ANALISIS EMISI HASIL PEMBAKARAN BRIKET BIOMASSA CAMPURAN SERBUK KAYU DAN SABUT KELAPA

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh

Rahma Dwi Shinta Sundawi

NIM. 09020522038

Dosen Pembimbing:

Dr. Erry Ika Rhofita, S.TP., M.P.

Widya Nilandita, M.KL.

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA

2026

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir oleh:

Nama	: Rahma Dwi Shinta Sundawi
NIM	: 09020522038
Judul Tugas Akhir	: Analisis Emisi Hasil Pembakaran Briket Biomassa Campuran Serbuk Kayu dan Sabut Kelapa

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan,

Surabaya, 19 Juni 2026

Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
Dr. Erry Ika Rhofita, S. TP., M.P.	**Widya Nilandita, M.KL.**
NIP. 198709022014032004	NIP. 198410072014032002

Dipindai dengan CamScanner

HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas akhir oleh:

Nama	: Rahma Dwi Shinta Sundawi
NIM	: 09020522038
Judul Tugas Akhir	: Analisis Emisi Hasil Pembakaran Briket Biomassa Campuran Serbuk Kayu dan Sabut Kelapa

Telah dipertahankan di depan tim penguji Skripsi
Di Surabaya, 19 Juni 2026

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Penguji I

Dr. Erry Ika Rhofita, S. TP., M.P.
NIP. 198709022014032004

Penguji II

Widya Nilandita, M.KL.
NIP. 198410072014032002

Penguji III

Yusrianti, M.T.
NIP. 198210222014032001

Penguji IV

Nadinda Aisyah K., M.T.
NIP. 199606272025052005

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. A. Saepul Hamdani, M.Pd.
NIP. 196507312000031002

Dipindai dengan CamScanner

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rahma Dwi Shinta Sundawi

NIM : 09020522038

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2022

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiasi dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul "ANALISIS EMISI HASIL PEMBAKARAN BRIKET BIOMASSA CAMPURAN SERBUK KAYU DAN SABUT KELAPA". Apabila suatu nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 19 Juni 2026

Yang Menyatakan,



(Rahma Dwi Shinta Sundawi)

NIM. 09020522038

Dipindai dengan CamScanner

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : RAHMA DWI SHINTA SUNDAWI
NIM : 09020522038
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : 09020522038@student.uinsby.ac.id

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:
☑ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul:

ANALISIS EMISI HASIL PEMBAKARAN BRIKET BIOMASSA CAMPURAN SERBUK KAYU DAN SABUT KELAPA

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 19 Juni 2026

Penulis

(RAHMA DWI SHINTA SUNDAWI)

Dipindai dengan CamScanner

ABSTRAK

Biomassa merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sekaligus meningkatkan nilai guna limbah organik. Salah satu bentuk pemanfaatannya adalah briket biomassa dari campuran serbuk kayu dan sabut kelapa. Namun, proses pembakarannya masih menghasilkan emisi gas pencemar. Penelitian ini bertujuan menganalisis konsentrasi emisi karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO_2), dan nitrogen oksida (NOx), mengetahui perbedaan emisi berdasarkan variasi komposisi serbuk kayu dan sabut kelapa serta jenis perekat, dan mengevaluasi kesesuaiannya dengan baku mutu emisi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan enam variasi perlakuan, yaitu tiga komposisi serbuk kayu dan sabut kelapa (1:1, 3:1, dan 1:3) serta dua jenis perekat, yaitu lateks dan molase. Pengukuran emisi dilakukan menggunakan gas analyzer pada pembakaran briket dengan kompor biomassa. Data dianalisis secara deskriptif, dilanjutkan dengan uji normalitas Shapiro–Wilk, uji Kruskal–Wallis, dan uji Mann–Whitney U. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada emisi CO dan CO_2 berdasarkan variasi komposisi serbuk kayu dan sabut kelapa ($p < 0,05$), sedangkan emisi NOx tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$). Perbedaan jenis perekat juga tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap emisi CO, CO_2, maupun NOx ($p > 0,05$). Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 047 Tahun 2006, seluruh variasi briket memenuhi baku mutu emisi CO, sedangkan emisi NOx masih melebihi baku mutu. Dengan demikian, perbedaan komposisi bahan memengaruhi karakteristik emisi pembakaran briket biomassa, sedangkan penggunaan perekat lateks dan molase menghasilkan karakteristik emisi yang relatif sama.

