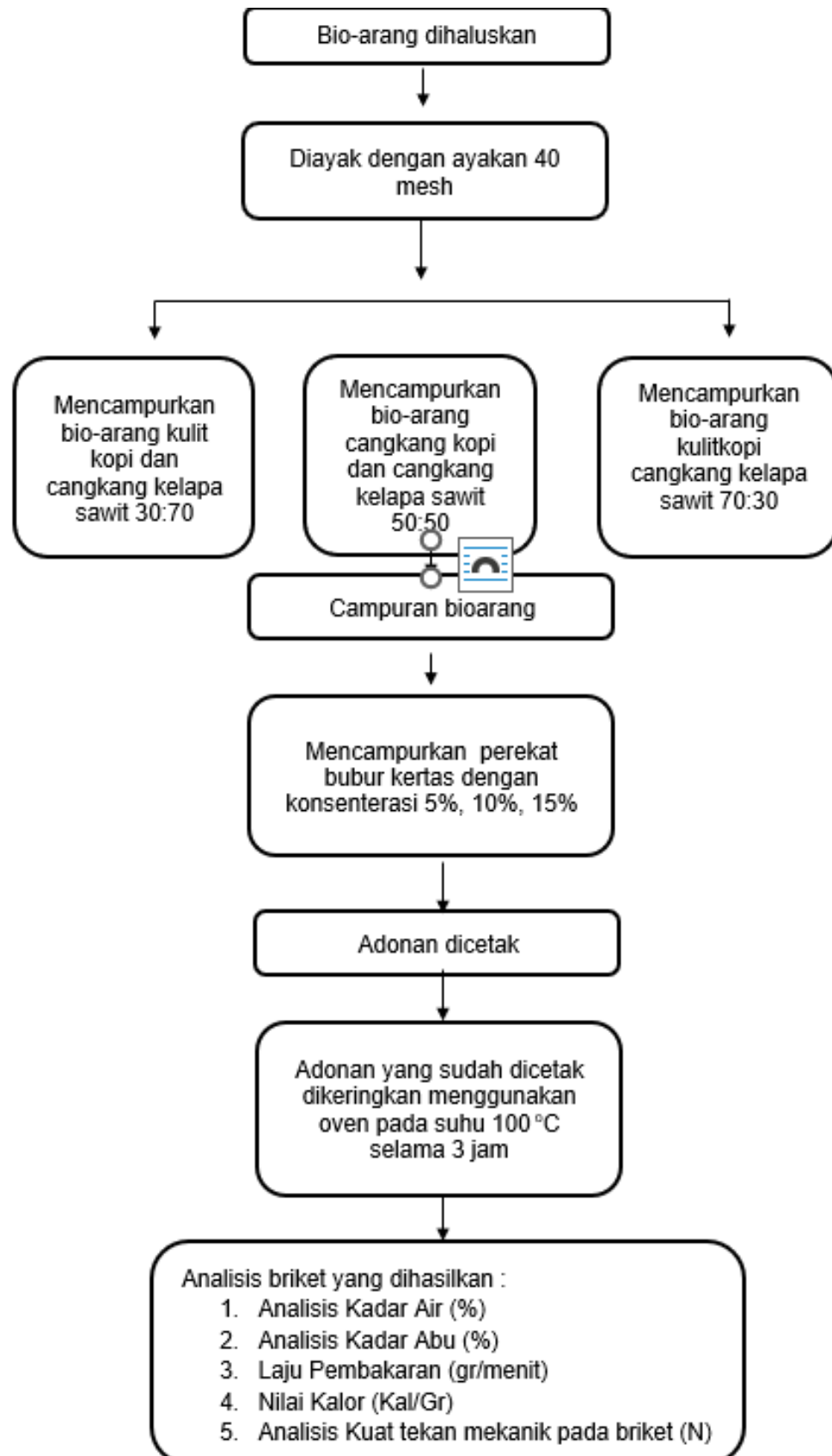
Gambar 1. Diagram pembuatan Bio-arang ampas kopi

