

Utilization of Industrial Waste for the Production of Environmentally Friendly Briquettes as a Solution to Supporting the Green Industry

Pemanfaatan Limbah Industri untuk Produksi Briket Ramah Lingkungan sebagai Solusi Mendukung Industri Hijau

Muhammad Irwan^{1*}, Boy Chandra Sitanggang²,

¹Program Studi Teknik Perawatan Mesin, Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng, Indonesia

²Program Studi Analisis Kimia, Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng, Indonesia

*e-Mail Corresponding Author: muh.irwan@akom.bantaeng.ac.id

ABSTRACT

The food and beverage industry in Indonesia generates solid waste such as tea residues, Fly Ash and Bottom Ash (FABA) from palm kernel shells, wood pallet sawdust, and cardboard, which pose a risk of environmental pollution. Utilizing this waste as briquettes offers an innovative solution to reduce pollution while supporting the Green Industry program launched by the Indonesian Ministry of Industry. Briquettes, as solid fuel made from organic materials, can replace coal, reduce carbon emissions, and provide environmental benefits. This study aims to develop methods for utilizing industrial waste to produce eco-friendly briquettes. Quality tests include measuring moisture content, ash content, volatile matter, and calorific value. The results indicate that tea residues and pallet sawdust have high calorific values of 5049.63 Kcal/Kg and 5053.71 Kcal/Kg, respectively, comparable to coal. Tea residues exhibit a high volatile matter content (43.80%) for efficient combustion, while pallet sawdust shows low ash content, improving efficiency. FABA is used as a filler material with a calorific value of 3648.81 Kcal/Kg and a volatile matter content of 85.43%, supporting combustion and increasing briquette mass. The combination of these materials produces environmentally friendly briquettes with competitive combustion performance. These waste-based briquettes hold great potential for application in the food and beverage industry, promoting sustainable waste management and achieving green industry targets.

Keywords: *Briquettes, Green Industry, Waste Utilization*

ABSTRAK

Industri makanan dan minuman di Indonesia menghasilkan limbah padat seperti ampas teh, *Fly Ash and Bottom Ash* (FABA) dari cangkang sawit, serbuk kayu pallet, dan kardus, yang berpotensi mencemari lingkungan. Pemanfaatan limbah ini sebagai briket menjadi solusi inovatif untuk mengurangi pencemaran sekaligus mendukung program Industri Hijau Kementerian Perindustrian RI. Briket, bahan bakar padat dari bahan organik, mampu menggantikan batubara, mengurangi emisi karbon, dan memberikan manfaat lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan metode pemanfaatan limbah industri untuk briket ramah lingkungan. Pengujian kualitas meliputi kadar air, abu, *volatile matter*, dan nilai kalori. Hasilnya menunjukkan ampas teh dan serbuk pallet memiliki nilai kalori tinggi, masing-masing 5.049,63 Kcal/Kg dan 5.053,71 Kcal/Kg, sebanding batubara. Ampas teh memiliki *volatile matter* tinggi (43,80%) untuk pembakaran efisien, sedangkan serbuk pallet memiliki kadar abu rendah, meningkatkan efisiensi. FABA digunakan sebagai bahan pengisi dengan nilai kalori 3.648,81 Kcal/Kg.

Irwan, M. dan Sitanggang, B.C.

Program Studi Teknik perawatan Mesin, Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng, Indonesia

muh.irwan@akom-bantaeng.ac.id

Article History

Submitted: 29 Des 2024

In Reviewed: 05 Feb 2025

Accepted: 07 Feb 2025

Published: 27 Feb 2025

dan volatile matter 85,43%, mendukung pembakaran dan menambah massa briket. Kombinasi bahan ini menghasilkan briket ramah lingkungan dengan nilai pembakaran kompetitif. Briket limbah ini berpotensi diterapkan pada industri makanan dan minuman, mendukung pengelolaan limbah berkelanjutan serta pencapaian target industri hijau.

Kata kunci: *Briket, Industri Hijau, Pemanfaatan limbah*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Indonesia berjalan cukup pesat sehingga memberikan dampak signifikan bagi perkembangan perekonomian negara melalui penyerapan tenaga kerja, mengurangi pengangguran, dan menambah pemasukan pajak bagi negara (Tyo, 2022), salah satunya adalah industri makanan dan minuman.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengemukakan hasil penelitian pembuatan briket arang dari campuran kayu, bambu, sabut kelapa. Briket arang yang dihasilkan pada umumnya dapat menghasilkan sifat fisis dan kimia yang lebih baik jika dibandingkan dengan kualitas bahan bakunya, kadar air berkisar antara 2,59-9,31%, kadar abu 1,75-10,47%, kadar zat menguap 13,45-19,89%, kadar karbon terikat 67,17-75,75%, kerapatan 0,32-0,71 g/cm³, nilai kalor bakar berkisar antara 5.953-6.906 kJ/g (Hendra, 2007).

Penelitian yang lain dalam membuat briket arang dari abu tandang kosong kelapa sawit. Hasil menunjukkan bahwa kadar air yang diperoleh antara 6.6-8.4%, kadar abu antara 6-16%, sedangkan nilai kalor dengan perekat berbeda pada perekat tepung kanji diperoleh nilai kalor 5.971 kJ/g dan pada perekat air tebu diperoleh nilai kalor 5.391 kJ/g (Kurniawan, Nurma, & Jalaluddin, 2020).

Penelitian tentang pengaruh sabut kelapa dan cangkang telur pada briket berbahan dasar abu ketel didapatkan nilai kalor tertinggi terdapat pada variasi briket dengan campuran yaitu 75% abu ketel dan 25% sabut kelapa dengan nilai kalor rata-rata 2153,33 kJ/gr. Sedangkan nilai kalor rata-rata terendah terdapat pada campuran 65% abu ketel dan 45% cangkang telur, yaitu 1053,6 kJ/gr (Ike Mutiara, Henggar Risa Destania, 2023).

