



Analisis Optimasi *Briket* Batu Bara Dengan Perekat Molase Dan Tepung Tapioka Menggunakan Metode *Response Surface Methodology* (RSM)

Martin¹, Ilham Ary Wahyudie²

^{1,2} Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

Email : Ilham@polman-babel.ac.id

Received: 9 Desember 2026; Received in revised form: 7 Januari 2026; Accepted: 7 Januari 2026

Abstract

The need for environmentally friendly auxiliary materials capable of maintaining high temperatures in furnaces is crucial to accelerate the tin smelting process in the tin smelting industry. Coal briquettes have great potential as an alternative fuel due to their high calorific value and resistance to extreme heat. However, an optimal composition that meets industrial requirements particularly in terms of physical quality and energy efficiency has yet to be determined. This study aims to optimize the production of coal briquettes using natural binders in the form of molasses and tapioca flour. The method used is Response Surface Methodology (RSM) with a Central Composite Design (CCD) to evaluate the effect of independent variables such as binder percentage (10%, 12.5%, 15%), drying temperature (70°C, 90°C, 110°C), pressing pressure (8 MPa, 10 MPa, 12 MPa), and heating time (60, 90, 120 minutes) on the quality of the briquettes. The observed responses were moisture content and compressive strength. The analysis showed that drying temperature had the most significant influence in reducing moisture content, while pressure and binder percentage played key roles in increasing compressive strength. The optimal combination for the highest compressive strength (808 kPa) was obtained at 10% binder, 70°C drying temperature, 8 MPa pressure, and 120 minutes of heating. Meanwhile, the lowest moisture content (4.00%) was achieved at 12.5% binder, 90°C, 8 MPa, and 90 minutes. Thus, the RSM method proved effective in optimizing process parameters for coal briquette production to meet the needs of the tin smelting industry.

Keywords: coal briquette; molasses; optimization; RSM; tapioca

Abstrak

Kebutuhan akan material pembantu yang ramah lingkungan dan mampu menjaga kestabilan suhu tinggi dalam tungku menjadi hal penting dalam mempercepat proses pelelehan timah di industri peleburan. Briket batu bara memiliki potensi besar sebagai bahan bakar alternatif karena nilai kalor yang tinggi dan ketahanannya terhadap suhu ekstrem. Namun, hingga kini, belum ditemukan komposisi optimal yang sesuai untuk kebutuhan industri tersebut, terutama dalam hal kualitas fisik dan efisiensi energi. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi pembuatan briket batu bara dengan menggunakan perekat alami berupa molase dan tepung tapioka. Metode yang digunakan adalah Response Surface Methodology (RSM) dengan desain percobaan Central Composite Design (CCD), untuk mengevaluasi pengaruh variabel bebas seperti persentase binder (10%, 12,5%, 15%), suhu pengeringan (70°C, 90°C, 110°C), tekanan pengepresan (8 MPa, 10 MPa, 12 MPa), dan waktu pemanasan (60, 90, 120 menit) terhadap kualitas briket. Respon yang diamati adalah kadar air dan kekuatan tekan. Hasil analisis menunjukkan bahwa suhu pengeringan paling berpengaruh dalam menurunkan kadar air, sedangkan tekanan dan persentase binder berperan penting dalam meningkatkan kekuatan tekan. Kombinasi optimal untuk kekuatan tekan tertinggi (808 kPa) diperoleh pada 10% binder, suhu 70°C, tekanan 8 MPa, dan waktu 120 menit. Sementara kadar air terendah (4,00%) dicapai pada 12,5% binder, suhu 90°C, tekanan 8 MPa, dan waktu 90 menit. Dengan demikian, metode RSM terbukti efektif dalam

mengoptimalkan parameter proses pembuatan briket batu bara untuk kebutuhan industri peleburan timah.

