

## Characterization of Density and Stability of Oil Palm Empty Fruit Bunch Briquettes without Binder under Variations of Molding Temperature and Compaction Pressure

Muhammad Ravi Albasyit<sup>1\*</sup>, Yolli Fernanda<sup>1</sup>, Refdinal<sup>1</sup>, Andre Kurniawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Padang, INDONESIA

Corresponding author : [mralbasyit@gmail.com](mailto:mralbasyit@gmail.com)

Received October 15<sup>th</sup> 2025; Revised October 22<sup>th</sup> 2025; Accepted October 23<sup>th</sup> 2025

### Abstract

*The dependence on fossil fuels in Indonesia continues to increase in line with the growing energy consumption, thus necessitating alternative energy sources that are more environmentally friendly and sustainable. Oil palm empty fruit bunches (OPEFB) are agro-industrial waste with great potential to be utilized as raw material for briquette production; however, their utilization remains suboptimal. This study aims to analyze the effect of molding temperature and compaction pressure on the density and stability of binderless OPEFB briquettes. The research method employed is experimental, using a quantitative descriptive-analytical approach with non-carbonized briquettes. The treatment variations include molding temperatures (230°C, 250°C, and 280°C) and compaction pressures (1 MPa, 3 MPa, and 5 MPa) applied to two types of materials, namely dried and undried OPEFB. The results indicate that increasing temperature and compaction pressure significantly enhances briquette density. At a temperature range of 250–280°C and a pressure of 5 MPa, the briquettes achieved the highest density ( $>1.0 \text{ g/cm}^3$ ) with strong shape stability. The thermoplastic lignin content in OPEFB melts at high temperatures, acting as a natural binder. Briquettes with a density  $\geq 0.80 \text{ g/cm}^3$  exhibited strong physical integrity, while those with a density  $< 0.70 \text{ g/cm}^3$  tended to be brittle. It can be concluded that the optimum conditions for producing high-quality binderless OPEFB briquettes are achieved at a temperature range of 250–280°C and a compaction pressure of 5 MPa, resulting in briquettes with excellent density and shape stability suitable as a renewable alternative energy source.*

**Keywords:** Management Oil Palm Empty Fruit Bunch (OPEFB), Briquettes, Molding Temperature, Compaction Pressure, Density, Stability, Renewable Energy

## Karakterisasi Kerapatan dan Stabilitas Briket Tandan Kosong Kelapa Sawit tanpa Perekat pada Variasi Suhu Cetakan dan Tekanan Cetak

### Abstrak

Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil di Indonesia semakin meningkat seiring dengan konsumsi energi yang terus bertambah, sehingga diperlukan alternatif sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah agroindustri yang sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku briket, namun pemanfaatannya masih belum optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh suhu cetakan dan tekanan pemadatan terhadap kerapatan dan stabilitas briket TKKS tanpa perekat. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan pendekatan kuantitatif deskriptif-analitis menggunakan briket nonkarbonisasi. Variasi perlakuan meliputi suhu cetakan (230°C, 250°C, dan 280°C) dan tekanan pemadatan (1 MPa, 3 MPa, dan 5 MPa) pada dua jenis bahan yaitu TKKS dengan pengeringan dan tanpa pengeringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu dan tekanan pemadatan secara signifikan meningkatkan kerapatan briket. Pada suhu 250-280°C dengan tekanan 5 MPa, briket mencapai kerapatan tertinggi ( $>1,0 \text{ g/cm}^3$ ) dengan stabilitas bentuk yang kokoh. Lignin dalam TKKS yang bersifat termoplastik meleleh pada suhu tinggi dan berfungsi sebagai perekat alami. Briket dengan kerapatan  $\geq 0,80 \text{ g/cm}^3$  menunjukkan kondisi fisik kokoh, sedangkan kerapatan  $< 0,70 \text{ g/cm}^3$  cenderung rapuh. Dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum untuk menghasilkan briket TKKS berkualitas tinggi tanpa perekat diperoleh pada kombinasi suhu 250-280°C dan tekanan 5 MPa, yang menghasilkan briket dengan nilai kerapatan dan stabilitas bentuk yang baik sebagai sumber energi alternatif terbarukan.

**Kata Kunci:** Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), Briket, Suhu Cetakan, Tekanan Pemadatan, Kerapatan, Stabilitas, Energi Terbarukan

### I. PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan manusia, baik dalam sektor industri, transportasi, maupun rumah tangga. Di Indonesia, konsumsi energi masih didominasi oleh energi fosil seperti minyak bumi, gas bumi, dan batubara (Lestari, 2021). Seiring dengan meningkatnya konsumsi energi, ketergantungan terhadap bahan bakar fosil semakin tinggi sehingga ketersediaannya semakin menipis, selain itu penggunaan bahan bakar fosil secara berlebihan juga memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Salah satu alternatif sumber energi yang dapat dikembangkan adalah biomassa. Biomassa adalah bahan organik yang berasal dari makhluk hidup seperti tumbuhan, hewan, dan limbah organik, yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan. Oleh karena itu biomassa sangat mudah ditemukan pada aktivitas pertanian, peternakan, kehutanan, perkebunan, perikanan dan limbah-limbah lainnya (Andriyansah, 2022). Pemanfaatan biomassa juga dapat membantu mengelola limbah organik dengan lebih efektif, mengurangi emisi gas yang dapat menimbulkan efek rumah kaca, serta menciptakan peluang ekonomi bagi masyarakat, terutama di sektor pertanian.