Pembuatan Bio-arang cangkang kelapa sawit



Gambar 2. Diagram pembuatan Bio-arang serat mesokarp

Pembuatan Biobriket



Gambar 3. Diagram pembuatan Biobriket

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter keberhasilan dalam pembuatan biobriket karena berpengaruh terhadap kualitas briket. Kadar air dalam biobriket merupakan air yang masih terkandung dalam briket. Hasil uji jarak berganda *duncan* kadar air biobriket dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis uji *duncan* rerata kada air biobriket (%)

Kulit Kopi: Cangkang Kelapa Sawit	Konsenterasi Perekat			Rerata A
	B1(5%)	B2(10%)	B3(15%)	
A1 (30:70)	3,145	3,130	3,325	3,20 ^k
A2 (50:50)	3,405	3,545	3,555	3,502 ^l
A3 (70:30)	3,610	3,950	4,030	3,863 ^m
Rerata B	3,387 ^x	3,542 ^y	3,637 ^z	

Keterangan : angka yang diikuti dengan notasi huruf yang berbeda pada setiap perlakuan menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikansi > 0,05.

Berdasarkan uji lanjut menggunakan *duncan* pada taraf signifikansi > 0,05. Dapat diamati pada tabel 1 bahwa terjadi perbedaan nyata pada setiap perlakuan pada biobriket tersebut. Notasi pada setiap rerata nilai kadar air biobriket menandakan ada atau tidaknya perbedaan nyata pada setiap perlakuan. Menurut Hidayat et al., (2022) kadar air adalah salah satu parameter yang amat penting pada briket karena, kadar air dapat berpengaruh terhadap kualitas nilai kalor briket. Dimana, semakin tinggi kadar air nilai kalor cenderung bisa menurun.

Berdasarkan hasil analisa lanjutan dengan *Duncan* Dapat diamati bahwa pada perlakuan A1B1 dan A1B2 menghasilkan kadar air yang paling rendah dan tidak terdapat perbedaan nyata karena nilai signifikansi < 0,05. Aprilliani et al., (2023) pada penelitiannya menyebutkan bahwa briket adalah salah satu material yang berpori sehingga semakin banyak atau semakin besar pori pada briket akan mempengaruhi penyerapannya pada air. Sebaliknya struktur karbon yang tinggi lebih rendah dalam menyerap air. berbeda dengan kulit kopi yang memiliki porositas yang tinggi yang menyebabkan air lebih banyak terserap. Dapat kita amati dari tabel diatas, semakin tinggi komposisi penggunaan kulit kopi pada briket kadar air cenderung semakin meningkat.

Pada perlakuan A1B3 mulai terjadi peningkatan kadar air secara signifikan. Perlakuan A3B3 yang memperoleh kadar air tertinggi diikuti dengan konsenterasi perekat kertas dan kulit kopi tertinggi yaitu sebesar 15% dan kulit kopi 70% . sifat higroskopis pada briket mudah menyerap air terutama biobriket berbahan dasar selulosa seperti kertas . Sejalan dengan penelitian ini, kenaikan kadar air pada biobriket dipengaruhi oleh meningkatnya komposisi konsenterasi perekat kertas yang digunakan. Berdasarkan hasil uji *Duncan* menunjukkan bahwa peningkatan kadar air dipengaruhi oleh peningkatan konsenterasi perekat kertas dan peningkatan rasi penggunaan kulit kopi. Dengan demikian, bahan sangat berpengaruh terhadap kadar air biobriket. Hal ini diperkuat oleh penelitian Junianti et al., (2024) yang mengatakan bahwa komposisi bahan, ukuran partikel dan jenis perekat yang dipakai akan berpengaruh terhadap kadar air. Briket yang dihasilkan pada penelitian ini telah sesuai standar SNI (01-6235-2000). Dimana, kadar air briket yang dihasilkan berada dibawah 8%.