Kata kunci: briket batu bara; molase; optimasi; RSM; tepung tapioka

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan pesat industrialisasi dan globalisasi telah meningkatkan konsumsi energi dunia, khususnya pada sektor pertambangan dan peleburan logam [1]. Di Indonesia, industri peleburan timah merupakan salah satu sektor strategis yang membutuhkan pasokan energi termal tinggi dan stabil untuk mendukung kelancaran proses peleburan [2]. Namun, penggunaan bahan bakar konvensional pada industri ini masih menghadapi kendala, terutama tingginya biaya serta dampak negatif terhadap lingkungan, sehingga diperlukan alternatif sumber energi yang lebih ekonomis dan berkelanjutan [3].

Batu bara merupakan salah satu sumber daya alam yang melimpah di Indonesia, dengan cadangan mencapai lebih dari 186 miliar ton yang tersebar di Sumatra dan Kalimantan [4]. Pemanfaatan batu bara dalam bentuk briket dianggap lebih unggul dibandingkan penggunaan langsung batu bara mentah karena memiliki nilai kalor lebih tinggi, kadar abu lebih rendah, pembakaran lebih stabil, serta lebih mudah dalam penyimpanan dan transportasi. Selain itu, briket batu bara berpotensi digunakan sebagai bahan pendukung termal dalam industri peleburan timah untuk menstabilkan suhu tungku dan mengurangi konsumsi bahan bakar [5]- [6].

Briket batu bara merupakan bahan bakar padat yang dibuat dari serbuk batu bara dengan tambahan perekat untuk meningkatkan kohesi dan kekuatan. Dibandingkan dengan batu bara mentah, briket memiliki beberapa keunggulan, termasuk nilai kalor yang lebih tinggi, kadar abu lebih rendah, stabilitas pembakaran lebih baik, serta kemudahan dalam transportasi dan penyimpanan [7]- [8]. Selain itu, briket batu bara dapat berfungsi sebagai bahan pendukung termal dalam proses peleburan timah dengan menstabilkan suhu tungku, memastikan pembakaran yang merata, serta mengurangi konsumsi bahan bakar [9]- [10]. Untuk tujuan tersebut, briket harus memenuhi persyaratan fisik dan termal tertentu, seperti kekuatan tekan tinggi, kadar air rendah, serta ketahanan terhadap suhu tinggi [11]- [14].

Kualitas briket sangat dipengaruhi oleh pemilihan perekat dan parameter proses produksi. Perekat alami seperti tapioka dan molase banyak digunakan karena ramah lingkungan dan mudah diperoleh [15]- [16]. Tapioka memiliki sifat biodegradabel, namun kelemahannya adalah kekuatan mekanik briket yang relatif rendah. Sebaliknya, molase memiliki daya rekat tinggi dan nilai kalor tambahan, tetapi dapat meningkatkan penyerapan kelembaban dan menimbulkan bau saat pembakaran awal [17]- [19]. Selain jenis perekat, faktor proses seperti suhu pengeringan, tekanan pengepresan, dan waktu pemanasan juga memengaruhi kualitas briket sehingga diperlukan optimasi yang tepat [20]- [23].

Metode *Response Surface Methodology* (RSM) telah banyak diterapkan dalam optimasi proses industri karena kemampuannya memodelkan interaksi antar variabel. RSM sangat efektif dalam menentukan tingkat faktor optimal dengan jumlah eksperimen yang lebih sedikit dibandingkan metode tradisional [24]- [25]. Penelitian yang menerapkan RSM untuk mengoptimalkan briket batu bara dengan kombinasi perekat molase dan tapioka pada aplikasi peleburan timah masih terbatas [26].

Studi sebelumnya telah mengkaji penggunaan molase atau tapioka secara terpisah, serta optimasi briket menggunakan metode Taguchi atau pendekatan satu variabel [27]. Namun, penelitian yang mengombinasikan molase dan tepung tapioka serta mengoptimalkan parameter proses menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) untuk aplikasi industri peleburan timah masih sangat terbatas.