Industri pengolahan makanan dan minuman menghasilkan limbah yang cukup besar dan beragam, seperti Fly ash, Bottom Ash, sludge, serbuk kayu pallet, ampas teh, plastik reject, dan kardus. Limbah-limbah ini seringkali menjadi beban bagi industri dan lingkungan, karena berpotensi mencemari tanah, air, dan udara.

Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Perindustrian telah meluncurkan program industri hijau yang bertujuan untuk mendorong industri agar lebih ramah lingkungan. Salah satu fokus program ini adalah pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan (KPRI, 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode pemanfaatan limbah industri pengolahan makanan dan minuman tertentu, seperti ampas teh, serbuk kayu pallet, dan Fly Ash dan bottom Ash (FABA), sebagai bahan baku pembuatan briket. Briket yang dihasilkan diharapkan dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan untuk mendukung program industri hijau Kementerian Perindustrian.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tempat dan waktu penelitian

Waktu penelitian pengumpulan bahan sampai dengan pengujian spesimen dilakukan pada bulan Juni sampai dengan November 2024. Pembuatan spesimen dilakukan di workshop Teknik Perawatan Mesin Akademi Komunitas Manufaktur Bantaeng. Pengujian spesimen dilakukan di laboratorium BBIHPMM (Balai Besar

Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Hasil Perkebunan, Mineral, Logam dan Maritim).

2.2 Analisa data

Analisa data dilakukan untuk mengetahui perbedaan kadar air, kadar abu, kadar zat terbang dan nilai kalor briket. Kadar air, kadar abu, kadar zat terbang dan nilai kalor briket pada spesimen akan ditampilkan dalam bentuk diagram perbandingan sehingga dapat mengetahui perbandingan kadar air, kadar abu, kadar zat terbang dan nilai kalor briket.

2.3 Kualitas Briket

Briket yang memiliki kualitas baik tentu akan disenangi penggunaanya, karena akan dapat dimanfaatkan dengan lebih maksimal dan lebih menghemat pengeluaran. Kualitas briket ditentukan dengan analisa analisis *proximate* dan analisis *ultimate* (Subagyo et al., 2022).

a. Analisis *proximate*

Analisis *proximate* adalah analisa yang paling sederhana yaitu dengan memanaskan bahan bakar padat dengan memperhitungkan hasil-hasil pemanasan. Analisa ini memberikan data persen berat terhadap bahan bakar padat berdasarkan atas sifat komponen yang mudah menguap (*volatile matter*) dan tidak mudah membentuk gas (*non-volatile matter*). Pada analisis *proximate*, parameter yang digunakan adalah:

1. Kadar air (*moisture*)

Kadar air sangat mempengaruhi kualitas bahan bakar padat. Kadar air pada bahan bakar padat diharapkan serendah mungkin sehingga mudah dalam penyalaan awal dan menghasilkan nilai kalor yang tinggi. Kadar air yang tinggi menyulitkan penyalaan dan mengurangi temperatur pembakaran. Hal ini disebabkan energi yang dihasilkan akan banyak terserap untuk menguapkan air. Berdasarkan SNI-01-6235-2000, kadar air dapat dihitung dengan persamaan (BSN, 2000):

$$Kadar\ Air = \frac{W-B}{W} 100\% \quad (1)$$

Dimana :

- W = berat mula-mula (gr)
B = Berat setelah dikeringkan (gr)

2. Kadar abu

Abu merupakan mineral yang terkandung dalam bahan bakar padat dan merupakan bahan yang tidak dapat terbakar setelah proses pembakaran. Unsur utama abu adalah mineral silika dan pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor yang dihasilkan, sehingga semakin tinggi kadar abu maka kualitasnya semakin rendah dan nilai kalornya menurun (Subagyo et al., 2022). Berdasarkan SNI 13-1477-1994, kadar abu dapat dihitung dengan persamaan (Nasarudin & Ghofur, 2019):

$$\text{Kadar Abu, \%} = \frac{F}{W} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana:

F = berat abu (gram)
W = berat mula-mula (gram)

3. Kadar zat terbang

Zat terbang terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar seperti hidrogen, karbon monoksida (CO), dan metana (CH₄), tetapi kadang-kadang terdapat juga gas-gas yang tidak terbakar seperti CO₂ dan H₂O. *Volatile matter* merupakan bagian dari bahan bakar padat dimana akan berubah menjadi *volatile matter* (produk) bila bahan bakar padat tersebut dipanaskan tanpa udara pada suhu lebih kurang 950°C. Untuk kadar *volatile matter* ± 40% pada pembakaran akan memperoleh nyala yang panjang dan akan memberikan asap yang banyak. Sedangkan untuk kadar *volatile matter* rendah antara 15% - 25% lebih disenangi dalam penggunaannya, karena asap yang dihasilkan sedikit (Subagyo et al., 2022). Berdasarkan SNI 13-1477-1994, kadar zat-zat terbang (*volatile matter*) dapat dihitung dengan persamaan (Nasarudin & Ghofur, 2019):

$$\text{Kadar Zat Terbang} = \frac{W-B}{W} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana:

B = berat setelah dikeringkan (gram)
W = berat mula-mula (gram)

4. Kadar karbon terikat (*fixed carbon*)

Kadar karbon terikat (*fixed carbon*) merupakan kandungan karbon tetap yang terdapat pada bahan bakar padat yang berupa arang (char). Kandungan karbon terikat bukan merupakan karbon murni, karena masih mengandung Si, Al, Fe, Ti, Mg, dan lain-lain (Subagyo et al., 2022). Kadar karbon terikat dapat dihitung dengan persamaan (Wardana, 2008):

$$\text{Kadar karbon terikat} = 100 - (M + V + A) (\%) \quad (4)$$

5. Nilai kalor

Nilai kalor adalah pembakaran sempurna dari jenis bahan bakar seperti bahan bakar padat, cair dan gas. Nilai kalor briket diukur dengan menggunakan alat bomb calorimeter dan dihitung berdasarkan persamaan:

$$\text{Nilai Kalor} = ((EE \times \Delta T)) \quad (5)$$

(berat bahan) -(acid)-(fulse)

Dimana:

- EE = 2408,267 (kal/g)
 ΔT = selisih suhu akhir dan suhu awal ($^{\circ}\text{C}$)
 Acid = sisa abu (kal/g)
 Fulse = panjang sisa kawat (cm)

b. Analisis Ultimate

Analisis *ultimate* memberikan informasi berupa persentase berat unsur karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, dan abu. Persentase karbon (C) diperoleh dengan membakar 0,2 g sampel bahan bakar dan hasil pembakarannya yang berupa CO_2 diserap oleh potassium hidroksida (NaOH). Sedangkan hasil pembakarannya yang berupa uap air diserap oleh kalium klorida (KCl) dan ditimbang beratnya sebagai berat moisture sehingga diperoleh kadar hidrogennya (H). Persentase abu diperoleh dari berat batu bara yang terbakar sebagai abu. Prosentase nitrogen (N_2) diperoleh dengan Metode Kjedhal. Caranya satu gram sampel bahan bakar dipanaskan pada suatu gelas reaksi. Kemudian ditambahkan senyawa potassium sulfat anhidrat untuk meningkatkan reaksi kimia dan bubuk selenium sebagai katalis sehingga nitrogen yang terdapat pada bahan bakar bereaksi menjadi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_2$. Selanjutnya ditambahkan air sehingga $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_2$ terdekomposisi menjadi ammonia yang akan menyerap asam pada senyawa tersebut sehingga berat nitrogen dapat diukur. Untuk pengukuran berat sulfur, prosesnya hampir sama dengan pengukuran berat nitrogen tetapi senyawa yang digunakan adalah sulfur piretik dan kalsium sulfat (Subagyo et al., 2022).

$$\text{O}_2 = 100 - (\text{jumlah prosentase C, H, N}_2, \text{ dan abu}) \text{ (Wardana, 2008)}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah analisis berdasarkan data kadar abu, kadar air, dan *volatile matter* dari tiga sampel yang diuji: Ampas Teh, Serbuk Pallet, dan FABA (Fly Ash Bottom Ash).

Tabel 1. Hasil pengujian bahan baku

Sampel	Kadar Abu (%)	Kadar Air (%)	Volatile Meter (%)
Ampas The	13,70	11,76	36,30
Serbuk Pallet	5,77	18,16	23,77
FABA	91,53	0,58	4,00

3.1 Kadar Abu (%)

1. Ampas Teh

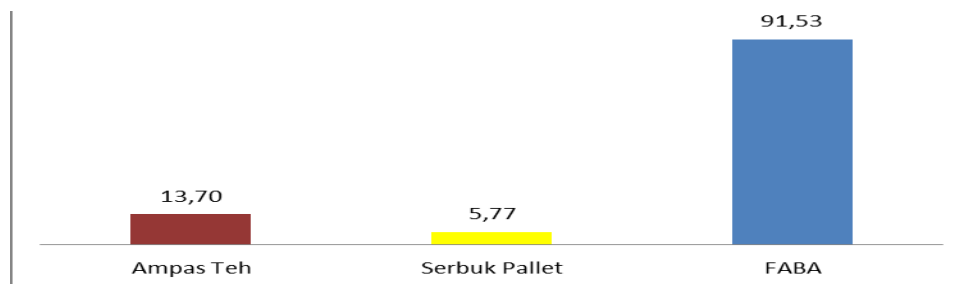
Ampas teh memiliki kadar abu yang relatif sedang sebesar 13,70%. Kadar abu menunjukkan jumlah residu mineral atau zat anorganik setelah pembakaran, sehingga kadar abu ini cukup wajar untuk ampas yang berasal dari tumbuhan.

2. Serbuk Pallet

Kadar abu serbuk pallet lebih rendah dibandingkan ampas teh yaitu 5,77%, menunjukkan bahwa serbuk pallet memiliki lebih sedikit residu anorganik. Biasanya ini berarti lebih banyak kandungan organik yang mudah terbakar, sehingga berpotensi untuk pembakaran yang lebih bersih.

3. FABA

FABA memiliki kadar abu yang sangat tinggi sebesar 91,53%, yang khas untuk bahan seperti *fly ash* atau *bottom ash* dari proses pembakaran. Ini menunjukkan bahwa FABA hampir seluruhnya tersusun dari zat anorganik.



Gambar 1. Perbandingan kadar abu bahan baku

Dari segi kadar abu, FABA mendominasi, yang menunjukkan bahwa residu dari pembakaran ini kaya akan mineral dan bukan bahan yang mudah terbakar. Ampas Teh dan Serbuk Pallet memiliki lebih banyak kandungan organik yang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan bakar atau kompos.

3.2 Kadar Air (%)

1. Ampas Teh

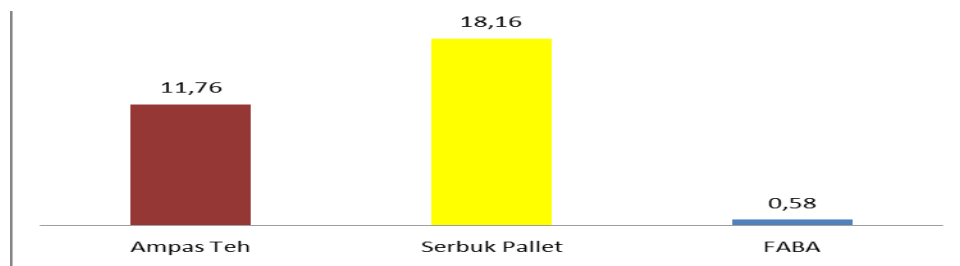
Ampas teh memiliki kadar air yang moderat sebesar 11,76%, menunjukkan tingkat kelembaban sedang. Kadar air ini mungkin masih mempengaruhi kinerja ampas teh jika digunakan sebagai bahan bakar, karena sebagian energi akan digunakan untuk menguapkan air.

2. Serbuk Pallet

Serbuk pallet memiliki kadar air tertinggi di antara ketiga sampel yaitu 18,16%, yang menunjukkan tingkat kelembaban yang cukup tinggi. Ini dapat mengurangi efisiensi pembakaran karena sebagian besar energi akan digunakan untuk pengeringan.