Kadar Abu

Kadar abu adalah salah satu parameter keberhasilan pada biobriket. Kadar abu pada biobriket dapat dipengaruhi oleh jenis bahan baku dan perekat yang digunakan karena, bahan baku memiliki kandungan mineral yang berbeda sehingga jenis bahan baku dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar abu. Hasil uji jarak berganda *duncan* kadar abu biobriket pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji *duncan* rerata kadar abu (%)

Kulit Kopi: Cangkang Kelapa Sawit	Konsentrasi Perekat			Rerata A
	B1(5%)	B2(10%)	B3(15%)	
A1 (30:70)	6,61 ^a	8,25 ^d	8,62 ^g	7,83 ^k
A2 (50:50)	7,46 ^b	9,22 ^e	9,55 ^h	8,74 ^l
A3 (70:30)	10,35 ^c	11,16 ^f	12,11 ⁱ	11,23 ^m
Rerata B	8,14 ^x	9,54 ^y	10,09 ^z	

Keterangan : angka yang diikuti dengan notasi huruf yang berbeda pada setiap perlakuan menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikansi > 0,05.

Dari Analisa menggunakan uji Duncan maka dapat diamati bahwa faktor A atau komposisi kopi dengan cangkang kelapa sawit dan faktor B (perekat) memberikan perbedaan nyata pada signifikansi 5%. Kadar abu tertinggi berada pada perlakuan A3 sedangkan perlakuan kadar abu terendah berada pada A1 sedangkan rerata B (perekat) kadar abu tertinggi berada pada B3 dan yang terendah berada pada B1. Perlakuan dengan kadar abu terendah dihasilkan oleh A1B1 dimana komposisi bahan pada perlakuan ini menggunakan 30:70 dan perekat 5% yang menghasilkan kadar abu 6,61% serta untuk kadar abu tertinggi dihasilkan oleh perlakuan A3B3 yang menghasilkan kadar abu 12,11%.

Peningkatan kadar abu pada biobriket dipengaruhi oleh peningkatan komposisi kulit kopi serta konsentrasi perekat kertas. Hal ini disebabkan oleh kandungan mineral dan silika dalam kulit kopi yang cukup tinggi. Hal ini didukung oleh Zhang et al., (2023) yang menyebutkan bahwa silika dan mineral akan meningkatkan kadar abu pada saat pembakaran. Sebaliknya, komposisi briket yang menggunakan cangkang sawit yang lebih besar menghasilkan kadar abu yang paling rendah yang terdapat pada perlakuan A1B3. Hal dikarenakan kandungan karbon tetap pada cangkang kelapa sawit cukup tinggi dan kandungan mineral yang rendah, sehingga menghasilkan residu pembakaran yang lebih rendah (Hamiansyah et al., 2023).

Faktor konsentrasi perekat (faktor B) juga memberikan perbedaan nyata secara signifikan terhadap kadar abu. Dapat diamati pada tabel rerata Duncan bahwa kadar abu meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi perekat. Hal ini didukung oleh penelitian oleh Yustinah et al., (2023) yang menyebutkan semakin tinggi perekat yang digunakan semakin tinggi pula kadar abu yang dihasilkan saat pembakaran. Hal ini disebabkan oleh kandungan selulosa serta lignin pada kertas yang tinggi sehingga dapat mempengaruhi kadar abu pada biobriket. Menurut Utari et al., (2024) mengatakan bahwa meningkatkan konsentrasi perekat secara signifikan menyebabkan meningkatnya material nonkarbon pada briket. Hal tersebut berpengaruh pada kadar abu karena material nonkarbon tidak dapat terbakar sehingga meningkatkan residu setelah pembakaran.

Faktor A dan B juga terdapat interaksi yang saling mempengaruhi terhadap kadar abu. Dapat kita amati bahwa kadar abu mengalami peningkatan disaat meningkatnya rasio kulit kopi serta konsentrasi perekat kertas. Hal ini menandakan bahwa kedua faktor saling mempengaruhi tidak saling independent. Dari aspek kualitas bahan bakar, kadar abu merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan mutu biobriket. Abu yang tinggi

dapat menurunkan efisiensi pembakaran karena mengurangi proporsi karbon yang dapat terbakar. Selain itu, tingginya kadar abu dapat menyebabkan terbentuknya kerak pada alat pembakaran sehingga menghambat perpindahan panas dan menurunkan efisiensi energi.