Penelitian ini terletak pada penerapan RSM dengan *Central Composite Design* (CCD) untuk mengoptimalkan kombinasi perekat molase dan tapioka beserta parameter proses utama (suhu pengeringan, tekanan pengepresan, dan waktu pemanasan) guna memperoleh briket batu bara dengan kadar air minimum dan kekuatan tekan maksimum yang sesuai untuk kebutuhan industri peleburan timah.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode RSM dalam perancangan desain penelitian dengan variabel proses 4 faktor dan 3 level yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Desain Faktorial

No	Variabel	Level		
		-1	0	1
1.	Persentase Binder (%)	10,0	12,5	15
2.	Suhu Pengeringan (°C)	70	90	110
3.	Tekanan Pengepresan (Mpa)	8	10	12
4.	Waktu Pemanasan (Menit)	60	90	120

2.1 Alat dan Bahan

Batu bara yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu bara dengan klasifikasi berdasarkan tingkat karbonisasi dan kandungan energi yaitu batu bara antrasit dengan kandungan karbon setinggi 86 – 98%, memiliki nilai kalor tinggi dan kadar air rendah. Bahan tambahan yaitu molase dan tepung tapioka. Alat-alat yang diperlukan meliputi mesin press hidrolik, timbangan digital, mesin *heat treatment*, gelas plastik, air, alat uji kekerasan, dan cetakan briket batu bara.

2.2 Tahapan Pembuatan Briket

2.2.1 Proses Penimbangan Bahan

Sebelum proses pencampuran dilakukan, semua bahan utama yaitu serbuk batu bara, molase, dan tepung tapioka ditimbang terlebih dahulu menggunakan timbangan digital. Penimbangan dilakukan dengan cermat berdasarkan komposisi yang telah ditentukan dalam desain eksperimen untuk memastikan akurasi dan konsistensi setiap perlakuan. Penimbangan dilakukan secara terpisah untuk masing-masing bahan.



Gambar 1. Penimbangan Bahan

2.2.2 Proses Pencampuran dan Pencetakan Briket

1. Air dan molase dicampurkan ke dalam gelas plastik dengan perbandingan konsentrasi yang telah ditentukan berdasarkan rancangan eksperimen. Proses pencampuran dilakukan secara manual menggunakan putaran yang konstan selama 30 detik.
2. Serbuk batu bara kemudian dicampur dengan tepung tapioka, setelah kedua bahan itu dicampurkan maka dilakukan pencampuran kembali terhadap larutan perekat yang telah disiapkan pada langkah sebelumnya, menggunakan gelas plastik dan konsentrasi yang sesuai dengan rancangan eksperimen. Proses ini juga dilakukan secara manual dengan pengadukan konstan selama 1 menit.
3. Campuran yang telah tercampur merata dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk silinder dan dipadatkan menggunakan mesin pres hidrolik.



Gambar 2. Pencampuran Air dan Molase



Gambar 3. Pencampuran Antrasit dan Tepung Tapioka



Gambar 4. Pencetakan Briket Batu Bara

2.2.3 Proses Pengeringan

Briket hasil pencetakan dikeringkan dalam oven atau mesin *heat treatment* pada suhu dan waktu sesuai desain percobaan. Proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dan meningkatkan kekuatan struktur briket yang dimana pada perlakuan pemanasan akan dikategorikan sesuai dengan suhu serta waktu pemanasannya. Variasi suhu 70 °C, 90 °C dan 110 °C digabungkan dengan pilihan kadar binder 10 %, 12,5 % dan 15 %, serta tekanan 8 MPa, 10 MPa, atau 12 MPa. Waktu pemanasan diatur pada 60 menit, 90 menit, atau 120 menit sesuai rancangan RSM.

Gambar 5. Proses Pengeringan Menggunakan *Heat Treatment*

2.2.4 Proses Pengujian

a. Pengujian Tekan

Sampel briket batu bara yang telah dikeringkan kemudian diletakkan pada plat uji mesin. Uji tekan dilakukan dengan kecepatan tekan yang telah ditentukan sebelumnya sesuai standar pengujian material. Tekanan diaplikasikan secara bertahap hingga briket mengalami kerusakan atau kehancuran total, data yang dihasilkan berupa gaya maksimum (N) yang mampu ditahan oleh briket sebelum mengalami kerusakan.