Limbah pertanian seperti limbah kelapa sawit merupakan salah satu bahan yang potensial karena Indonesia merupakan salah satu produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia (Situngkir,

2022). Limbah kelapa sawit dapat berasal dari proses budidaya tanaman kelapa sawit, industri pengolahan sawit menjadi CPO, maupun pengolahan bagian kernel menjadi minyak inti sawit /*Palm Kernel Oil* (PKO). Limbah padat yang dihasilkan berkisar sekitar 35% – 40% dari total TBS yang diolah, limbah ini berupa tandan kosong, serat, cangkang buah, abu bakar dan bungkil sawit. Di antara berbagai limbah kelapa sawit, tandan kosong kelapa sawit merupakan yang paling dominan dimana pada setiap pengolahan 1 ton tandan buah segar, menghasilkan sekitar 21% limbah tandan kosong kelapa sawit (Praevia & Widayat, 2022).

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) hingga saat ini dapat dikatakan belum dimanfaatkan secara optimal (Sindhuwati et al., 2021), umumnya hanya digunakan sebagai bahan penimbun tanah atau dijadikan pupuk kompos, sementara sebagian besar lainnya dibiarkan menumpuk tanpa pengolahan lebih lanjut. Padahal, TKKS memiliki potensi yang sangat besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber bioenergi (Haryanti et al., 2014). Berbagai metode dapat diterapkan dalam proses pengolahan tandan kosong kelapa sawit menjadi bahan bakar, salah satunya adalah briket.

Briket adalah bahan bakar padat yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif pengganti bahan bakar minyak yang dicetak dengan tekanan tertentu baik dengan atau tanpa bahan perekat maupun bahan tambahan lainnya (Rifdah et al., 2017). Ada banyak faktor yang memengaruhi kualitas briket beberapa diantaranya adalah ukuran tekanan cetak dan temperatur pencetakan. Tekanan pemadatan tinggi menghasilkan kerapatan dan efisiensi pembakaran lebih baik (Mustofa, 2020). Temperatur cetakan berpengaruh terhadap stabilitas bentuk briket (Satmoko, 2013).

Sebagian penelitian briket saat ini masih menggunakan perekat, padahal penggunaan perekat dapat menurunkan nilai kalor. Briket tanpa perekat terbukti memiliki kepadatan energi dan nilai kalor lebih tinggi (Bagaskoro, 2010). Oleh karena itu penelitian ini akan difokuskan pada pengaruh tekanan pemadatan serta suhu pencetakan terhadap kepadatan serta stabilitas fisik briket TKKS tanpa perekat, guna mendukung pengembangan energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan eksperimental dengan pendekatan kuantitatif dan bersifat deskriptif-analitis. Tujuannya adalah menganalisis pengaruh suhu cetakan dan tekanan pemadatan terhadap karakteristik briket tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Jenis briket yang digunakan adalah nonkarbonisasi, karena lebih sederhana pembuatannya serta memiliki kekuatan mekanis dan durasi pembakaran yang lebih baik dibanding briket karbonisasi (Kurdiawan, 2014). Setelah didapatkan data hasil pengujian, kemudian peneliti akan membandingkan kedua briket dengan bahan yang berbeda tersebut untuk mendapatkan jawaban tentang briket mana yang memiliki nilai kerapatan dan stabilitas bentuk paling tinggi.

## 1. Prosedur Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### a. Persiapan Bahan

Tahap pertama adalah persiapan bahan baku, yaitu Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dikumpulkan dari sumber limbah industri kelapa sawit, kemudian dibersihkan dari kotoran, batu, dan kontaminan lain yang dapat mengganggu proses pencacahan dan pembakaran. Bahan TKKS terbagi menjadi dua, yaitu bahan TKKS yang sudah dikeringkan dan bahan TKKS tanpa pengeringan.



Gambar 2. Bahan TKKS

### b. Pencacahan TKKS

Tahap selanjutnya, TKKS dicacah atau digiling menggunakan mesin penghancur hingga menjadi serat halus atau berukuran kecil. Proses ini dilakukan untuk agar bahan baku briket lebih mudah dicetak. Mesin penghancur yang digunakan disini merupakan mesin gerinda yang modifikasi.