Oleh karena itu, kadar abu yang rendah lebih diinginkan dalam produksi biobriket karena dapat meningkatkan performa pembakaran dan mengurangi residu yang tersisa setelah penggunaan. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa pengendalian komposisi bahan baku dan jumlah perekat sangat penting untuk memperoleh kualitas biobriket yang optimal (Yasinta et al., 2025). Berdasarkan hasil analisis kadar abu, maka kadar abu pada penelitian ini belum sepenuhnya memenuhi standar SNI SNI (01-6235-2000) yaitu maksimal 10%. Kadar abu yang belum memenuhi SNI terdapat pada perlakuan A3B1, A3B2, A3B3.

Kuat Tekan

Kuat tekan pada biobriket diukur menggunakan *foce gauge*. *Foce gauge* umumnya digunakan untuk menungukur kekuatan atau kuat tekan dari suatu benda. Alat ini mempunyai cara kerja yaitu dengan meletakkan ujung alat pada sampel biobriket lalu menekannya hingga hancur. Angka hasil nilai kuat tekan akan keluar pada layar alat. nilai yang telah dihasilkan dicatat, hasil uji jarak berganda *duncan* dapat dilihat pada pada tabel 3.

Tabel 3. Analisis *duncan* rerata kuat tekan (kg/cm²)

Kulit Kopi: Cangkang Kelapa Sawit	Konsentersasi Perekat			Rerata A
	B1(5%)	B2(10%)	B3(15%)	
A1 (30:70)	20,50 ^a	27,90 ^d	24,8 ^g	24,40 ^k
A2 (50:50)	27,15 ^b	35,00 ^e	33,5 ^h	31,88 ^l
A3 (70:30)	42,00 ^c	36,5 ^f	28,00 ⁱ	35,45 ^m
Rerata B	29,84 ^x	33,13 ^y	28,77 ^z	

Keterangan : angka yang diikuti dengan notasi huruf yang berbeda pada setiap perlakuan menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikansi > 0,05.

Hasil uji lanjut Duncan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa seluruh kombinasi perlakuan menghasilkan nilai kuat tekan yang berbeda nyata. Nilai kuat tekan berkisar antara 20,50 hingga 41,86 kg/cm², dengan nilai terendah diperoleh pada perlakuan A1B1 dan nilai tertinggi pada perlakuan A3B1. Perbedaan notasi huruf pada hasil uji Duncan menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan berada pada kelompok yang berbeda, sehingga setiap kombinasi rasio kulit kopi, cangkang kelapa sawit, dan konsentrasi perekat memberikan respons yang berbeda terhadap kuat tekan biobriket. Hasil ini memperkuat analisis ragam (ANOVA) yang menunjukkan bahwa faktor rasio bahan baku, konsentrasi perekat, maupun interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata ($p < 0,05$). Dengan demikian, perubahan komposisi bahan penyusun terbukti mampu mengubah karakteristik mekanik biobriket secara signifikan. Menurut Kaliyan dan Morey (2009), variasi komposisi bahan baku merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kekuatan mekanik biobriket karena memengaruhi proses densifikasi dan pembentukan ikatan antarpartikel.

Berdasarkan rerata faktor A, terlihat adanya kecenderungan peningkatan kuat tekan seiring meningkatnya proporsi kulit kopi dalam campuran biomassa. Perlakuan A1 menghasilkan rerata kuat tekan sebesar 24,40 kg/cm², kemudian meningkat menjadi 31,88 kg/cm² pada A2, dan mencapai 35,45 kg/cm² pada A3. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan kulit kopi dalam proporsi yang lebih tinggi mampu menghasilkan struktur biobriket yang lebih kuat. Kondisi ini diduga disebabkan oleh ukuran partikel arang kulit kopi yang lebih halus sehingga mampu mengisi ruang kosong di antara partikel cangkang kelapa

sawit selama proses pencetakan. Akibatnya, luas kontak antarpartikel meningkat dan menghasilkan ikatan mekanik yang lebih baik. (Grover & Mishra, 1996) menjelaskan bahwa proses densifikasi biomassa akan menghasilkan biobriket yang lebih padat apabila distribusi ukuran partikel lebih homogen, sehingga kemampuan menahan beban tekan juga meningkat.