Kata kunci: briket biomassa, serbuk kayu, sabut kelapa, emisi pembakaran, karbon monoksida, karbon dioksida, nitrogen oksida.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/

ABSTRACT

Biomass is one of the alternative energy sources that can be utilized to reduce dependence on fossil fuels while increasing the value of organic waste. One form of its utilization is biomass briquettes made from a mixture of sawdust and coconut coir. However, the combustion process still produces pollutant gas emissions. This study aimed to analyze the concentrations of carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO_2), and nitrogen oxides (NOx) emissions, examine the differences in emissions based on the composition of sawdust and coconut coir and the type of binder used, and evaluate their compliance with emission standards. This study employed an experimental method with six treatment variations consisting of three sawdust-to-coconut coir ratios (1:1, 3:1, and 1:3) and two types of binders, namely latex and molasses. Emission measurements were carried out using a gas analyzer during briquette combustion in a biomass stove. The data were analyzed descriptively, followed by the Shapiro–Wilk normality test, the Kruskal–Wallis test, and the Mann–Whitney U test. The results showed significant differences in CO and CO_2 emissions among the different sawdust and coconut coir compositions ($p < 0.05$), whereas NOx emissions did not differ significantly ($p > 0.05$). Likewise, the type of binder did not result in significant differences in CO, CO_2, or NOx emissions ($p > 0.05$). Based on the Regulation of the Minister of Energy and Mineral Resources No. 047 of 2006, all briquette variations complied with the CO emission standard, while NOx emissions exceeded the permissible limit. These findings indicate that differences in the composition of raw materials affect the emission characteristics of biomass briquette combustion, whereas the use of latex and molasses as binders produces relatively similar emission characteristics.

Keywords: *biomass briquettes, sawdust, coconut coir, combustion emissions, carbon monoxide, carbon dioxide, nitrogen oxides.*

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ..... **ii**
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR ..... **iii**
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN ..... **iv**
HALAMAN TURNITIN ..... **v**
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ..... **vi**
HALAMAN MOTTO ..... **vii**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **viii**
KATA PENGANTAR ..... **xii**
ABSTRAK ..... **xiv**
ABSTRACT ..... **xv**
DAFTAR ISI ..... **xvi**
DAFTAR TABEL ..... **xviii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xix**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 6
1.3 Tujuan Penelitian 7
1.4 Manfaat Penelitian 7
1.5 Batasan Masalah 8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **9**
2.1 Krisis Energi dan Emisi Gas Rumah Kaca 9
2.2 Energi Terbarukan 11
2.3 Biomassa sebagai Sumber Energi 12
2.4 Briket 13
2.4.1 Sabut Kelapa 13
2.4.2 Serbuk Kayu 14
2.4.3 Perekat 15
2.5 Kompor Biomassa 18
2.6 Emisi Udara 19
2.6.1 Sumber Pencemar Udara 19
2.6.2 Emisi dari Proses Pembakaran Biomassa 20

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A
http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/

2.6.3 Karakteristik Emisi 20
2.6.3.1 Karbon Monoksida (CO) 21
2.6.3.2 Karbon Dioksida (CO_2) 21
2.6.3.3 Nitrogen Oksida (NOx) 22
2.7 Baku Mutu Emisi 23
2.8 Integrasi Keislaman 25
2.9 Uji Statistik 25
2.10 Penelitian Terdahulu 26
BAB III METODE PENELITIAN 38
3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian 38
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 39
3.3 Alat dan Bahan Penelitian 39
3.3.1 Alat Penelitian 39
3.3.2 Bahan Penelitian 41
3.4 Kerangka Berpikir Penelitian 41
3.5 Variabel Penelitian 42
3.6 Tahapan Penelitian 43
3.7 Prosedur Pengujian dan Pengukuran Emisi 45
3.8 Desain Penelitian 47
3.9 Analisis Data 48
3.10 Hipotesis Penelitian 49
BAB IV HASIL PEMBAHASAN 50
4.1 Hasil Pengukuran Emisi 50
4.2 Emisi Karbon Monoksida (CO) 58
4.3 Emisi Karbon Dioksida (CO_2) 65
4.4 Emisi Nitrogen Oksida (NO_X) 72
BAB V PENUTUP 80
5.1 Kesimpulan 80
5.2 Saran 81
DAFTAR PUSTAKA 82
LAMPIRAN 94