3. FABA

FABA hampir tidak mengandung air dengan nilai kadar air 0,58%, karena bahan ini merupakan hasil pembakaran dan biasanya kering. Kadar air yang rendah membuatnya tidak cocok sebagai bahan bakar tetapi lebih baik untuk digunakan sebagai bahan pengisi atau konstruksi.



Gambar 2. Perbandingan kadar air bahan baku

Serbuk Pallet memiliki kelembaban yang paling tinggi, yang akan mempengaruhi kinerjanya jika digunakan sebagai bahan bakar. Ampas teh berada di tengah, dan FABA memiliki kadar air yang sangat rendah karena sudah melalui proses pembakaran.

3.3 Volatile Matter (%)

1. Ampas Teh

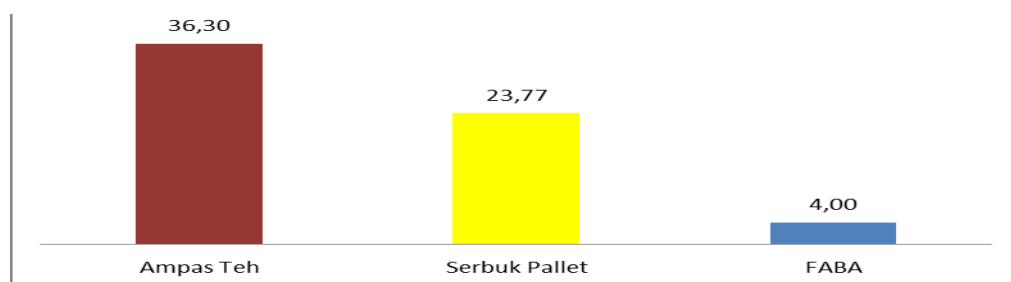
Kandungan *volatile matter* ampas teh cukup tinggi yaitu 36,30%, yang menunjukkan bahwa ampas teh memiliki komponen mudah terbakar yang cukup besar. Ini dapat meningkatkan potensi penggunaan ampas teh sebagai bahan bakar.

2. Serbuk Pallet

Serbuk pallet memiliki kandungan *volatile matter* sebesar 23,77% yang lebih rendah dibandingkan ampas teh, tetapi masih cukup tinggi untuk memberikan potensi sebagai bahan bakar.

3. FABA

Kandungan *volatile matter* FABA yang sangat rendah sebesar 4% menunjukkan bahwa sebagian besar komponen mudah terbakar telah hilang dalam proses pembakaran sebelumnya, sehingga tidak cocok untuk digunakan sebagai bahan bakar.



Gambar 3. Perbandingan *Volatile matter* bahan baku

Ampas teh memiliki kandungan *volatile matter* tertinggi, menunjukkan bahwa bahan ini paling mudah terbakar di antara ketiga sampel. Serbuk pallet masih memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan bakar tetapi dengan efisiensi yang lebih rendah. FABA, di sisi lain, memiliki kandungan *volatile matter* yang rendah dan lebih cocok digunakan sebagai bahan tambahan untuk campuran beton atau material konstruksi lainnya.

Serbuk ampas teh merupakan bahan potensial untuk digunakan sebagai bahan bakar karena kadar *volatile matter* yang tinggi dan kadar abu yang tidak terlalu tinggi. Dan bahan serbuk pallet dapat digunakan sebagai bahan bakar, tetapi kadar air yang tinggi akan mempengaruhi efisiensi energi. Kadar abu yang rendah menjadi keunggulan jika dibandingkan dengan ampas teh. Sedangkan limbah FABA tidak cocok untuk bahan bakar karena kadar abu yang sangat tinggi dan *volatile matter* yang rendah, namun dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi dalam industri konstruksi.

3.4 Hasil Pengujian Briket

Berikut adalah analisis hasil pengujian kadar abu dari sampel briket berbahan Ampas Teh, Serbuk Pallet, dan FABA:

Tabel 2 Hasil pengujian briket

Sampel	Kadar Abu (%)	Kadar Air (%)	Volatile Meter (%)	Kalori (Kg/Cal)
Ampas Teh	12,97	8,18	43,80	5.049,63
Serbuk Pallet	6,55	38,99	8,85	5.053,71
FABA	7,6	1,29	85,43	3.648,81

3.4.1 Analisis Kadar Abu (%)

1. Ampas Teh

Kadar abu pada briket ampas teh sebesar 12,97% menunjukkan jumlah residu mineral atau zat anorganik setelah pembakaran yang cukup tinggi. Kandungan abu yang relatif tinggi dapat mempengaruhi efisiensi pembakaran karena akan menghasilkan residu lebih banyak setelah proses pembakaran. Ini mengindikasikan bahwa meskipun briket dari ampas teh bisa menghasilkan panas, residu yang ditinggalkan mungkin akan lebih banyak dibandingkan dengan briket berbahan lain.

Ampas teh berpotensi sebagai bahan bakar briket, tetapi menghasilkan lebih banyak abu, sehingga memerlukan lebih banyak pembersihan residu.

2. Serbuk Pallet

Briket dari serbuk pallet memiliki kadar abu yang paling rendah di antara ketiga sampel, yaitu 6,55%. Kadar abu yang rendah menunjukkan bahwa briket ini memiliki lebih sedikit kandungan mineral anorganik, yang merupakan ciri khas bahan bakar yang lebih bersih. Briket dengan kadar abu rendah cenderung menghasilkan residu lebih sedikit, sehingga meningkatkan efisiensi pembakaran dan menghasilkan energi yang lebih optimal.

