

## ALTERNATIF BAHAN BAKAR DAN TUNGKU PEMBAKARAN: UPAYA PENINGKATAN EFISIENSI DAN KEBERLANJUTAN RUMAH PRODUKSI TAHU

**Muqimuddin<sup>1</sup>, Ahmad Jami<sup>1</sup>, Chairun Nisa<sup>1</sup>, Andi Mutiara Senja<sup>1</sup>, Assaidatul Husna<sup>2</sup>, Fakhriansyah Rosady<sup>1</sup>, Muhammad Ripqi Al Mubarak<sup>1</sup>, Richard Saputra<sup>1</sup>, Gerson tangdiarru<sup>1</sup>, Arif Fadhlur Rohman<sup>3</sup>, Azis Andi Nugroho<sup>3</sup>, Senda Saputra<sup>1</sup>, Delfiano Aditya Pratama<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan

<sup>2</sup>Program Studi Desain Komunikasi Visual, Universitas Mulia, Balikpapan

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan

\*E-mail: [muqimuddin@lecturer.itk.ac.id](mailto:muqimuddin@lecturer.itk.ac.id)

### Abstrak

Sentra Industri Kecil Sember (SIKS) Balikpapan menghadapi tantangan efisiensi dan keberlanjutan akibat ketergantungan pada kayu ulin sebagai bahan bakar utama produksi tahu. Kayu ulin memiliki keterbatasan pasokan, biaya tinggi, dan dampak ekologis negatif. Studi ini bertujuan mengimplementasikan briket berbahan dasar fly ash (limbah PLTU) dan tungku pembakaran baru sebagai solusi alternatif. Metode partisipatif meliputi identifikasi masalah, perancangan tungku, formulasi briket melalui trial and error, serta uji kinerja dan emisi. Hasil uji menunjukkan briket komposisi optimal (60% fly ash, 30% serbuk kayu, 10% tapioka, dan oli bekas) mampu mencapai suhu  $\pm 400^{\circ}\text{C}$  dengan biaya 70% lebih murah dari kayu ulin. Meski menghasilkan emisi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_x$  yang tinggi serta asap pekat (skala jelaga 9), efisiensi termal tercatat 82,4%. Disimpulkan bahwa briket fly ash layak secara teknis dan ekonomis, dengan rekomendasi penambahan sistem blower dan scrubber air pada cerobong untuk mitigasi emisi, guna mendukung industri yang lebih berkelanjutan.

**Kata kunci:** Briket, Efisiensi, Emisi, Fly Ash, Keberlanjutan

### Abstract

The Sember Small Industry Center (SIKS) in Balikpapan faces efficiency and sustainability challenges due to its reliance on ulin wood as the primary fuel for tofu production. Ulin wood has limited supply, high costs, and negative ecological impacts. This study aims to implement fly ash-based briquettes (a coal power plant waste product) and a newly designed furnace as an alternative solution. A participatory method was employed, encompassing problem identification, furnace design, briquette formulation through trial and error, and performance and emission testing. Test results showed that briquettes with an optimal composition (60% fly ash, 30% sawdust, 10% tapioca starch, and used oil) could reach temperatures of  $\pm 400^{\circ}\text{C}$  at a cost 70% lower than ulin wood. Although they produced high  $\text{SO}_2$  and  $\text{NO}_x$  emissions and dense smoke (soot scale 9), the thermal efficiency was recorded at 82.4%. It is concluded that fly ash briquettes are technically and economically feasible, with a recommendation to add a blower and water scrubber system to the chimney for emission mitigation, supporting a more sustainable industry.

**Keywords:** Briquette, Efficiency, Emissions, Fly Ash, Sustainability

### 1. Pendahuluan

Industri kecil dan menengah (IKM) memiliki peranan penting dalam mendukung Industri kecil dan menengah (IKM) memiliki peranan penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi suatu daerah, membuka lapangan kerja, serta mendorong peningkatan kesejahteraan masyarakat. Salah satu sektor IKM yang cukup berkembang di Kota Balikpapan adalah industri pengolahan tahu dan tempe yang tergabung dalam Sentra Industri Kecil Sember (SIKS). Sentra ini berdiri sejak tahun 2018 dan berada di bawah koordinasi Primer Koperasi

Produsen Tempe dan Tahu (PRIMKOPTI). SIKS menempati lahan seluas  $\pm 9$  hektar dan memiliki sekitar 94 rumah produksi, dengan 60 di antaranya telah aktif beroperasi. Total tenaga kerja yang terlibat mencapai hampir 100 orang, dengan jam kerja rata-rata 8 jam per hari. Lokasinya terletak sekitar 17 km dari Institut Teknologi Kalimantan (ITK) dan dapat ditempuh dalam waktu  $\pm 30$  menit.