Apabila ditinjau dari pengaruh konsentrasi perekat, rerata kuat tekan meningkat dari 29,84 kg/cm² pada penggunaan perekat 5% menjadi 33,13 kg/cm² pada penggunaan perekat 10%, kemudian mengalami penurunan menjadi 28,77 kg/cm² pada penggunaan perekat 15%. Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi perekat 10% merupakan kondisi optimum untuk menghasilkan kuat tekan yang tinggi. Pada konsentrasi tersebut, perekat mampu mengisi rongga antarpartikel dan meningkatkan gaya adhesi sehingga ikatan antarpartikel menjadi lebih kuat. Sebaliknya, penambahan perekat hingga 15% menyebabkan penurunan kuat tekan karena jumlah perekat yang berlebihan dapat meningkatkan kadar air campuran dan meninggalkan pori-pori setelah proses pengeringan. Fenomena tersebut karena perekat harus berada pada konsentrasi optimum agar dapat meningkatkan kekuatan mekanik tanpa menurunkan densitas biobriket.

Perlakuan A3B1 menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 41,86 kg/cm² dan berbeda nyata dengan seluruh perlakuan lainnya. Tingginya nilai kuat tekan pada perlakuan tersebut menunjukkan bahwa kombinasi rasio kulit kopi:cangkang kelapa sawit sebesar 70:30 dengan perekat 5% mampu menghasilkan struktur biobriket yang paling kompak. Secara teoritis, kondisi tersebut terjadi karena jumlah perekat yang relatif sedikit masih mampu mengikat partikel arang secara efektif tanpa menutupi permukaan partikel karbon. Akibatnya, kontak langsung antarpartikel tetap tinggi sehingga gaya kohesi meningkat. Selain itu, kulit kopi yang telah dikarbonisasi memiliki struktur partikel yang lebih halus sehingga proses pemadatan berlangsung lebih sempurna. Semakin tinggi densitas biobriket maka semakin tinggi pula kuat tekan yang dihasilkan karena jumlah rongga di dalam struktur menjadi semakin sedikit.

Sebaliknya, perlakuan A1B1 menghasilkan kuat tekan terendah sebesar 20,50 kg/cm². Rendahnya nilai tersebut diduga disebabkan oleh dominasi cangkang kelapa sawit dalam campuran serta penggunaan perekat yang relatif rendah sehingga ikatan antarpartikel belum terbentuk secara optimal. Partikel yang kurang homogen menyebabkan terbentuknya rongga di dalam biobriket. Rongga tersebut menjadi titik awal terjadinya retakan ketika biobriket menerima beban tekan sehingga kekuatan mekaniknya menurun. Keberadaan pori yang tinggi akan menurunkan luas kontak antarpartikel dan menyebabkan distribusi tegangan menjadi tidak merata ketika material menerima gaya tekan. Ukuran partikel dan proses pemadatan merupakan faktor penting dalam meningkatkan kuat tekan biobriket.

Laju Pembakaran

Tabel 4. Hasil analisa uji duncan rerata laju pembakaran (gr/menit)

Kulit Kopi: Cangkang Kelapa Sawit	Konsentrasi Perekat			Rerata A
	B1(5%)	B2(10%)	B3(15%)	
A1 (30:70)	0,110 ^{bc}	0,107 ^a	0,103 ^a	0,107 ^k
A2 (50:50)	0,116 ^{cd}	0,109 ^{bc}	0,106 ^a	0,113 ^l
A3 (70:30)	0,123 ^d	0,113 ^c	0,108 ^{ab}	0,118 ^m
Rerata B	0,116 ^x	0,110 ^y	0,103 ^z	

Keterangan : angka yang diikuti dengan notasi huruf yang berbeda pada setiap perlakuan menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikansi > 0,05.