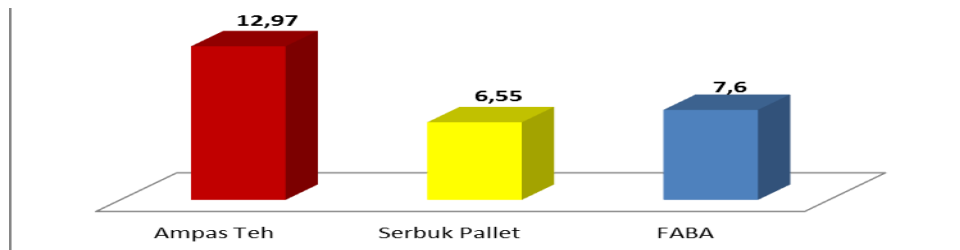
Serbuk Pallet memiliki potensi yang sangat baik sebagai bahan bakar briket dengan karakteristik pembakaran yang bersih dan sedikit residu

3. FABA

Briket dari FABA memiliki kadar abu sebesar 7,6%, yang berada di antara kadar abu ampas teh dan serbuk pallet. FABA biasanya memiliki kadar abu yang cukup tinggi karena merupakan produk sisa pembakaran. Namun, kadar abu 7,6% ini tergolong rendah untuk standar FABA, sehingga briket FABA masih dapat digunakan sebagai

bahan bakar meskipun residunya tetap lebih tinggi dibandingkan dengan briket serbuk pallet.

FABA berpotensi sebagai bahan campuran dalam briket, tetapi kadar abu yang cukup tinggi akan menghasilkan lebih banyak residu yang mungkin tidak ideal untuk bahan bakar efisien.



Gambar 4. Hasil pengujian kadar abu briket

Serbuk pallet adalah bahan yang paling ideal untuk briket dalam hal efisiensi pembakaran karena kadar abu yang paling rendah, yang berarti residu sisa pembakarannya juga paling sedikit. Untuk ampas teh dapat digunakan sebagai briket dengan efisiensi yang moderat, namun kadar abunya lebih tinggi, yang mungkin memerlukan perhatian lebih dalam pembersihan residu setelah pembakaran. Sedangkan FABA meski memiliki kadar abu lebih rendah dari ampas teh, tetap akan menghasilkan residu yang lebih banyak dibandingkan serbuk pallet. FABA mungkin lebih sesuai sebagai campuran daripada bahan bakar utama karena kandungan mineral anorganik yang cukup tinggi.

Jika penggunaan khusus atau tujuan tertentu diperlukan untuk masing-masing bahan bakar, briket bisa dicampur atau disesuaikan kandungan bahan untuk mendapatkan efisiensi optimal sesuai kebutuhan pembakaran.

3.4.2 Analisis Kadar Air (%)

1. Ampas Teh

Kadar air pada briket ampas teh adalah 8,18%, yang tergolong rendah hingga sedang. Kadar air yang rendah ini menunjukkan bahwa ampas teh tidak menyerap terlalu banyak kelembaban. Kadar air yang tidak terlalu tinggi ini mendukung proses pembakaran yang lebih efisien karena energi yang hilang untuk penguapan air lebih sedikit. Briket berbahan ampas teh ini berpotensi untuk pembakaran yang stabil dan relatif cepat.

Ampas teh memiliki kadar air yang sesuai untuk digunakan sebagai bahan bakar briket karena kelembabannya yang tidak terlalu tinggi, yang dapat mendukung pembakaran yang baik.

2. Serbuk Pallet

Serbuk pallet memiliki kadar air yang sangat tinggi, yaitu 38,99%. Tingkat kelembaban ini cukup tinggi untuk bahan bakar, dan akan berdampak negatif pada efisiensi pembakaran. Dengan kadar air yang tinggi, sebagian besar energi akan terbuang untuk menguapkan air, mengurangi jumlah panas yang dihasilkan. Hal ini

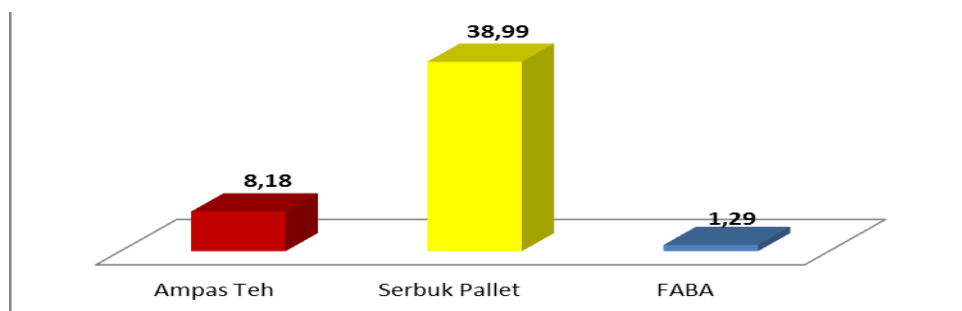
membuat serbuk pallet kurang efisien sebagai bahan bakar dalam keadaan ini, kecuali jika kadar airnya dapat dikurangi melalui proses pengeringan sebelum pembakaran.

Serbuk pallet kurang ideal sebagai bahan bakar briket dalam kondisi dengan kadar air tinggi. Proses pengeringan tambahan mungkin diperlukan untuk meningkatkan efisiensi pembakaran.

3. FABA

FABA memiliki kadar air yang sangat rendah, yaitu 1,29%. Kandungan air yang rendah ini karena FABA adalah residu pembakaran, sehingga sebagian besar kandungan airnya sudah menguap selama proses pembakaran awal. Kadar air yang sangat rendah ini membuat FABA cocok digunakan sebagai bahan campuran atau filler dalam pembuatan briket tanpa banyak mempengaruhi proses pembakaran. Meskipun kadar airnya rendah, perlu diingat bahwa FABA tidak menghasilkan banyak panas karena residunya mengandung sedikit komponen mudah terbakar.

FABA dengan kadar air rendah cocok untuk dicampur dalam briket, tetapi perannya lebih sebagai bahan pengisi daripada bahan utama yang menghasilkan panas.



Gambar 5. Hasil pengujian kadar air briket

Ampas teh memiliki kadar air yang ideal untuk bahan bakar briket. Kelembaban yang cukup rendah memungkinkan pembakaran yang efektif tanpa memerlukan banyak energi untuk pengeringan. Serbuk pallet memiliki kadar air yang sangat tinggi dan kurang efisien untuk bahan bakar dalam kondisi ini. Jika ingin digunakan sebagai bahan bakar, disarankan untuk mengeringkan serbuk pallet terlebih dahulu. Sedangkan FABA memiliki kadar air yang rendah, tetapi karena ini adalah residu pembakaran, sebaiknya digunakan sebagai bahan campuran untuk meningkatkan massa briket tanpa banyak memengaruhi proses pembakaran utama.