Proses pembuatan tahu beberapa tahapan utama, yaitu perendaman kedelai, penggilingan, perebusan/pemasakan bubur kedelai, penyaringan, pengemasan, pembungkusan dan pencetakan (Tanjung et al., 2023). Tahap perebusan menjadi bagian penting karena menentukan efisiensi energi dan kualitas hasil akhir. Dalam tahap ini, air dipanaskan menggunakan tungku kayu bakar yang menghasilkan uap untuk proses perebusan bubur kedelai. Pada proses perebusan kedelai, dibutuhkan sejumlah nilai kalor atau panas yang optimal. Kondisi perebusan yang terlalu panas dapat menyebabkan kegagalan begitu juga jika panas yang digunakan terlalu rendah atau tidak optimal menghasilkan tahu dengan kualitas yang buruk (Khikma et al., 2023). Bahan bakar utama yang digunakan hampir di semua rumah produksi adalah kayu ulin (*Eusideroxylon zwageri*), yang dikenal memiliki daya tahan bakar tinggi dan stabilitas panas yang lebih baik dibandingkan jenis kayu lokal lainnya seperti meranti (*Shorea spp.*) dan bengkirai (*Shorea laevis*).

Kayu ulin menjadi pilihan utama karena densitasnya mencapai  $0,85 \text{ g/cm}^3$ , jauh lebih tinggi dibandingkan kayu meranti ( $0,72 \text{ g/cm}^3$ ) maupun bengkirai ( $0,56 \text{ g/cm}^3$ ), sehingga menghasilkan panas lebih lama per satuan volume (Sofianto, 2024). Dalam praktiknya, satu potongan kayu ulin mampu bertahan membara selama 3–5 jam pada tungku tradisional. Setiap rumah produksi dapat melakukan perebusan kedelai hingga 5 kali per hari dengan bahan bakar sekitar  $1 \text{ m}^3$  kayu ulin. Namun demikian, pola konsumsi energi tersebut menimbulkan sejumlah persoalan serius, baik dari sisi ekonomi maupun keberlanjutan lingkungan (Akbari et al., 2022).

Dari aspek ekonomi dan pasokan, kayu ulin sulit diperoleh secara lokal karena pertumbuhannya yang sangat lambat. Riap volume tahunan berjalan (CAI) trubusan Ulin dihitung berkisar  $0.197 \text{ cm/bulan}$ , dan pada tingkat pancang dan  $0.300 \text{ cm/bulan}$  pada tingkat tiang. Jika dikonversi ke pertumbuhan riap tahunan rata-rata (MAI), maka riap trubusan Ulin pada tingkat pancang sebesar  $0.463 \text{ cm/tahun}$  dan pada tingkat tiang sebesar  $1.147 \text{ cm/tahun}$ , sehingga dibutuhkan waktu  $\pm 65$  tahun untuk mencapai diameter panen ideal 30 cm (Fadhullah et al., 2020).

Kondisi ini mengakibatkan pasokan kayu semakin terbatas, sementara permintaan tetap tinggi. Selain itu, sebagian besar bahan bakar harus didatangkan dari luar daerah, yang meningkatkan biaya logistik dan berdampak pada kenaikan ongkos produksi. Dari sisi lingkungan, penggunaan kayu bakar dalam jumlah besar menghasilkan emisi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan partikel debu yang mencemari udara di sekitar area produksi (Qi et al., 2021). Aktivitas pembakaran juga berkontribusi terhadap degradasi hutan dan menurunkan potensi keberlanjutan ekosistem. Meskipun secara teknis kayu ulin efisien dari segi durasi pembakaran, namun ketergantungannya terhadap sumber daya hutan yang tidak terbarukan menjadikannya tidak berkelanjutan dalam jangka panjang.