Hasil uji lanjut Duncan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa setiap kombinasi perlakuan menghasilkan rerata laju pembakaran yang berbeda. Nilai laju pembakaran berkisar antara 0,103–0,123 g/menit, dengan perlakuan A3B1 menghasilkan nilai tertinggi sebesar 0,123 g/menit, sedangkan perlakuan A1B3 menghasilkan nilai terendah sebesar 0,103 g/menit. Notasi huruf yang berbeda pada hasil uji Duncan menunjukkan adanya perbedaan nyata antarperlakuan pada taraf kepercayaan 95%. Hasil ini memperkuat analisis ragam (ANOVA) yang menunjukkan bahwa faktor rasio kulit kopi dan cangkang kelapa sawit, konsentrasi perekat, serta interaksi kedua faktor memberikan pengaruh nyata terhadap laju pembakaran (Sig. < 0,05). Dengan demikian, variasi komposisi bahan baku dan perekat terbukti mampu memengaruhi karakteristik pembakaran biobriket secara signifikan (Kebede et al., 2022).

Berdasarkan rerata faktor A, laju pembakaran meningkat seiring bertambahnya proporsi kulit kopi dalam campuran biomassa. Perlakuan A1 (30:70) memiliki rerata 0,107 g/menit, meningkat menjadi 0,113 g/menit pada A2 (50:50), dan mencapai 0,118 g/menit pada A3 (70:30). Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan kulit kopi dalam jumlah yang lebih besar menyebabkan biobriket lebih cepat terbakar. Secara teoritis, arang kulit kopi memiliki struktur yang lebih berpori sehingga mempermudah difusi oksigen ke dalam biobriket. Semakin mudah oksigen masuk ke dalam pori-pori bahan bakar, maka reaksi oksidasi karbon berlangsung lebih cepat dan laju pembakaran meningkat. Ramadhani et al., (2021) melaporkan bahwa karakteristik pori dan luas permukaan arang kulit kopi berperan penting dalam menentukan kecepatan pembakaran biomassa.

Pengaruh konsentrasi perekat juga terlihat jelas pada rerata faktor B. Penggunaan perekat 5% menghasilkan rerata laju pembakaran tertinggi sebesar 0,116 g/menit, sedangkan perekat 10% menghasilkan 0,110 g/menit, dan perekat 15% menghasilkan laju pembakaran terendah yaitu 0,103 g/menit. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi perekat menyebabkan pembakaran berlangsung lebih lambat. Hal ini disebabkan oleh perekat yang semakin banyak akan mengisi rongga antarpartikel sehingga struktur biobriket menjadi lebih rapat. Struktur yang lebih padat menghambat difusi oksigen menuju bagian dalam biobriket sehingga reaksi pembakaran berlangsung lebih lambat. Menurut Pratiwi et al. (2025), peningkatan konsentrasi perekat organik mampu meningkatkan densitas biobriket sehingga laju pembakarannya menurun.

Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa perlakuan A3B1 memiliki notasi huruf d, yang berarti berbeda nyata dengan sebagian besar perlakuan lainnya. Perlakuan ini menghasilkan laju pembakaran tertinggi yaitu 0,123 g/menit. Tingginya laju pembakaran pada perlakuan tersebut menunjukkan bahwa kombinasi rasio kulit kopi:cangkang kelapa sawit 70:30 dengan perekat 5% menghasilkan struktur biobriket yang lebih mudah terbakar. Jumlah perekat yang relatif sedikit menyebabkan pori-pori bahan bakar tidak tertutup secara berlebihan sehingga udara lebih mudah masuk ke dalam struktur biobriket. Selain itu, proporsi kulit kopi yang tinggi menghasilkan arang dengan luas permukaan lebih besar sehingga proses oksidasi berlangsung lebih cepat. Hasil ini sesuai dengan penelitian Moyo et al. (2023) yang menyatakan bahwa biobriket dengan porositas tinggi cenderung memiliki laju pembakaran lebih besar dibandingkan biobriket yang memiliki densitas tinggi.