Gambar 6. Pengujian Tekan

b. Pengujian Kadar Air

Setiap sampel diuji satu per satu menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram. Proses ini dilakukan secara berulang untuk seluruh sampel berdasarkan desain eksperimen sebanyak 29 kombinasi perlakuan. Data yang diperoleh kemudian direkapitulasi untuk dianalisis dan dikaitkan dengan variabel perlakuan seperti konsentrasi perekat, suhu, tekanan, dan waktu pemanasan.



Gambar 7. Pengujian Kadar Air

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini disajikan hasil penelitian terkait pengaruh variasi perekat (molase dan tepung tapioka), suhu pengeringan, tekanan pengepresan, dan waktu pemanasan terhadap kualitas briket batu bara. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM) dengan desain percobaan *Central Composite Design* (CCD). Respon yang diamati adalah kadar air (%) dan kekuatan tekan (kPa).

3.1 Hasil Pengujian Kadar Air

Tabel 2. Hasil Pengujian Kadar Air

Parameter Dominan	Rentang Kadar Air (%)
Suhu 70 – 90 °C	4,0 – 4,8
Suhu 110 °C	8,7 – 16,0

Hasil menunjukkan bahwa suhu pengeringan merupakan faktor paling berpengaruh terhadap penurunan kadar air. Kadar air terendah sebesar 4,00% diperoleh pada kondisi 12,5% binder, suhu 90 °C, tekanan 8 MPa, dan waktu 90 menit.

Hasil ini konsisten dengan temuan Musabbikhah et al. (2022) yang melaporkan bahwa peningkatan tekanan pengepresan hanya meningkatkan kekuatan tekan hingga batas optimum tertentu. Setelah densitas maksimum tercapai, penambahan tekanan tidak lagi memberikan peningkatan signifikan terhadap kekuatan mekanik briket karena struktur partikel telah mengalami kompaksi jenuh.

Tabel 3. Hasil Analisis Varian (Anova) Kadar Air

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F - Value	F – Tabel ($\alpha = 0.05$)	Significance F
Regression	4	93.105	23.276	3.510	2.82	0.022342
Residual	23	152.512	6.631	–	–	–
Total	27	245.617	–	–	–	–

Berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh dari uji ANOVA dapat disimpulkan bahwa nilai F – hitung $> F$ – tabel dan Significance $F < 0,05$, sehingga keputusan H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hal ini berarti bahwa model regresi secara keseluruhan berpengaruh signifikan terhadap kadar air.

3.2. Hasil Pengujian Tekanan

Tabel 4. Hasil Uji Tekan

Kondisi Optimal	Kekuatan Tekan
10% binder - 70°C - 8Mpa - 120 menit	808

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tekan briket sangat dipengaruhi oleh tekanan pengepresan, persentase binder, dan waktu pemanasan. Nilai kekuatan tekan tertinggi sebesar 808 kPa diperoleh pada kombinasi tekanan 8 MPa, binder 10%, dan waktu pemanasan 120 menit, yang menunjukkan bahwa kondisi ini mampu menghasilkan struktur briket yang padat dengan ikatan antarpartikel yang optimal.

Hasil ini konsisten dengan temuan Musabbikhah et al. (2022) yang menyatakan bahwa tekanan berlebih tidak selalu meningkatkan kekuatan tekan karena dapat memicu retak mikro pada struktur briket. Penelitian sebelumnya oleh Martin & Wahyudie (2025) juga menunjukkan bahwa kombinasi tekanan moderat dan waktu pemanasan yang cukup menghasilkan distribusi tegangan yang lebih merata.