Gambar 3. TKKS yang Sudah Dicacah

### c. Pencetakan Briket

TKKS yang sudah dicacah kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan diletakkan pada mesin press tanpa adanya penambahan bahan pengikat. Mesin ini akan memadatkan TKKS menggunakan tekanan dan temperatur tinggi. Temperatur tinggi tersebut dapat menyebabkan lignin dalam serat TKKS meleleh dan berfungsi sebagai perekat alami. Hal ini dikarenakan kandungan lignin pada TKKS yang bersifat termoplastik. Menurut Petrie (2000) perekat termoplastik adalah polimer padat yang awalnya hanya melembutkan atau mencair ketika dipanaskan, oleh karena itu lignin dapat mencair dengan temperatur panas dan akan mengeras kembali apabila didinginkan (Naim et al., 2012). Variasi perlakuan pada saat proses pencetakan adalah sebagai berikut;

Tabel 1. Variasi Perlakuan Cetakan

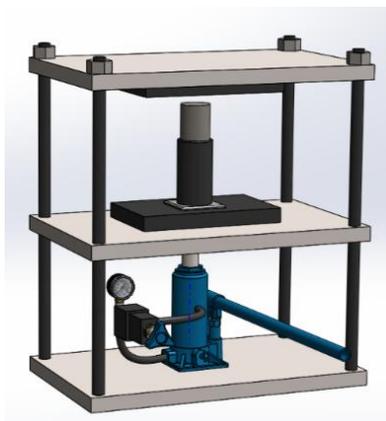
No	Suhu (Celcius)	Tekanan Dongkrak (Mpa)
1	280	5
2	250	3
3	230	1

## 2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tiga komponen utama, yaitu mesin pencacah bahan, alat pengepres hidrolis, dan cetakan briket sebagai media pembentukan.

### a. Alat Press Hidrolik

Alat press yang digunakan merupakan kombinasi dari dongkrak hidrolis, plat baja, batang besi padat (as), dan baut yang dirakit sedemikian rupa sehingga mampu menghasilkan tekanan tinggi sekaligus menahan suhu panas selama proses pencetakan briket.



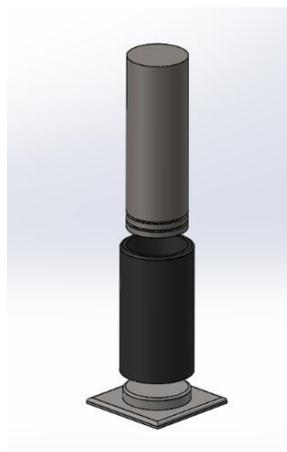
Gambar 4. Alat Press Hidrolik

Tabel 2. Spesifikasi Alat Press

No	Spesifikasi	Dimensi
1	Kapasitas Beban Maksimal	10 ton
2	Diameter Jack	43 m

### b. Cetakan Briket

Cetakan briket dibuat dari pipa besi dan batang besi padat (as) yang dibubut hingga memiliki kesesuaian presisi. Bagian bawah cetakan dilengkapi alas besi yang bisa di bongkar pasang untuk mencegah briket keluar secara langsung saat proses pengepresan.



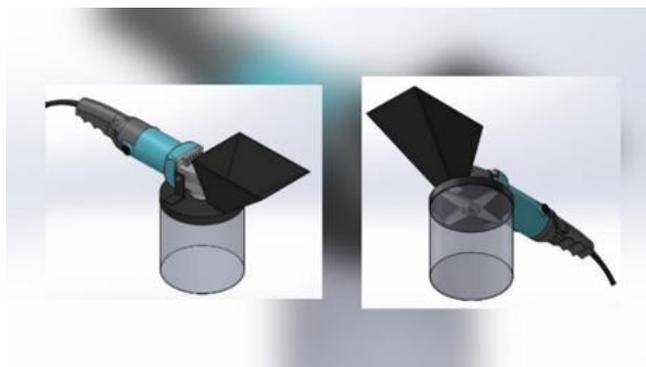
Gambar 5. Cetakan Briket

Tabel 3. Spesifikasi Cetakan

No	Bagian	Ukuran
1	Diameter Batang Dalam	51 mm
2	Panjang Batang Dalam	150 mm
3	Panjang Silinder Luar	110 mm
4	Tebal Silinder Luar	5 mm

### c. Alat Pencacah

Mesin cacah yang digunakan disini merupakan mesin gerinda yang modifikasi.



Gambar 6. Mesin Pencacah

### 3. Analisis Data Penelitian

Data yang diperoleh meliputi volume briket, nilai kerapatan, serta stabilitas fisik hasil cetakan.

#### a. Volume Briket

Pengukuran volume dilakukan dengan metode geometris berdasarkan bentuk silinder briket yang dihasilkan (Olorunnisola, 2007). Dimensi briket, meliputi jari-jari dan tinggi/tebal, diukur menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,01 mm untuk memastikan akurasi data. Volume briket kemudian dihitung menggunakan rumus volume silinder (Davies & Abolude, 2013; Nurhayati, 2019):

$$V = \pi r^2 t \quad (1)$$

Berikut keterangan dari rumus yang digunakan :