Sebaliknya, perlakuan A1B3 memperoleh laju pembakaran 0,103 g/menit, sehingga menjadi perlakuan dengan laju pembakaran paling rendah. Rendahnya laju pembakaran menunjukkan bahwa biobriket membutuhkan waktu yang lebih lama untuk habis terbakar. Kondisi tersebut disebabkan oleh dominasi cangkang kelapa sawit sebesar 70% yang memiliki struktur karbon lebih padat, ditambah penggunaan perekat sebesar 15% yang meningkatkan kerapatan biobriket. Struktur yang lebih kompak menyebabkan suplai oksigen menuju bagian dalam biobriket menjadi terbatas sehingga proses pembakaran berlangsung

lebih lambat. Kebede et al. (2022) menyatakan bahwa peningkatan densitas biomassa akan memperlambat laju pembakaran karena hambatan difusi oksigen semakin besar.

Perubahan laju pembakaran pada penelitian ini dipengaruhi oleh keseimbangan antara porositas dan densitas biobriket. Biobriket yang memiliki porositas tinggi akan lebih mudah menyerap oksigen sehingga pembakaran berlangsung lebih cepat. Sebaliknya, peningkatan densitas akibat penambahan perekat menyebabkan udara sulit masuk ke dalam bahan bakar sehingga pembakaran menjadi lebih lambat. Basu (2018) menjelaskan bahwa laju pembakaran briket sangat dipengaruhi oleh perpindahan panas, difusi oksigen, serta luas permukaan karbon.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Ramadhani et al., (2021) yang menyebutkan bahwa peningkatan proporsi kulit kopi mampu meningkatkan laju pembakaran karena menghasilkan arang dengan porositas lebih tinggi. Selain itu, penelitian Wulandari et al., (2025) juga menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi perekat menyebabkan laju pembakaran menurun akibat meningkatnya kadar abu biobriket. Hasil tersebut menunjukkan bahwa karakteristik pembakaran biobriket sangat dipengaruhi oleh sifat fisik bahan baku dan jumlah perekat yang digunakan selama proses pencetakan.

Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan A1B3 menghasilkan laju pembakaran paling rendah (0,103 g/menit) sehingga memiliki waktu pembakaran yang lebih lama, sedangkan perlakuan A3B1 menghasilkan laju pembakaran tertinggi (0,123 g/menit) sehingga lebih cepat habis terbakar. Temuan ini menunjukkan bahwa variasi rasio kulit kopi dan cangkang kelapa sawit serta konsentrasi perekat kertas merupakan faktor penting dalam mempengaruhi karakteristik pembakaran biobriket.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan Hasil penelitian tentang pengaruh variasi konsentrasi kulit kopi dan cangkang kelapa sawit serta konsentrasi perekat maka dapat disimpulkan;

1. Rasio campuran kulit kopi dan cangkang kelapa sawit berpengaruh terhadap kadar air, kuat tekan, kadar abu dan laju pembakaran. Semakin tinggi rasio campuran kulit kopi berpengaruh terhadap kadar abu, kadar air, laju pembakaran dan kuat tekan
2. Konsentrasi perekat bubuk kertas berpengaruh nyata terhadap karakteristik biobriket. Peningkatan konsentrasi perekat bubuk kertas pada biobriket akan meningkatkan kadar abu, meningkatkan kadar air, menurunkan laju pembakaran dan meningkatkan kuat tekan.
3. Kombinasi rasio dan konsentrasi perekat 50 (kulit kopi): 50 (cangkang kelapa sawit) dengan perekat 15% menghasilkan karakteristik briket yang paling terbaik. Perlakuan ini menghasilkan kadar air 3,545%, kadar abu terendah 9,55%, laju pembakaran 0,106 gr/menit, dan kuat tekan 35,50 kg/cm². Perlakuan sudah memenuhi standar SNI pada kadar air dan kadar abu.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh variasi rasio kulit kopi dan cangkang kelapa sawit serta konsentrasi perekat. Ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya adalah disarankan menggunakan perekat bubuk kertas 5% karena menghasilkan kadar air dan kadar abu paling rendah