Jika diperlukan, proses pengeringan tambahan pada serbuk pallet dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi briket secara keseluruhan, terutama bila tujuan utamanya adalah menghasilkan bahan bakar dengan performa pembakaran yang optimal.

3.4.3 Analisis Volatile Matter (%)

1. Ampas Teh

Kandungan *volatile matter* yang tinggi pada ampas teh sebesar 43,80% menunjukkan bahwa bahan ini memiliki banyak komponen organik yang mudah menguap dan terbakar. Hal ini membuat ampas teh sangat cocok sebagai bahan bakar

karena tingginya komponen yang mudah terbakar, yang menghasilkan panas saat dibakar. Tingginya *volatile matter* berarti bahwa briket dari ampas teh cenderung mudah terbakar dan dapat menghasilkan api yang stabil dan panas dalam waktu yang relatif singkat.

Ampas teh sangat potensial untuk dijadikan bahan bakar briket karena kandungan *volatile matter* yang tinggi, yang memberikan performa pembakaran yang baik.

2. Serbuk Pallet

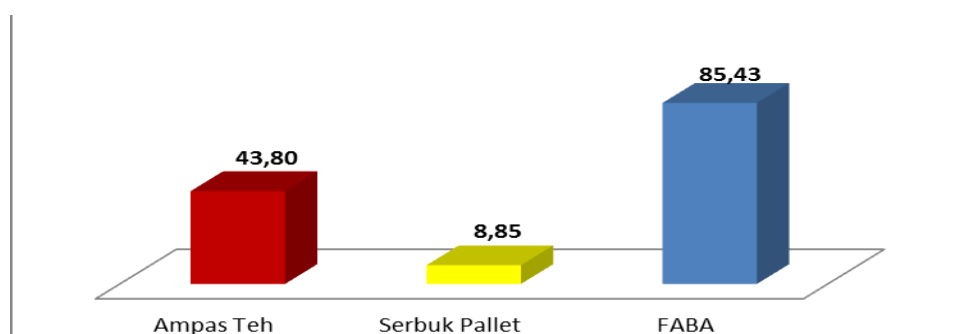
Kandungan *volatile matter* yang cukup rendah pada serbuk pallet sebesar 8,85% menunjukkan bahwa bahan ini memiliki lebih sedikit komponen organik yang mudah terbakar. *Volatile matter* yang rendah ini akan mengurangi efisiensi pembakaran dan membuat briket membutuhkan lebih banyak panas awal untuk memulai proses pembakaran. Dengan kadar *volatile matter* yang rendah, pembakaran serbuk pallet akan menghasilkan energi yang lebih sedikit dan mungkin membutuhkan penambahan bahan bakar pendukung untuk menjaga api tetap menyala.

Serbuk Pallet kurang ideal sebagai bahan bakar mandiri karena kandungan *volatile matter* yang rendah. Namun, bisa digunakan sebagai bahan campuran untuk menambah massa briket.

3. FABA

FABA memiliki kandungan *volatile matter* yang sangat tinggi sebesar 85,43%, yang mengejutkan mengingat FABA biasanya dianggap sebagai sisa dari pembakaran (residu). Kandungan tinggi ini bisa berasal dari sisa bahan organik yang tidak terbakar sempurna, terutama jika FABA berasal dari pembakaran yang tidak efisien. Dengan kandungan *volatile matter* yang sangat tinggi, FABA bisa menghasilkan panas dalam jumlah besar saat terbakar, meskipun tetap perlu diuji stabilitasnya sebagai bahan bakar mandiri.

FABA dengan kandungan *volatile matter* tinggi ini berpotensi menjadi bahan bakar, tetapi mungkin tidak stabil. Jika digunakan sebagai bahan briket, FABA bisa dicampur dengan bahan lain untuk mengendalikan pembakaran.



Gambar 6. Hasil pengujian *Volatile matter* briket

Ampas teh adalah pilihan yang ideal untuk bahan bakar briket karena kandungan *volatile matter* yang tinggi dan konsisten, yang memungkinkan pembakaran yang efisien dan berkelanjutan. Serbuk pallet memiliki kandungan *volatile matter* rendah, yang membuatnya kurang efisien sebagai bahan bakar tunggal. Briket

dengan serbuk pallet akan lebih cocok jika dicampur dengan bahan lain yang mudah terbakar.

FABA memiliki kandungan *volatile matter* yang sangat tinggi, yang memberikan potensi panas yang tinggi saat terbakar. Namun, karena FABA biasanya digunakan sebagai bahan pengisi atau campuran, penggunaannya perlu dikendalikan agar pembakaran tidak terlalu cepat atau tidak stabil.

3.4.4 Analisis Nilai Kalori (Kcal/Kg)

1. Ampas Teh

Dengan nilai kalori sebesar 5.049,63 Kcal/Kg, ampas teh memiliki potensi energi yang cukup tinggi. Nilai ini menunjukkan bahwa ampas teh mampu menghasilkan panas dalam jumlah yang signifikan ketika dibakar. Nilai kalori ini menjadikan ampas teh sebagai bahan bakar yang efisien dan layak digunakan dalam bentuk briket, terutama karena kandungan *volatile matter* yang juga tinggi. Kombinasi ini menghasilkan performa pembakaran yang stabil dan panas yang cukup besar.

Ampas teh adalah bahan bakar yang sangat potensial dalam bentuk briket, memberikan performa panas yang tinggi dan efisiensi energi yang baik.