- V = Volume Briket
- $\pi$  = 3,14
- r = Jari-jari briket
- t = Tebal Briket

#### b. Kerapatan

Kerapatan menunjukkan perbandingan antara berat dan volume briket (Djeni & Winarni, 2003). Kerapatan briket berpengaruh terhadap kualitas briket, karena kerapatan yang tinggi dapat meningkatkan nilai kalor bakar briket. Besar atau kecilnya kerapatan tersebut dipengaruhi oleh ukuran dan kehomogenan bahan penyusun briket itu sendiri. Kerapatan juga dapat mempengaruhi ketahanan tekan, lama pembakaran, dan mudah tidaknya pada saat briket akan dinyalakan (Ismayana & Moh Rizal Afriyanto, 2021). Kerapatan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\rho = m/V \quad (2)$$

Berikut keterangan dari rumus yang digunakan :

- $\rho$  = Kerapatan
- m = Massa Briket (g)
- V = Volume Briket ( $mm^3$ )

#### c. Stabilitas Fisik

Stabilitas fisik briket juga menjadi parameter penting yang menentukan kualitas briket sebagai bahan bakar alternatif (Grover & Mishra, 1996). Setelah pencetakan, briket dikondisikan pada suhu ruang selama 24 jam untuk memastikan pendinginan dan pengerasan yang optimal.

Evaluasi dilakukan melalui pengamatan visual terhadap integritas permukaan, keberadaan retakan, dan keutuhan struktur briket (Mitchual et al., 2014). Selanjutnya, dilakukan uji ketahanan mekanik menggunakan *drop shatter test* dengan menjatuhkan briket dari ketinggian 100 cm di atas permukaan beton keras (Olorunnisola, 2007). Metode ini efektif untuk mengevaluasi ketahanan briket terhadap benturan mekanis selama penanganan dan transportasi (Davies & Abolude, 2013). Briket yang mempertahankan bentuk utuh tanpa retakan signifikan dikategorikan stabil (kokoh), sedangkan yang mengalami fragmentasi atau hancur diklasifikasikan tidak stabil (rapuh) (Sotannde et al., 2010).

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menyajikan data eksperimen mengenai pengaruh variasi suhu cetakan dan tekanan pemadatan terhadap karakteristik fisik briket tandan kosong kelapa sawit (TKKS) tanpa

perekat. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi perubahan nilai kerapatan, stabilitas bentuk, serta hubungan antara kedua variabel proses tersebut dalam menentukan kualitas briket yang dihasilkan.

Data yang disajikan merupakan hasil pengujian terhadap dua jenis bahan baku, yaitu TKKS kering dan TKKS tanpa pengeringan, yang menunjukkan variasi kerapatan dan stabilitas bentuk pada setiap kombinasi suhu dan tekanan cetakan.

Tabel 4. Data Briket Bahan Tanpa Pengeringan

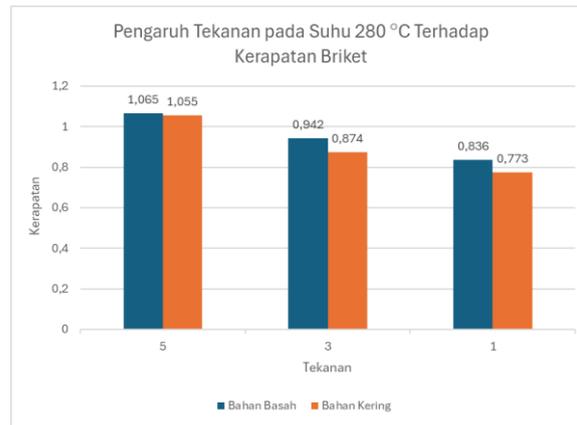
No	Briket	Suhu (Celcius)	Tekanan (Mpa)	Tebal (cm)	Massa (g)	Volume	Kerapatan ( $g/cm^2$ )	Stabilitas Bentuk
1	BB1	280	5	1,25	26	24,62	1,065	kokoh
2	BB2	280	3	1,4	26	27,59	0,942	kokoh
3	BB3	280	1	1,7	28	33,49	0,836	kokoh
4	BB4	250	5	1,3	24	25,61	0,936	kokoh
5	BB5	250	3	1,4	23	27,58	0,833	kokoh
6	BB6	250	1	1,8	29	35,46	0,817	kokoh
7	BB7	230	5	1,4	25	27,58	0,906	kokoh
8	BB8	230	3	1,5	26	29,55	0,879	kokoh
9	BB9	230	1	1,8	29	31,52	0,824	kokoh

Tabel 5. Data Briket Bahan Dengan Pengeringan

No	Briket	Suhu (Celcius)	Tekanan (Mpa)	Tebal (cm)	Massa (g)	Volume	Kerapatan ( $g/cm^2$ )	Stabilitas Bentuk
1	BK1	280	5	1,25	26	24,629	1,055	kokoh
2	BK2	280	3	1,8	31	35,466	0,874	kokoh
3	BK3	280	1	2,1	32	41,377	0,773	kokoh
4	BK4	250	5	1,3	31	25,614	1,21	kokoh
5	BK5	250	3	1,7	34	33,496	1,015	kokoh
6	BK6	250	1	2,5	45	49,258	0,913	kokoh
7	BK7	230	5	3,2	40	63,051	0,634	rapuh
8	BK8	230	3	3,5	46	68,962	0,667	rapuh
9	BK9	230	1	3,8	44	74,873	0,587	rapuh