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilliani, F., Triastuti, D., Suciati, F., Agroindustri, J., Subang, N., Subang, I., & Korespondensi, P. (2023). Pengaruh Komposisi Ampas Kopi dan Cascara Terhadap Karakteristik Biobriket The Effect of Cascara and Coffee Ground Composition on Biobriquettes Characteristic. *Agroteknika*, 6(2), 289–299. <mailto:https://doi.org/https://doi.org/10.55043/agroteknika.v6i2.232>
- Ayunina, Q. O. M., Gabriel, A. A., Hidayatulloh, S. (2020). Karakteristik Briket dari Limbah Potongan Kayu dengan Pulp Limbah Kertas sebagai Pengikat. *Web of Conferences*, 190, 1-8.. <mailto:https://doi.org/https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019000030>
- Budiawan, L., Susilo, B., & Hendrawan, Y. (2014). Preparation and characterization of bio charcoal briquettes from sawdust and coffee shell with variation of composition coffee shell. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 2(2), 152–160. mailto:https://www.studypool.com/documents/6585055/pembuatan-dan-karakterisasi-briket-bioarang-dengan-variati-komposisi-kulit-kopi?utm_source=chatgpt.com
- Fikri M, Ade, S., & zaenudin M. (2023). Analisis Perbandingan Komposisi Biobriket Berbahan Baku Tempurung Kelapa Dan Kayu Rambutan Dengan Perekat Pati Kanji Dan Molase. *Jurnal Cranksaft*, Vol. 6(3), 59–67. <mailto:https://doi.org/10.24176/crankshaft.v6i3.11451h>
- Grover, P. D., & Mishra, S. K. (1996). *Regional Wood Energy Development Programme in Asia Gcp / Ras / 154 / Net Biomass Briquetting : Technology and Practices* (Issue 46). Food And Agriculture Organization Of The United Nations. mailto:https://doi.org/https://drive.google.com/file/d/10ZDmAOI4ARFG4hAPIYt6uf2a3Jbll7v/view?usp=drive_link
- Harimurti, D., Hariyadi, H., & Noor, E. (2021). Pengurangan emisi gas rumah kaca pada perkebunan kelapa sawit dengan pendekatan life cycle assessment. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 11(1), 1–9. <mailto:https://doi.org/10.29244/jpsl.11.1.1-9>
- Hidayat, R., Dwityaningsih, R., & Haarjanto, T. R. (2022). Production Briquette from the Wood Powder and Dry Teak Leaf Using Molasses as Binder. *Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan*, 6(2), 14–19. <mailto:https://doi.org/10.21776/ub.rbaet.2022.006.02.03>
- Junianti, F., Diana, S., Ramdhani, A., Lestari, R. I., Pradana, I., Assagaf, A., & Ranggina, D. (2024). Pembuatan Briket dengan Variasi Ukuran Partikel Cangkang Kelapa Sawit (CKS) dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). *Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*, 6, 169–179. mailto:https://doi.org/https://drive.google.com/file/d/19-zSFx2hq6JqwNJAXBTT8w-r1dqNLW5m/view?usp=drive_link
- Ramadhani, S. F., Utama, M. J., & Ariani, A. (2021). Pembuatan Biobriket Dari Limbah Kopi Dan Sekam Padi Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), 210–217. <mailto:https://doi.org/10.33795/distilat.v7i2.224>
- Utari, A., Sukmawaty, & Amuddin. (2024). Analisa Kuat Tekan Sabut kelapa (cocos nucifera L) Dengan Perekat Kertas Bekas. *Jurnal Program Studi Teknik Pertanian Di Fakultas Teknologi Pangan Dan Agroindustri, Universitas Mataram*, 9(3), 235–240. <mailto:https://doi.org/https://journal.unram.ac.id/index.php/agent>
- Wulandari, S., Fernandez, R., Yuwita, F., & Sidik, G. (2025). Analisis Briket Arang Kulit Kopi Robusta dengan Variasi Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Agroteknika*, 8(2), 263–275. <mailto:https://doi.org/https://doi.org/10.55043/agroteknika.v8i2.511>
- Yasinta, F., Zahra, S. A., Budiastuti, H., & Taufiqurohim, T. (2025). Pengaruh Variasi Komposisi Dan Ukuran Partikel Terhadap Kualitas Briket Tempurung Kelapa Dan Cangkang Kemiri. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 5(05), 837–852. <mailto:https://doi.org/10.29103/cejs.v5i05.22969>