2. Serbuk Pallet

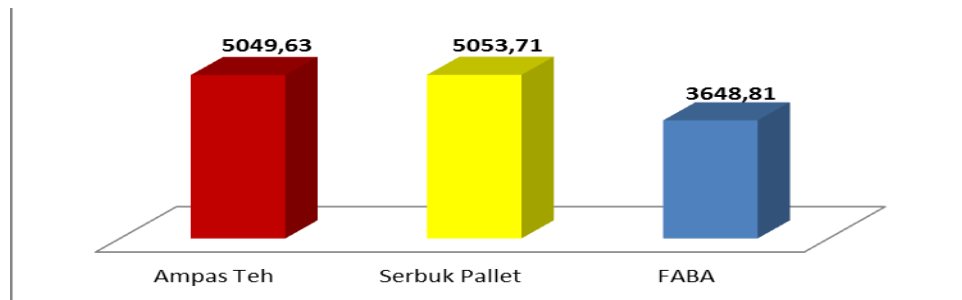
Serbuk Pallet memiliki nilai kalori yang sedikit lebih tinggi dibandingkan ampas teh, yaitu 5.053,71 Kcal/Kg, meskipun perbedaannya sangat kecil. Nilai kalori ini menunjukkan bahwa serbuk pallet juga memiliki potensi energi yang tinggi. Meskipun memiliki *volatile matter* yang lebih rendah, serbuk pallet tetap dapat menghasilkan energi yang besar saat dibakar. Hal ini memungkinkan penggunaannya sebagai bahan bakar, terutama jika dikeringkan untuk mengurangi kadar airnya yang cukup tinggi.

Serbuk pallet dapat menjadi bahan bakar briket yang baik dengan nilai kalori yang tinggi. Pengeringan tambahan mungkin diperlukan untuk mencapai pembakaran yang lebih optimal.

3. FABA

FABA memiliki nilai kalori yang jauh lebih rendah dibandingkan ampas teh dan serbuk pallet, yaitu hanya 3.648,81 Kcal/Kg. Ini menunjukkan bahwa FABA memiliki kapasitas pembakaran yang lebih rendah, sehingga menghasilkan panas yang lebih sedikit saat dibakar. Rendahnya nilai kalori FABA disebabkan oleh karakteristiknya sebagai residu pembakaran, yang cenderung mengandung lebih banyak zat anorganik. Meskipun memiliki *volatile matter* yang tinggi, energi yang dihasilkan saat pembakaran masih tidak sebanding dengan bahan bakar organik lainnya.

FABA tidak ideal sebagai bahan bakar utama, tetapi dapat digunakan sebagai bahan tambahan atau pengisi dalam briket. Kandungan mineralnya yang tinggi membuatnya lebih cocok sebagai bahan untuk menambah volume atau stabilitas briket.



Gambar 7. Hasil pengujian nilai kalor briket

Ampas teh dan serbuk pallet sama-sama memiliki nilai kalori tinggi (sekitar 5.000 Kcal/Kg), yang menjadikan keduanya sangat potensial sebagai bahan bakar briket yang efisien. Sedangkan FABA memiliki nilai kalori yang lebih rendah (3.648,81 Kcal/Kg), sehingga kurang efisien sebagai bahan bakar mandiri. Namun, FABA bisa digunakan sebagai bahan campuran untuk menambah massa briket tanpa mengandalkan FABA sebagai sumber utama energi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah industri makanan dan minuman, seperti ampas teh dan serbuk pallet, memiliki potensi yang signifikan untuk dijadikan bahan baku briket sebagai sumber energi alternatif. Dengan nilai kalori yang cukup tinggi di atas 5.000 Kcal/Kg, kedua limbah ini dapat menghasilkan panas yang stabil dan optimal ketika dibakar. Selain itu, kandungan *volatile matter* yang tinggi pada ampas teh menunjukkan bahwa limbah ini mampu mendukung pembakaran yang efisien, sementara serbuk pallet memiliki kadar abu yang rendah, memberikan karakteristik pembakaran yang bersih dan berkelanjutan.

Limbah FABA juga berpotensi sebagai bahan pengisi dalam komposisi briket. Walaupun nilai kalorinya lebih rendah sebesar 3.648,81 Kcal/Kg, FABA memiliki *volatile matter* yang tinggi, yang dapat membantu mempercepat pembakaran. Dengan kadar abu yang cukup tinggi, FABA lebih cocok digunakan sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan massa briket tanpa memengaruhi efisiensi pembakaran secara signifikan.

Pemanfaatan limbah ini sebagai bahan bakar briket mendukung program *Industri Hijau* Kementerian Perindustrian Republik Indonesia dengan beberapa cara. Pertama, ini merupakan langkah konkret dalam pengurangan limbah industri melalui upcycling, memanfaatkan sisa produksi untuk menghasilkan energi. Kedua, penggunaan briket berbasis limbah ini dapat menjadi sumber energi yang lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar fosil, sejalan dengan tujuan keberlanjutan dan pengurangan emisi karbon. Hasil penelitian ini merekomendasikan agar industri makanan dan minuman mulai mempertimbangkan penerapan teknologi briket berbasis limbah, yang tidak hanya memanfaatkan sisa produksi dengan nilai tambah, tetapi juga mendukung transisi menuju industri yang lebih hijau dan ramah lingkungan.

ACKNOWLEDGEMENT

Ucapan terima kasih Kepada Akademi Komunitas Indutri Manufaktur Bantaeng dan Balai Besar Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Hasil Perkebunan, Mineral, Logam dan Maritim.