Melihat permasalahan tersebut, diperlukan inovasi energi alternatif yang dapat menggantikan fungsi kayu ulin sebagai bahan bakar utama namun tetap mempertahankan efisiensi termal dan keterjangkauan biaya. Berdasarkan hasil identifikasi awal, bahan akar briket yang dipilih sebagai kandidat alternatif yaitu briket berbahan *fly ash* yang merupakan limbah padat hasil pembakaran batubara di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan memiliki nilai kalor tinggi (Saleh & Syukriadinata, 2024);

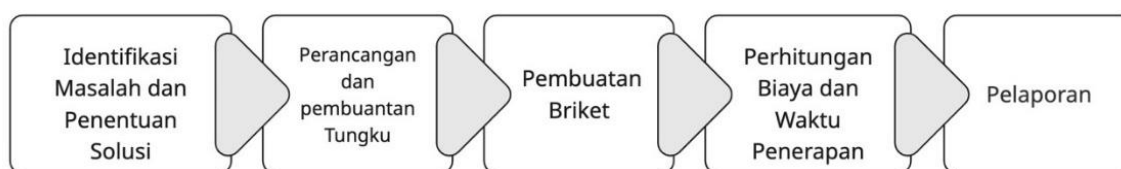
Selain inovasi bahan bakar, dibutuhkan pula rancangan tungku pembakaran baru yang lebih kedap udara, efisien dalam proses pengisian bahan bakar, serta mampu meminimalkan emisi gas buang (Kpalo et al., 2020). Desain tungku tersebut akan dikembangkan menggunakan perangkat lunak *SketchUp* untuk memperoleh visualisasi tiga dimensi yang mendukung penerapan di lapangan. Melalui kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilaksanakan di lingkungan SIKS, program ini bertujuan untuk mengimplementasikan solusi

berbasis energi bersih, meningkatkan efisiensi biaya operasional, serta mengedukasi para pengrajin tahu mengenai pentingnya penggunaan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Program ini juga akan melakukan pengukuran performa pembakaran, durasi pemanasan, serta perbandingan biaya antara bahan bakar briket dan kayu ulin. Diharapkan kegiatan ini dapat menjadi model penerapan energi alternatif berkelanjutan di sektor industri kecil, khususnya pada industri tahu-tempe di Kota Balikpapan, serta memberikan kontribusi nyata terhadap pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*) dalam bidang energi bersih dan industri ramah lingkungan.

## 2. Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini dilakukan melalui pendekatan partisipatif dan aplikatif, di mana mitra yaitu para pengrajin tahu di Sentra Industri Kecil Sember (SIKS) Balikpapan, dilibatkan secara langsung dalam seluruh tahapan kegiatan. Pada kegiatan ini secara umum meliputi proses identifikasi permasalahan, perancangan teknologi, pembuatan bahan bakar alternatif, uji coba penerapan, hingga sosialisasi dan evaluasi hasil.

Adapun diagram alir yang terdapat pada kegiatan kali ini, yaitu sebagai berikut :



**Gambar 1. Diagram Alir Proses Kegiatan Penerapan Alternatif Bahan Bakar dan Tungku Pembakaran**

Sumber : Penulis, 2025

Pada tahap identifikasi masalah di Sentra Industri Kecil Sember (SIKS) di Kota Balikpapan lebih tepatnya di satu rumah produksi, dilakukan koordinasi dengan pemilik UMKM membahas program yang akan dilaksanakan. Pada UMKM produksi tahu tersebut, masih menggunakan kayu ulin yang pesan dari daerah Samboja sebagai bahan bakar air pembuatan tahu dan tempe. Pengamatan dan pengukuran tungku dilakukan untuk melanjutkan proses desain tungku pembakaran berbahan dasar briket (Hamdi et al., 2024).



**Gambar 2. Pengukuran Tungku Pembakaran**

Sumber : Penulis, 2025

Dalam kegiatan ini, tim pengabdian juga melakukan uji coba pembuatan briket hingga tahap pembakaran untuk menilai efektivitas bahan bakar alternatif yang dikembangkan. Pembakaran dilakukan setelah pelatihan pembuatan briket selama satu minggu di Kampung FABA, RT 62 Kelurahan Graha Indah, Kecamatan Balikpapan Utara, yang difasilitasi oleh Ketua RT setempat.