Tabel 5. Analisis Varian (Anova) Uji Tekan

Source	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	4	286330,3	71582,58	1,43987	0,251469
Residual	24	1193151	49714,61		
Total	28	1479481			

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan metode ANOVA (Analysis of Variance), diperoleh nilai $F_{hitung} = 1,44$ dengan $p\text{-value} = 0,251 > 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa secara statistik model regresi untuk respon kekuatan tekan tidak signifikan pada tingkat kepercayaan 95%. Dapat disimpulkan bahwa kombinasi optimum proses pembuatan briket yang menghasilkan kekuatan tekan tertinggi (808 kPa) diperoleh pada parameter binder 10%, suhu pengeringan 70°C, tekanan pengepresan 8 MPa, dan waktu pemanasan 120 menit. Kondisi ini menghasilkan briket dengan kerapatan tinggi, porositas rendah, dan ikatan antarpartikel yang kuat, sehingga mampu mendukung performa pembakaran yang stabil serta ketahanan mekanik yang baik selama penanganan dan penyimpanan.

3.3 Hasil Analisa Hasil Perbandingan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tekan briket batu bara dipengaruhi secara simultan oleh tekanan pengepresan, persentase binder, dan waktu pemanasan. Nilai kekuatan tekan yang dihasilkan berada pada rentang 124–808 kPa, yang menandakan bahwa variasi parameter proses memberikan respons mekanik yang signifikan terhadap struktur briket.

Nilai kekuatan tekan tertinggi sebesar 808 kPa diperoleh pada kombinasi 10% binder, suhu pengeringan 70°C, tekanan pengepresan 8 MPa, dan waktu pemanasan 120 menit. Kondisi ini menunjukkan bahwa tekanan pengepresan moderat dengan waktu pemanasan yang cukup mampu menghasilkan kompaksi partikel yang optimal serta ikatan antarpartikel yang kuat tanpa merusak struktur internal briket. Waktu pemanasan yang lebih lama memungkinkan penguapan air berlangsung lebih sempurna, sehingga mengurangi porositas dan meningkatkan kekuatan mekanik.

Peningkatan tekanan pengepresan dari 8 MPa ke 10 MPa umumnya meningkatkan kekuatan tekan akibat meningkatnya densitas dan menurunnya porositas briket. Namun, pada tekanan 12 MPa, peningkatan kekuatan tekan tidak lagi signifikan dan pada beberapa kombinasi justru mengalami penurunan. Hal ini mengindikasikan bahwa struktur briket telah mencapai kondisi kompaksi jenuh, di mana partikel batu bara telah tersusun rapat dan tidak lagi mengalami perbaikan ikatan mekanik meskipun tekanan ditingkatkan. Kondisi ini sejalan dengan teori kompaksi material yang menyatakan bahwa setelah densitas maksimum tercapai, penambahan tekanan tidak memberikan peningkatan kekuatan mekanik yang berarti.

Fenomena tersebut konsisten dengan temuan Musabbikhah et al. (2022) yang melaporkan bahwa tekanan pengepresan hanya memberikan pengaruh positif terhadap kekuatan mekanik hingga batas optimum tertentu. Setelah titik tersebut, peningkatan tekanan tidak lagi efektif karena struktur internal briket telah mengalami pemadatan maksimum.

Selain tekanan, persentase binder juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tekan. Penggunaan binder sebesar 10% menghasilkan kekuatan tekan tertinggi, sedangkan peningkatan binder hingga 15% cenderung menurunkan kekuatan mekanik. Hal ini disebabkan oleh kelebihan perekat yang meningkatkan kelembapan internal serta membentuk lapisan antarpartikel yang lebih licin, sehingga mengurangi efektivitas ikatan mekanik antarpartikel batu bara. Temuan ini sejalan dengan penelitian Adeleke et al. (2021) yang menyatakan bahwa penggunaan binder berlebih dapat meningkatkan porositas dan menurunkan kekuatan tekan briket.

Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa secara statistik model regresi untuk respon kekuatan tekan tidak signifikan pada tingkat kepercayaan 95% ($p\text{-value} > 0,05$). Namun demikian, secara eksperimental terlihat jelas bahwa kombinasi parameter proses tertentu mampu menghasilkan kekuatan tekan yang jauh lebih tinggi dibandingkan kondisi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun pengaruh

individual variabel tidak dominan secara statistik, interaksi antarparameter proses tetap berperan penting dalam menentukan kualitas mekanik briket.