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 047 Tahun 2006 24
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu 26
Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat 40
Tabel 3. 2 Variabel Penelitian 43
Tabel 3. 3 Kombinasi Perlakuan 48
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Emisi 51
Tabel 4. 2 Hasil Uji Statistik Emisi CO dengan Uji Kruskal-Wallis Komposisi Bahan 62
Tabel 4. 3 Hasil Uji Statistik Emisi CO dengan Uji Mann-Whitney U Variasi Perekat 62
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Emisi CO 64
Tabel 4. 5 Hasil Uji Statistik Emisi CO_2 dengan Uji Kruskal-Wallis Komposisi Bahan 68
Tabel 4. 6 Hasil Uji Statistik Emisi CO_2 dengan Uji Mann-Whitney U Variasi Perekat 68
Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Emisi CO_2 70
Tabel 4. 8 Hasil Uji Statistik Emisi NO_X dengan Uji Kruskal-Wallis Komposisi Bahan 74
Tabel 4. 9 Hasil Uji Statistik Emisi NO_X dengan Uji Mann-Whitney U Variasi Perekat 75
Tabel 4. 10 Hasil Pengukuran Emisi NO_X 77

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Terjadinya Pemanasan Global 9
Gambar 2. 2 Sabut Kelapa 14
Gambar 2. 3 Serbuk Kayu 15
Gambar 2. 4 Perekat Latex 16
Gambar 2. 5 Perekat Molase 17
Gambar 2. 6 Contoh Kompor Biomassa 18
Gambar 3. 1 Kerangka Berpikir Penelitian 42
Gambar 3. 2 Tahapan Penelitian Pembakaran Emisi 44
Gambar 3. 3 Skema Penelitian 45
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pembakaran Briket 53
Gambar 4. 2 Hasil Emisi Pembakaran Briket Karbon Monoksida (CO) 60
Gambar 4. 3 Hasil Emisi Pembakaran Briket Karbon Dioksida (CO_2) 66
Gambar 4. 4 Hasil Emisi Pembakaran Briket Nitrogen Oksida (NOx) 73

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/

DAFTAR PUSTAKA

Adhiguna, R. T., & Rejo, A. (2019). *Karakteristik briket daun dan batang tanaman nanas menggunakan perekat alami lateks*. *9*(2), 110–115.

AK, A. A. W., Yulianti, N. L., & Gunadnya, I. B. P. (2021). *Karakteristik Briket Biomassa dari Variasi Bahan Baku Dan Persentase Perekat yang Berbeda*. *9*.

Ardiansyah, I., Putra, A. Y., & Sari, Y. (2022). *Review : Analisis Nilai Kalor Berbagai Jenis Briket Biomassa Secara Kalorimeter*. *4*(2), 120–133. https://doi.org/10.25299/jrec.2022.vol4(2).10735

Arief, S. A., Achir, N., & Puluhulawa, I. (2026). *Pemanfaatan Biomassa sebagai Energi Baru Terbarukan: Telaah Regulasi dan Dampak Lingkungan di Provinsi Gorontalo The Use of Biomass as a New Renewable Energy: An Analysis of Regulations and Environmental Impacts in Gorontalo Province*. *6*.

Aryanta, I. W. R., & Maharani, S. E. (2023). *Dampak Buruk Polusi Udara Bagi Kesehatan dan Cara Meminimalkan Risikonya*. *3*, 47–58.

Asmiani, N., Lestari, A., & Thamsi, A. B. (2024). *Analisis Uji Emisi Pada Asap Hasil Pembakaran Briket Dari Campuran Batubara Dan Limbah Plastik LDPE Emission Test Analysis On Bricket Combustion Smoke From Mixed Coal And LDPE Plastic Waste*. *2*(2), 49–55. https://doi.org/10.58227/jesta.v2i2.206

Azhar, R. F. (2022). *Analisis Biaya Kerugian Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Akibat Volume Llu Lintas Di Ruas Jalan Kota Bandar Lampung (Studi Kasus Jalan Urip Sumoharjo, Bandar Lampung)*.

Badia, B. A., Sudia, B., Mangalla, L. K., Gunawan, Y., Aksar, P., Samhuddin, Putra, M. I., Abdul, G. L. O., Larobu, F. E., Darwis, M., Defi, S., Darwin, & Efendi, R. (2024). *Analisis pengaruh komposisi perekat terhadap karakteristik termal briket arang pelepah sagu sebagai bahan bakar alternatif*. *10*(1), 38–45.