**Gambar 3. Pelatihan pembuatan Briket di kampung FABA**

Sumber : Penulis, 2025

Untuk menemukan komposisi campuran briket fly ash, tim pengabdian melakukan uji coba lanjutan selama kurang lebih dua bulan. Tahap ini melibatkan proses *trial and error* dengan memvariasikan proporsi bahan utama, perekat tepung tapioka, dan kadar oli pada adonan briket. Tujuannya adalah memperoleh briket dengan karakteristik terbaik dari segi kerapatan, kemudahan pembakaran, dan kestabilan panas.



**Gambar 4. Trial dan error Pembuatan Briket**

Sumber : Penulis, 2025

Sebelum kegiatan implementasi dan sosialisasi dilaksanakan, tim pengabdian terlebih dahulu melakukan uji coba (*trial and error*) untuk memperoleh formula briket bahan bakar alternatif dan diterapkan rancangan tungku pembakaran yang paling efektif. Uji coba ini bertujuan untuk menentukan kombinasi material terbaik serta memastikan kestabilan dan efisiensi pembakaran sebelum di rumah produksi tahu. Proses uji coba dilakukan di Laboratorium Teknik Industri Institut Teknologi Kalimantan dengan membandingkan dua jenis bahan bakar, yaitu briket berbasis Fly Ash dan kayu ulin yang biasanya digunakan untuk bahan bakar utama, yang masing-masing diuji dalam tungku rancangan baru yang lebih kedap udara.

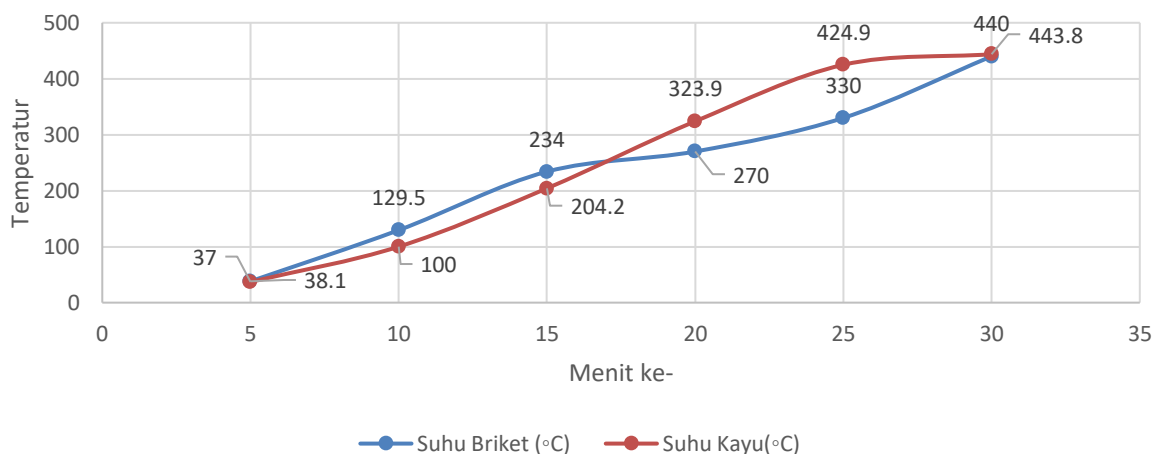
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Uji Coba

Dari berbagai percobaan yang dilakukan, briket berbahan Fly Ash yang berasal dari limbah padat hasil pembakaran batubara di PLTU memiliki komposisi terbaik diperoleh pada perbandingan 60% fly ash, 30% serbuk kayu, 10% tepung tapioka, dan oli bekas. Briket yang dihasilkan memiliki tekstur keras dan padat, warna coklat kehitaman, serta tidak mudah rapuh setelah proses pengeringan.

Hasil uji pembakaran menunjukkan briket berbahan Fly Ash memiliki waktu nyala rata-rata 20-30 menit dengan suhu pembakaran sekitar  $\pm 400$  °C. Sisa abu pembakaran berkisar 50-60% dari massa awal, berwarna gelap.