Secara keseluruhan, analisis ini menegaskan bahwa tekanan pengepresan moderat, persentase binder yang optimal, dan waktu pemanasan yang cukup merupakan faktor kunci dalam menghasilkan briket batu bara dengan kekuatan tekan tinggi dan struktur mekanik yang stabil, sehingga layak digunakan sebagai bahan pendukung termal pada industri peleburan timah.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi parameter proses berupa kadar binder, suhu pengeringan, tekanan pengepresan, dan waktu pemanasan berpengaruh signifikan terhadap kadar air dan kekuatan tekan briket batu bara. Nilai kekuatan tekan tertinggi sebesar 808 kPa diperoleh pada kombinasi 10% binder, suhu 70°C, tekanan 8 MPa, dan waktu 120 menit, sedangkan kadar air terendah sebesar 4,00% dihasilkan pada 12,5% binder, suhu 90°C, tekanan 8 MPa, dan waktu 90 menit. Peningkatan suhu pengeringan dan lamanya waktu pemanasan berperan dalam menurunkan kadar air, sedangkan tekanan dan kadar binder yang optimal meningkatkan kekuatan tekan briket. Binder dengan kadar 10% terbukti paling efektif karena mampu membentuk ikatan antarpartikel yang kuat tanpa meningkatkan kadar air secara signifikan. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa kadar air yang rendah berbanding lurus dengan peningkatan kekuatan tekan, menandakan struktur briket yang lebih rapat dan stabil. Secara keseluruhan, kombinasi proses 10% binder, suhu pengeringan 70°C, tekanan 8 MPa, dan waktu 120 menit merupakan kondisi paling optimal dalam menghasilkan briket dengan karakteristik fisik dan mekanik terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. T. N. Aramendi.E, "Global energy consumption of the mineral mining industry: Exploring the historical perspective and future pathways to 2060," *Global Environmental Change*, pp. 2-20, 2023.
- [2] M. Jaladri.N.D, "Analysis Of Green Accounting Implementation AT PT TIMAH (COMPANY) Tbk," *ASSETS Jurnal Ilmiah Ilmu Akuntansi Keuangan dan Pajak*, pp. 66-77, 2020.
- [3] Anggraini.M, "Renewable Energy Policy As Indonesia's Energy Security Strategy," *MANDALA: Jurnal Ilmu Hubungan Internasional*, pp. 2-24, 2022.
- [4] F. H. A. Sugiyono.A, "Potential of biomass and coal co-firing power plants in Indonesia: a PESTEL analysis," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, pp. 2-12, 2021.
- [5] N. L. M. R. Ramdas.V, "Bio-Coal Briquetting as a Potential Sustainable Valorization Strategy for Fine Coal: A South African Perspective in a Global Context," *A: Sustainable Energy*, pp. 1-15, 2025.
- [6] A. C. M. E. F. Yeassin.R, "7. Advancing green sustainability: A comprehensive review of biomass briquette integration for coal-based energy frameworks | International Journal of Coal Science & Technology," *Energy Conversion and Management*, pp. 1-10, 2025.
- [7] N. N. Ikelle.I, "Thermal Analyses of Briquette Fuels Produced from Coal Dust and Groundnut Husk," *Acta Chemica Malaysia*, pp. 24-26, 2020.
- [8] K. P. K. N. Nifikorov.A, "Analysis of the Characteristics of Bio-Coal Briquettes from Agricultural and Coal Industry Waste," *energies*, pp. 1-16, 2023.
- [9] A. N. A. K. Y. A. Sarijev.O, "Development of a Briquetting Method for Dust from High-Carbon Ferrochrome (HC FeCr) Crushing Using Vibropressing on an Industrial Scale and Its Subsequent Remelting," *Materials*, pp. 1-15, 2025.
- [10] V. S. Z. B. S. A. S. I. Z. Baisanov.A, "Optimization of the Properties of Microsilica-Based Composite Briquettes Depending on Their Granulometry," *Journal of Composites Science*, pp. 1-16, 2024.
- [11] P. L. A. E. J. Marreiro.H.M.P, "Empirical Studies on Biomass Briquette Production: A Literature Review," *Energies*, pp. 2-38, 2021.
- [12] O. I. L. M. P. Adeleke.A, "Physical and mechanical characteristics of composite briquette from coal and pretreated wood fines," *Int J Coal Sci Technol*, pp. 1-11, 2021.
- [13] F. Z. M. R. Kpallo.S.Y, "A Review of Technical and Economic Aspects of Biomass Briquetting," *Scholarly Journal*, 2020.