## 1. Perbandingan Nilai Kerapatan Terhadap Variasi Perlakuan

### a. Temperatur 280 °C



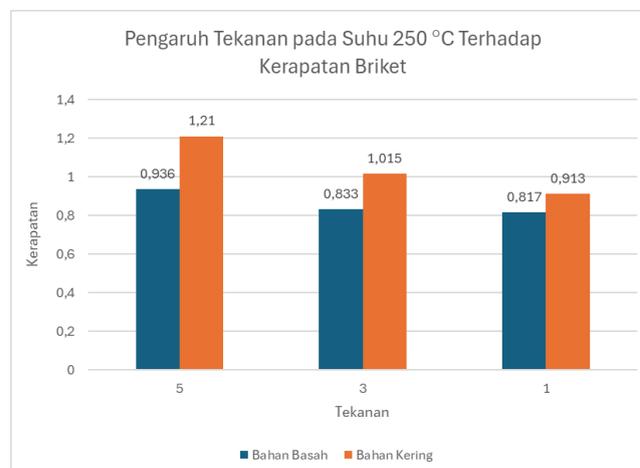
Gambar 7. Perbandingan Kerapatan Berdasarkan Variasi Tekanan pada Temperatur 280 °C

Gambar di atas menunjukkan variasi tekanan pemadatan terhadap kerapatan briket pada suhu cetakan 280 °C untuk dua jenis bahan, yaitu bahan basah dan bahan kering. Secara umum terlihat bahwa semakin tinggi tekanan cetak, kerapatan briket semakin meningkat pada kedua jenis bahan. Hal ini disebabkan oleh semakin besarnya gaya tekan yang bekerja selama proses pemadatan, sehingga pori-pori antar partikel semakin kecil dan partikel penyusun briket menjadi lebih rapat.

Pada tekanan 5 MPa, briket bahan basah memiliki kerapatan tertinggi sebesar 1,065 g/cm<sup>3</sup>, sedangkan briket bahan kering sedikit lebih rendah yaitu 1,055 g/cm<sup>3</sup>. Perbedaan ini menunjukkan bahwa kandungan air dalam bahan basah masih berperan dalam membantu perlekatan antar partikel selama proses pemadatan pada suhu tinggi. Namun, pada tekanan yang lebih rendah, yaitu 3 MPa dan 1 MPa, nilai kerapatan bahan kering cenderung mendekati atau bahkan lebih rendah dibanding bahan basah, masing-masing sebesar 0,874 g/cm<sup>3</sup> dan 0,773 g/cm<sup>3</sup> untuk bahan kering, serta 0,942 g/cm<sup>3</sup> dan 0,836 g/cm<sup>3</sup> untuk bahan basah.

Kecenderungan ini mengindikasikan bahwa tekanan pemadatan memiliki pengaruh dominan terhadap peningkatan kerapatan, sementara perbedaan kondisi bahan (basah atau kering) memberikan pengaruh tambahan namun tidak signifikan pada tekanan tinggi. Semakin besar tekanan, partikel lebih terkompresi dan menghasilkan briket yang lebih padat, stabil, serta berpotensi memiliki nilai kalor lebih tinggi karena porositasnya berkurang.

### b. Temperatur 250 °C



Gambar 8. Perbandingan Kerapatan Berdasarkan Variasi Tekanan pada Temperatur 250°C

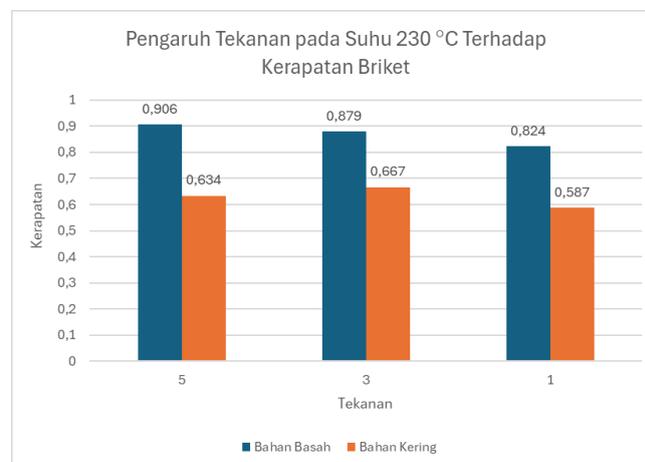
Gambar menunjukkan hubungan antara tekanan pemadatan dan kerapatan briket pada suhu cetakan 250 °C untuk dua jenis bahan, yaitu bahan basah dan bahan kering. Secara umum terlihat bahwa peningkatan tekanan berbanding lurus dengan peningkatan kerapatan briket pada kedua jenis bahan. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan pemadatan merupakan faktor penting dalam menentukan tingkat kepadatan briket.