**Gambar 5. Uji Pembakaran Briket Fly Ash***Sumber : Penulis, 2025***Gambar 6. Perbandingan Hasil Pengukuran Suhu Kedua Bahan Bakar***Sumber : Penulis, 2025*

Sebagaimana tabel 1 dapat dilihat bagaimana perbandingan suhu antara pembakaran kayu dan briket. kedua nya memiliki karakteristik perbedaan, dimana briket dapat menghasilkan panas lebih cepat pada 15 menit pertama, kemudian mengalami perlambatan kenaikan suhu. sedangkan kayu mengalami peningkatan suhu yang lebih konstan.

### 3.2 Estimasi Biaya

Biaya pembuatan briket dihitung berdasarkan biaya material yang digunakan dan biaya lainnya yang timbul akibat pembuatan briket. Adapun perhitungan biaya sebagai berikut:

**Tabel 1. Estimasi Biaya**

No	Bahan Bakar	Komposisi	Harga	Total Harga
1	Kayu	Kayu Ulin 3-4 batang	Rp. 77.000	Rp. 77.000
2	Briket Fly Ash (5kg=70buah)	Serbuk kayu 1,5 kg	Rp. 1.000	Rp. 22.500
		Oli bekas 3,75 Liter	Rp. 17.500	
		Tepung tapioka 500 gram	Rp. 4.000	

*Sumber : Penulis, 2025*

Sebagaimana tabel diatas, menunjukan bahwa biaya yang ditimbulkan dari penggunaan briket lebih murah dari pada kayu sebagai bahan bakar. Dari perhitungan biaya ini akan

memberikan estimasi mengenai biaya yang ditimbulkan akibat penggunaan briket, yang kemudian dapat menjadi perbandingan terhadap biaya bahan bakar kayu yang digunakan pada keadaan sesungguhnya.

### 3.2 Pengukuran Gas Emisi Briket Fly Ash

Pengukuran gas emisi pada briket Fly Ash sebagai alternatif bahan bakar telah dilakukan pengujian menggunakan alat "*Flue Gaz Analyzer ECOM-J2KN-Pro*", sehingga didapatkan hasil pengujian sebagai berikut :

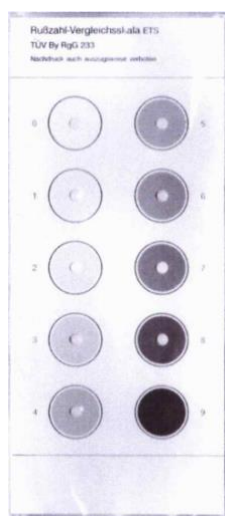
**Tabel 2. Hasil Pengujian Gas Analyzer Briket Fly Ash**

Parameter	Nilai	Satuan
Oksigen (O <sub>2</sub> )	3,3	%
Karbon Monoksida (CO)	2498	ppm
Nitrogen Oksida (NO)	181	ppm
Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> )	160	ppm
Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> _IR)	12.1	%
Jumlah Nitrogen Oksida (Nox)	341	ppm
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	3165	ppm
Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)	0	ppm
Metana (CH <sub>4</sub> )	8.086	%
Efisiensi (Eff.)	82.4	%
Kerugian (Losses)	17.6	%
Udara Berlebihan (Exc. Air)	1.19	-
Temperatur Gas (T.Gas)	4.5	°C
Temperatur Udara (T.Air)	34.0	°C
Draught (Tekanan)	-0.08	hPa

Sumber : Penulis, 2025

#### 3.2.1 Pemeriksaan Emisi Tampak Visual

Pemeriksaan visual emisi briket Fly Ash menggunakan Skala Perbandingan Nilai Kotoran (Rußzahl-Vergleichsskala ETS) sebagai acuan. Skala ini menggambarkan Tingkat kepekaan noda atau jelaga yang menempel, dimulai dari kondisi sangat bersih tanpa noda (angka 0) hingga kondisi yang sangat kotor dengan lapisan jelaga yang tebal (angka 9). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tingkat kotoran pada permukaan tersebut berada di posisi 9".