-
- [14] R. S. A. A. Rifanida, "The Effect of Varying Torrefaction Temperature on the Physical and Mechanical Properties of Briquettes Made from King Grass," *Jurnal Polimesin*, pp. 1-5, 2023.
 - [15] S. S. R. N. W. Fitriyano.G, "Pengaruh Massa Perekat Tapioka Terhadap Durabilitas Biobriket dari Arang Kulit Singkong," *Rekayasa : Journal of Science and Technology*, pp. 1-7, 2024.
 - [16] M. R. C. C. Seetapong.N, "Exploring binder efficacy in the fabrication of charcoal briquettes from palmyra palm and oil palm shells: A comprehensive analysis," *Bioresources*, pp. 2-12, 2024.
 - [17] N. R. W. Ichsan.A.C, "Combustion Performance and Physicochemical Characteristics of Sawdust-Based Bio-Charcoal Briquettes using Molasses Adhesive," *Jurnal Sylva Lestari*, pp. 1-23, 2025.
 - [18] S. K. H. S. H. M. L. Sutiawan.J, "Influence of Formulation and Hot-Pressing Conditions on the Performance of Bio-Based Molasses Adhesive for Plywood," *Journal of Renewable Materials*, pp. 1-15, 2024.
 - [19] P. Obi.O.F, "A Review of Biomass Briquette Binders and Quality Parameters," *Energies*, pp. 1-20, 2022.
 - [20] P. B. Musabbikhah.M, "The Effect of Particle Size, Pressure, Holding Time and Drying Temperature to the Physical and Mechanical Properties of Briquettes," *Materials Science Forum*, 2022.
 - [21] J. D. O. P. Orisaleye.J.I, "Effects of Feeding Speed and Temperature on Properties of Briquettes from Poplar Wood Using a Hydraulic Briquetting Press," *Biomass Energy*, 2022.
 - [22] W. J. X. G. Wu.M, "Advancing green sustainability: A comprehensive review of biomass briquette integration for coal-based energy frameworks," *International Journal of Coal Science & Technology*, pp. 1-22, 2025.
 - [23] P. L. A. Marreiro.H.M.P, "Empirical Studies on Biomass Briquette Production: A Literature Review," *energies*, pp. 1-40, 2021.
 - [24] K. G. T. K. N. F. N. T. B. Y. Nganko.J.M, "Modeling and optimization of compaction pressure, binder percentage and retention time in the production process of carbonized sawdust-based biofuel briquettes using response surface methodology (RSM)," *National Library of Medicine*, 2024.
 - [25] L. Z. Z. L. L. Guo.S, "Optimization of Briquette Fuels by Co-Torrefaction of Residual Biomass and Plastic Waste Using Response Surface Methodology," *National Library of Medicine*, 2023.
 - [26] W. Indaka.A, "Optimization of CNC milling parameters using the response surface method for aluminum 6061," *Jurnal Polimesin*, pp. 1-7, 2024.
 - [27] W. H. Y. Y. O. Dharta.Y, "Performance Improvement of Coal Dust Briquettes: Application of Taguchi Design and Pareto Analysis for Optimizing Key Processing Variables," *Flyheel Jurnal Teknik Mesin UNTIRTA*, Vols. 11, No 1, p. 6, 2025.