Pada tekanan 5 MPa, briket bahan kering memiliki kerapatan tertinggi, yaitu 1,21 g/cm<sup>3</sup>, sedangkan bahan basah sebesar 0,936 g/cm<sup>3</sup>. Nilai ini memperlihatkan bahwa bahan kering lebih mudah dipadatkan karena tidak mengandung air yang dapat menghambat penumpukan partikel selama proses pengepresan. Sebaliknya, pada bahan basah, kelembaban menyebabkan partikel lebih licin dan menghasilkan porositas yang lebih besar, sehingga kerapatan akhir lebih rendah.

Pada tekanan 3 MPa dan 1 MPa, tren yang sama terlihat: kerapatan menurun seiring penurunan tekanan. Briket bahan kering memiliki kerapatan 1,015 g/cm<sup>3</sup> (3 MPa) dan 0,913 g/cm<sup>3</sup> (1 MPa), sedangkan bahan basah hanya 0,833 g/cm<sup>3</sup> dan 0,817 g/cm<sup>3</sup> pada tekanan yang sama. Perbedaan antar kedua jenis bahan semakin kecil pada tekanan rendah karena gaya tekan yang terbatas tidak cukup kuat untuk menutup celah antar partikel.

Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan, semakin padat briket yang dihasilkan, dengan bahan kering menunjukkan performa lebih baik dibanding bahan basah pada semua level tekanan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pengeringan bahan sebelum proses pencetakan berperan penting dalam meningkatkan densitas dan kualitas fisik briket.

### c. Temperatur 230 °C



Gambar 9. Perbandingan Kerapatan Berdasarkan Variasi Tekanan pada Temperatur 230°C

Gambar menunjukkan hubungan antara tekanan pemadatan dan kerapatan briket pada suhu cetakan 230 °C untuk dua jenis bahan, yaitu bahan basah dan bahan kering. Secara umum, terlihat bahwa kenaikan tekanan cetak menghasilkan peningkatan kerapatan pada kedua jenis bahan. Tekanan pemadatan yang lebih tinggi menyebabkan partikel biomassa saling mendekat dan pori-pori di antara partikel menjadi lebih kecil, sehingga kerapatan briket meningkat.

Pada tekanan 5 MPa, briket dari bahan basah memiliki kerapatan tertinggi yaitu 0,906 g/cm<sup>3</sup>, sedangkan bahan kering hanya 0,634 g/cm<sup>3</sup>. Perbedaan yang cukup besar ini menunjukkan bahwa pada suhu rendah, kelembapan bahan masih berperan dalam membantu pengikatan partikel selama proses pemadatan. Kandungan air pada bahan basah kemungkinan bertindak

sebagai perekat alami, sehingga meningkatkan daya rekat antar partikel saat mengalami tekanan tinggi.

Namun, pada tekanan 3 MPa dan 1 MPa, pola yang sama tetap terlihat, di mana bahan basah memiliki kerapatan lebih tinggi dibanding bahan kering. Nilai kerapatan bahan basah sebesar  $0,879 \text{ g/cm}^3$  dan  $0,824 \text{ g/cm}^3$ , sedangkan bahan kering masing-masing  $0,667 \text{ g/cm}^3$  dan  $0,587 \text{ g/cm}^3$ . Perbedaan ini mengindikasikan bahwa suhu  $230 \text{ }^\circ\text{C}$  belum cukup tinggi untuk menguapkan air secara efektif dan memicu ikatan termoplastik alami, sehingga briket dari bahan kering tidak dapat dipadatkan sebaik bahan basah.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa pada suhu rendah ( $230 \text{ }^\circ\text{C}$ ), kandungan air masih berpengaruh positif terhadap peningkatan kerapatan, meskipun pada suhu yang lebih tinggi efeknya cenderung berkurang.

## 2. Pengaruh Temperatur dan Tekanan terhadap Kerapatan Briket

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan suhu dan tekanan pepadatan secara umum meningkatkan kerapatan briket baik pada bahan basah maupun bahan kering. Pada suhu rendah ( $230 \text{ }^\circ\text{C}$ ), kerapatan masih tergolong kecil, dengan bahan basah ( $0,824\text{--}0,906 \text{ g/cm}^3$ ) lebih tinggi dibanding bahan kering ( $0,587\text{--}0,667 \text{ g/cm}^3$ ). Hal ini disebabkan kandungan air pada bahan basah masih berperan sebagai perekat alami karena suhu belum cukup tinggi untuk menguapkannya.

Ketika suhu dinaikkan ke  $250 \text{ }^\circ\text{C}$ , kerapatan meningkat signifikan. Pada tekanan 5 MPa, briket bahan kering mencapai kerapatan tertinggi  $1,21 \text{ g/cm}^3$ , sedangkan bahan basah sebesar  $0,936 \text{ g/cm}^3$ . Pada suhu tertinggi ( $280 \text{ }^\circ\text{C}$ ), perbedaan antara bahan basah dan kering semakin kecil, dengan nilai kerapatan keduanya di atas  $1,05 \text{ g/cm}^3$  pada tekanan 5 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa pada suhu tinggi, ikatan antarpartikel lebih dipengaruhi oleh pelelehan lignin yang berfungsi sebagai perekat alami daripada oleh kandungan air.