REFERENSI

- BSN. Standar Nasional Indonesia SNI 01-6235-2000 Briket arang kayu, Standar Nasional Indonesia 01-6235-2000 § (2000). Indonesia.
- Christiani, A., Kristina, H. J., & Rahayu, P. C. (2017). Pengukuran Kinerja Lingkungan Industri di Indonesia berdasarkan Standar Industri Hijau. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 6(1), 39. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v6i1.2426.39-48>
- Evedore Fredo de Fretes, ING. Wardana, M. N. S. (2013). KARAKTERISTIK PEMBAKARAN DAN SIFAT FISIK BRIKET AMPAS EMPULUR SAGU UNTUK BERBAGAI BENTUK DAN PROSENTASE PEREKAT. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 4(2), 169–176.
- Fakultas Hukum Medan Area. (2021). Jenis Limbah dan Dampaknya bagi Lingkungan. Diambil 24 April 2024, dari <https://hukum.uma.ac.id/2021/12/17/jenis-limbah-dan-dampaknya-bagi-lingkungan/>
- Hendra, D. (2007). Pembuatan Briket Arang Dari Campuran Kayu, Bambu, Sabut Kelapa Dan Tempurung Kelapa Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. <https://doi.org/10.20886/jphh.2007.25.3.242-255>
- Ike Mutiara, Henggar Risa Destania, R. B. (2023). PENGARUH SABUT KELAPA DAN CANGKANG TELUR PADA BRIKET BERBAHAN DASAR ABU KETEL. *Rang Teknik Journal*, 6(2), 94–104. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v6i2.3861>
- Itsnaini, F. M. (2021). Pengertian Limbah, Karakteristik, dan Jenis-jenisnya. Diambil 25 April 2024, dari <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-5538767/pengertian-limbah-karakteristik-dan-jenis-jenisnya/2>
- Juandi, M. (2009). Analisis pencemaran limbah berdasarkan nilai resistivitas. *ilmu Lingkungan*, 3(1), 25–36.
- KPRI. (2021). Terapkan Industri Hijau, Sektor Manufaktur Hemat Energi Hingga Rp3,2 Triliun. Diambil 16 April 2024, dari <https://kemenperin.go.id/artikel/22970/Terapkan-Industri-Hijau,-Sektor-Manufaktur-Hemat-Energi-Hingga-Rp3,2-Triliun>
- Kurniawan, E., Nurma, N., & Jalaluddin, J. (2020). Pemanfaatan Abu Tanda Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Alternatif Dalam Pembuatan Briket. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(1), 32. <https://doi.org/10.29103/jtku.v9i1.3034>
- Makaruku, M. H., Tanasale, V. L., & Goo, N. (2022). Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Menjadi Briket Arang Sebagai Bahan Bakar Alternatif di Desa Kamarian Kecamatan Kairatu Kabupaten Seram Bagian Barat. *HIRPONO: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 148–157.
- Maksindo. (2023). 3 Cara Membuat Briket Dengan Memanfaatkan Bahan di Sekitar Kita. Diambil 21 April 2024, dari <https://www.tokomesin.com/3-cara-membuat-briket-dengan-memanfaatkan-bahan-di-sekitar-kita.html>
- Malakauseya, J. J., & Nur Sasongko, M. (2013). Pengaruh prosentase campuran briket limbah serbuk kayu gergajian dan limbah daun kayuputih terhadap nilai kalor dan kecepatan pembakaran. *Rekayasamesin.Ub.Ac.Id*, 4(3), 194–198. Diambil dari <https://rekayasamesin.ub.ac.id/index.php/rm/article/view/217>
- Nasarudin, R., & Ghofur, A. (2019). Pemanfaatan Limbah Cangkang Biji Karet Dengan

- Aditif Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif Melalui Teknologi Pembriketan. *Jtam Rotary*, 1(1), 39. https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v1i1.1400
- Nurul Maidawati, dkk. (2009). PEMANFAATAN LIMBAH TEH DALAM PRAFORMULASI TABIR SURYA (Vol. 1, hal. 1–44). Salatiga: Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga.
- Peraturan Pemerintah. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun, Pub. L. No. PP Nomor 18 Tahun 1995, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun 2/65 (1999). Indonesia. Diambil dari http://repo.unand.ac.id/3693/1/Nomor_18_Tahun_1999.pdf http://ditlin.tanamanpangan.pertanian.go.id/assets/front/uploads/document/pp_85_1999.pdf
- Peraturan Pemerintah. UU RI Nomor 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian, 3 Pemerintah Pusat § (2014).
- Rahma R. (n.d.). Jenis Limbah: Pengertian, Karakteristik, dan Cara Mengatasinya. Diambil 24 April 2024, dari https://www.gramedia.com/literasi/jenis-limbah/#UU_Nomor_32_Tahun_2009
- Saleh, A., Novianty, L., Murni, S., & Nurrahma, A. (2017). Analisis Kualitas Briket Serbuk Gergaji Kayu Dengan Penambahan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Al-Kimia*, 5(1), 21–30. <https://doi.org/10.24252/al-kimia.v5i1.2845>
- Shafiyiyya, J. V. A., Kusumasari, H. S., Praharsiwi, I. M., & Mujiburohman, M. (2022). Pengaruh Kondisi Operasi dan Jenis Perekat Terhadap Karakteristik Briket Ampas Teh. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 3(3), 249–258. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.14930>
- Sinurat, E. (2011). *Studi pemanfaatan briket kulit jambu mete dan tongkol jagung sebagai bahan bakar alternatif*. Makassar.
- SNI:4931-2010. (2010). Briket Batubara: Klasifikasi, Syarat Mutu, dan Metode Pengujian. *Badan Standarisasi Nasional Indonesia*, 1–6.
- Subagyo, R., Nugraha, A., Pratama, T., & Rusdi, M. Z. (2022). Bahan Bakar Energi Baru Terbarukan (Ebt) Briket dan Pellet Kayu. *Mesin.Ulm.Ac.Id*. Diambil dari [https://mesin.ulm.ac.id/assets/dist/buku/Bahan_Bakar_Energi_Baru_Terbarukan_\(EBT\)_Briket_dan_Pellet_Kayu.pdf](https://mesin.ulm.ac.id/assets/dist/buku/Bahan_Bakar_Energi_Baru_Terbarukan_(EBT)_Briket_dan_Pellet_Kayu.pdf)
- Tyo. (2022). Industri Hijau: Dampak Efisiensi dan Efektivitas Proses Produksi. Diambil 28 April 2024, dari <https://www.demfarm.id/industri-hijau-dampak-efisiensi-dan-efektivitas-proses-produksi>
- Wardana, I. N. G. (2008). *Bahan Bakar Dan Teknologi Pembakaran*. Brawijaya University Press. Malang: Brawijaya University Press.
- Yuliatun, S., Muzdalifah, M., & Nurfita, E. (2023). Pengaruh Komposisi Arang Ampas Tebu dan Abu Ketel Terhadap Kualitas Bio-Briket Arang. *Indonesian Sugar Research Journal*, 3(1), 46–55. <https://doi.org/10.54256/isrj.v3i1.107>