**Gambar 7. Pemeriksaan Visual Emisi Briket Fly Ash**

Sumber : Penulis, 2025

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pelaksanaan pengabdian masyarakat di Sentra Industri Kecil Sember (SIKS) Balikpapan, dapat disimpulkan bahwa kegiatan ini telah berhasil mencapai target dan sasaran yang ditetapkan. Briket berbahan dasar fly ash berhasil diformulasikan dan diuji sebagai alternatif pengganti kayu ulin, dengan komposisi optimal 60% fly ash, 30% serbuk kayu, dan 10% tepung tapioka yang dicampur oli bekas. Dari aspek teknis, briket ini mampu menghasilkan suhu pembakaran  $\pm 400^{\circ}\text{C}$  yang memadai untuk proses produksi tahu, meskipun durasi pembakarannya lebih pendek (20-30 menit) dibandingkan kayu ulin. Dari segi ekonomi, implementasi briket fly ash terbukti mampu menekan biaya bahan bakar secara signifikan hingga 70%, dari sebelumnya Rp 77.000 menjadi hanya Rp 22.500 untuk kapasitas produksi yang setara. Dalam aspek keberlanjutan, penggunaan briket ini berhasil mengurangi ketergantungan pada kayu ulin yang tidak lestari sekaligus memberikan nilai guna terhadap limbah fly ash. Meskipun masih menghasilkan emisi gas buang yang perlu dimitigasi lebih lanjut, secara keseluruhan program ini telah berhasil mentransformasi praktik produksi mitra menjadi lebih efisien secara biaya dan lebih berkelanjutan secara lingkungan.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada LPPM ITK melalui Program PMMD yang telah mendanai kegiatan ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada mitra pengabdian serta seluruh warga yang telah berpartisipasi aktif dalam pelatihan dan praktik pembuatan alternatif bahan bakar dan tungku pembakaran

#### Daftar Pustaka

- Akbari, T., Panjaitan, F., Dwirani, F., Studi, P., Lingkungan, T., Teknik, F., Jaya, U. B., & Serang, K. (2022). *ANALISIS KELAYAKAN TEKNIS DAN EKONOMI PENGOLAHAN LIMBAH CANGKANG MELINJO ( Gnetum gnemon ) SEBAGAI BRIKET*. 5, 132–146.
- Fadhlullah, Asyari, M., & Iham, W. (2020). Tingkat pertumbuhan trubusan ulin (*Eusideroxylon zwageri* T. & B.) dalam menjaga kelestarian pada IUPHHK PT. Aya Yayang Indonesia. *Jurnal Sylva Scienteeae*, 03(1), 112–120. <http://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/jss/article/view/1951%0Ahttp://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/jss/article/viewFile/1951/1591>
- Hamdi, I. J., Lalu, D., & Rizaldi, H. (2024). KARAKTERISTIK BRIKET BOTTOM ASH LIMBAH BATU BARA BERDASARKAN VARIASI PEREKAT TEPUNG KANJI PLTU DI PT. PLN (Persero) UPK TAMBORA KERTASARI TALIWANG KABUPATEN SUMBAWA BARAT. *Journal AGIS*, 1(2), 1–14.
- Khikma, I., Afifah, S. N., Ike, S., Jannah, N., & Syaputra, D. (2023). *Analisis Konsep Kalor Pada Proses Pembuatan Tahu*. 6, 25–31.
- Kpalo, S. Y., Zainuddin, M. F., & Manaf, L. A. (2020). *A Review of Technical and Economic Aspects of Biomass Briquetting*.
- Qi, J., Li, H., Wang, Q., & Han, K. (2021). Combustion characteristics, kinetics, so<sub>2</sub> and no release of low-grade biomass materials and briquettes. *Energies*, 14(9), 1–13. <https://doi.org/10.3390/en14092655>
- Saleh, K., & Syukriadinata, A. (2024). *Processing Fly Ash and Bottom Ash ( FABA ) Waste into Briquettes as an Effort to Control Environmental Pollution at the West Sumbawa Steam Power Plant*.
- Sofianto, I. A. (2024). Prediction of Density in Standing Trees of Various Wood Species in Natural Forests Using Near-infrared Spectroscopy. *Wood Research Journal*, 14(1), 25–33. <https://doi.org/10.51850/wrj.2023.14.1.25-33>
- Tanjung, A., Afifah, C. N., Miranti, C., Hasanah, F. Al, Warahmah, S., & Daulay, R. A. (2023). Proses Pembuatan Tahu Berbahan Dasar Kacang Kedelai. *Jurnal Dirosah Islamiyah*, 5(2), 553–560. <https://doi.org/10.17467/jdi.v5i2.3072>