Selain itu, tekanan pepadatan juga berpengaruh langsung terhadap kerapatan. Pada tekanan rendah (1 MPa), kerapatan masih rendah karena partikel belum terkompresi sempurna. Sebagai contoh, pada suhu  $280 \text{ }^\circ\text{C}$ , kerapatan bahan basah hanya  $0,836 \text{ g/cm}^3$  dan bahan kering  $0,773 \text{ g/cm}^3$ , sedangkan pada tekanan 5 MPa meningkat menjadi  $1,065 \text{ g/cm}^3$  dan  $1,055 \text{ g/cm}^3$ . Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi tekanan, partikel semakin rapat, porositas berkurang, dan kerapatan meningkat.

## 3. Hubungan Kerapatan terhadap Stabilitas Bentuk Briket

Kerapatan briket merupakan parameter utama yang berpengaruh langsung terhadap stabilitas bentuk atau kekuatan fisik briket (Thamrin et al., 2025). Berdasarkan hasil pengujian, briket dengan nilai kerapatan tinggi menunjukkan kondisi fisik yang lebih kokoh, sedangkan briket dengan kerapatan rendah cenderung rapuh dan mudah hancur. Hal ini disebabkan oleh jumlah pori yang lebih sedikit pada briket berkerapatan tinggi, sehingga partikel penyusunnya saling terikat lebih kuat dan mampu menahan tekanan mekanis dari luar.

Pada penelitian ini, briket dengan kerapatan  $\geq 0,80 \text{ g/cm}^3$  umumnya tergolong kokoh, baik pada bahan basah maupun bahan kering. Sebaliknya, briket dengan kerapatan  $< 0,70 \text{ g/cm}^3$  menunjukkan sifat rapuh, mudah pecah, dan kehilangan bentuk setelah proses pembakaran. Misalnya, pada suhu rendah ( $230 \text{ }^\circ\text{C}$ ) dan tekanan rendah (1–3 MPa), briket bahan kering dengan kerapatan sekitar  $0,58\text{--}0,66 \text{ g/cm}^3$  menunjukkan struktur yang tidak stabil, sedangkan pada suhu dan tekanan tinggi ( $280 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 5 MPa), briket mencapai kerapatan di atas  $1,0 \text{ g/cm}^3$  dan stabilitas

bentuknya jauh lebih baik.

Faktor utama yang memengaruhi hubungan ini adalah gaya ikat antarpartikel yang dihasilkan selama proses pemadatan dan pemanasan. Pada kerapatan tinggi, ikatan antarpartikel diperkuat oleh efek termoplastik lignin yang melebur pada suhu tinggi, berfungsi sebagai perekat alami. Akibatnya, briket tidak hanya lebih padat, tetapi juga memiliki ketahanan mekanis yang lebih baik terhadap benturan maupun getaran. Sebaliknya, kerapatan rendah mengindikasikan adanya rongga udara di dalam struktur briket yang memperlemah kekompakan partikel.

Hasil ini sejalan dengan temuan Suryaningsih S. & Asni Azka (2020) yang menyebutkan bahwa tekanan pemadatan tinggi mampu meningkatkan densitas dan kekuatan mekanik briket, serta mendukung hasil penelitian Bagaskoro (2010) yang menunjukkan bahwa briket tanpa perekat dapat memiliki kepadatan energi lebih besar jika struktur partikelnya rapat dan stabil. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa stabilitas bentuk briket sangat bergantung pada kerapatan yang dicapai selama proses pemadatan, dan kombinasi suhu cetakan tinggi (250–280 °C) dengan tekanan besar (5 MPa) menghasilkan briket TKKS tanpa perekat yang paling kokoh dan berkualitas tinggi.

#### IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu cetakan dan tekanan pemadatan berpengaruh signifikan terhadap kerapatan dan stabilitas briket TKKS tanpa perekat. Kenaikan suhu dari 230 °C hingga 280 °C meningkatkan kerapatan akibat pelelehan lignin yang berperan sebagai perekat alami, sedangkan peningkatan tekanan dari 1 MPa hingga 5 MPa menghasilkan briket yang lebih padat dan stabil. Briket dengan kerapatan  $>0,80 \text{ g/cm}^3$  umumnya kokoh, sementara  $<0,70 \text{ g/cm}^3$  cenderung rapuh. Kondisi optimum diperoleh pada suhu 250–280 °C dengan tekanan 5 MPa, yang menghasilkan briket berkerapatan tinggi ( $>1,0 \text{ g/cm}^3$ ) dan stabilitas bentuk yang baik.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- Andriyansah, A. A. (2022). *Analisis Karakteristik Briket dari Campuran Kulit Kopi (Coffea Arabica) dan Serbuk Gergaji Kayu Jati dengan Perekat Tepung Tapioka*. 55.
- Bagaskoro, A. G. (2010). Pengaruh Variasi Jumlah Campuran Perekat Terhadap Karakteristik Briket Arang Tongkol Jagung. *Profesional*, 8(1), 1–12. <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/profesional/article/download/287/275>
- Davies, R. M., & Abolude, D. S. (2013). Ignition and burning rate of water hyacinth briquettes. *Journal of Scientific Research and Reports*, 2(1), 111–120.
- Djeni, H., & Winarni, I. (2003). Physical and Chemical Properties of Briquetted Charcoal Using the Mixture of Sawdust and Woddy Slab Wastes. In *Penelitian Hasil Hutan* (Vol. 21, pp. 211–226).
- Grover, P. D., & Mishra, S. K. (1996). *Biomass Briquetting: Technology and Practices*. FAO.
- Haryanti, A., Norsamsi, N., Fanny Sholiha, P. S., & Putri, N. P. (2014). Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Konversi*, 3(2), 20. <https://doi.org/10.20527/k.v3i2.161>
- Ismayana, A., & Moh Rizal Afriyanto, dan. (2021). Pengaruh Jenis Dan Kadar Bahan Perekat Pada Pembuatan Briket Blotong Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *J. Tek. Ind. Pert*, 186(3), 186–193.
- Kurdiawan, Y. Z. (2014). *Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Menjadi Briket Sebagai Sumber Energi Alternatif dengan Proses Karbonisasi dan Nonkarbonisasi*. Sepuluh Nopember

Institute Of Technology.

- Lestari, V. P. (2021). Ringkasan Permasalahan Dan Tatanan Program Peningkatan Kontribusi Energi Baru Dan Terbarukan Dalam Bauran Energi Nasional. *Pusat Kajian Akuntabilitas Keuangan Negara*, 1–5.
- Mitchual, S. J., Frimpong-Mensah, K., & Darkwa, N. A. (2014). Effect of species, particle size and compacting pressure on relaxed density and compressive strength of fuel briquettes. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 5.
- Mustofa, D. K. (2020). Studi Analisis Pengaruh Tekanan dan Komposisi Bahan terhadap Kualitas Briket Arang dari Tempurung Kemiri dan Tempurung Keluak. *Journal of Agricultural and Biosystem*, 1(1), 23–34.
- Naim, D., Saputro, D. D., & Rusiyanto. (2012). Pengaruh Variasi Temperatur Cetakan Terhadap Karakteristik Briket Kayu Sengon pada Tekanan Kompaksi 5000 Psig. *Journal of Mechanical Engineering Learning*.
- Nurhayati. (2019). Karakteristik fisik dan kimia biobriket dari limbah cangkang sawit dan tempurung kelapa. *Jurnal Agroindustri Halal*, 5(1), 57–67.
- Olorunnisola, A. . (2007). Production of fuel briquettes from waste paper and coconut husk admixtures. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 9, 1–11.
- Petrie, E. M. (2000). *Handbook of Adhesives and Sealants*. The McGraw-Hill Companies.
- Praevia, M. F., & Widayat, W. (2022). Analisis Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Cofiring pada PLTU Batubara. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 3(1), 28–37. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.13367>
- Rifdah, R., Herawati, N., & Dubron, F. (2017). Pembuatan Biobriket Dari Limbah Tongkol Jagung Pedagang Jagung Rebus Dan Rumah Tangga Sebagai Bahan Bakar Energi Terbarukan Dengan Proses Karbonisasi. *Jurnal Distilasi*, 2(2), 39. <https://doi.org/10.32502/jd.v2i2.1202>
- Satmoko, M. E. A. (2013). *Pengaruh Variasi Temperatur Cetakan Terhadap Karakteristik Briket Kayu Sengon Pada Tekanan Kompaksi 6000 Psig* (Vol. 1, Issue 1). Universitas Negeri Semarang.
- Sindhuwati, C., Mustain, A., Rosly, Y. O., Aprijaya, A. S., Mufid, M., Suryandari, A. S., Hardjono, H., & Rulianah, S. (2021). Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol dengan Metode Fed Batch pada Proses Hidrolisis. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 5(2), 128–144. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v5i2.224>
- Situngkir, D. I. (2022). Daya Saing Minyak Kelapa Sawit Indonesia di Pasar Global (Indonesia's Palm Oil Competitiveness in the Global Market). *Jurnal AGROTRISTEK*, 1(1), 7–11.
- Sotannde, O. A., Oluyeye, A. O., & Abah, G. B. (2010). Physical and combustion properties of charcoal briquettes from neem wood residues. *International Agrophysics*, 24(2), 189–194.
- Suryaningsih S., & Asni Azka. (2020). *Pengaruh Tekanan Pembriketan Terhadap*. 04(01), 23–28.
- Thamrin, G. A., Yazan, S., Budi Sutiya, dan, Kehutanan Universitas Lambung Magkurat Jl Ahmad Yani Km, F., & Selatan, K. (2025). Quality Of Charcoal Briquettes From Processing Waste Of Kolang-Kaling (Arenga pinnata) and Alaban Wood Charcoal (Vitex pubescens). *Jurnal Hutan Tropis*, 13(1), 161–171.