Barita, & Sutrisno, F. (2019). *Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap Kinerja Kompor Biomassa Menggunakan Bahan Bakar Limbah Kayu Mahoni Sebagai*

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A
http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/

Bahan Bakar Alternatif. *32*, 29–36.

Bhattacharya, S. C., & Salam, P. A. (2002). *Low greenhouse gas biomass options for cooking in the developing countries*. *22*, 305–317.

Buchmayr, M., Hochenauer, C., Archan, G., Gruber, J., & Scharler, R. (2021). *Experimental evaluation of primary measures for NO X and dust emission reduction in a novel 200 kW multi-fuel biomass boiler*. *170*(X). https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.055

Das, A. K., Agar, D. A., Rudolfsson, M., Kilpeläinen, P., Tienaho, J., & Fernando, D. (2024). *Micromorphology and native extractive behaviour of wood powder*. 1–16.

Dewi, P. S., & Rasmiyana. (2025). *Kajian Literatur Molase Tebu: Kandungan, Tantangan, dan Pemanfaatannya Sebagai Bahan Baku Bernilai Ekonomis*. *4*(1), 1–9. https://doi.org/10.30812/jtmp.v4i1.4764

Dewi, R. P., & Isnanto, R. (2023). *ANALYSIS OF FIXED CARBON AND VOLATILE MATTER BRIQUETTES OF PINE SAWDUST AND COCONUT SHELL*. *14*(3), 901–907. https://doi.org/10.21776/jrm.v14i3.1421

Fahmi, Z., Thoriq, A., Sugandi, W. K., & Yusuf, A. (2021). *Karakteristik Fisik-Kimia Briket Sekam Hanjeli Berdasarkan Proses Pengarangan*. *17*(1), 46–56.

Fauziyah, S., Sudarti, & Yushardi. (2024). *MEKANISME EFEK GLOBAL WARMING OLEH GAS RUMAH KACA*. *8*(6), 121–126.

Fawzy, S., Osman, A. I., Doran, J., & Rooney, D. W. (2020). Strategies for mitigation of climate change : a review Intergovernmental Panel on Climate Change. *Environmental Chemistry Letters*, *18*(6), 2069–2094. https://doi.org/10.1007/s10311-020-01059-w

Firdaus, E. N., Wulandari, A., Marreta, S. F., Aqila, F., & Nasution, M. (2025). *Comparison of combustion emissions between manual and machine set methods to reduce carbon monoxide (CO) in briquette manufacturing*. *2*(2), 91–112.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/

Firmansyah, A. H., Zamrudy, W., & Naryono, E. (2023). *Studi kelayakan pemanfaatan limbah (blotong, ampas tebu, tetes) sebagai biobriket*. *9*(9), 303–317.

Gebremariyam, E. Z., Demeke, E. D., & Mengistu, W. M. (2025). *Briquette production from industrial and fruit wastes as a clean fuel for versatile applications*. 1–15.

Ginanjar, M. W. (2026). *Simulasi Pengaruh Cofiring Biomassa Sawdust pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap terhadap Kinerja Sistem Pembakaran dan Efisiensi Boiler Menggunakan Aplikasi Simulasi Gate Cycle*. *5*(4), 2587–2606.

Habib, P., Aziz, A., Wahyudie, I. A., Manufaktur, P., & Bangka, N. (2025). *Pengaruh Kombinasi Briket Batubara Antrasit Dan Serbuk Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Dengan Variasi Parameter Proses*. *03*(2).

Haliza, N. H., & Saroso, H. (2022). *Pembuatan Bio-Briket dari Sabut Kelapa dan Serbuk Kayu Jati dengan Menggunakan Perekat Tepung Tapioka*. *8*(9), 238–244.

Han, J., Liu, X., Hu, S., Zhang, N., Wang, J., & Liang, B. (2023). Chinese Journal of Chemical Engineering Optimization of decoupling combustion characteristics of coal briquettes and biomass pellets in household stoves. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, *59*, 182–192. https://doi.org/10.1016/j.cjche.2022.12.012

Handayani, I., & Sa'diyah, K. (2022). *PENGARUH WAKTU PIROLISIS SERBUK GERGAJI KAYU TERHADAP HASIL ASAP CAIR*. *8*(9), 28–35.

Haryono, Ernawati, E., Solihudin, & Susilowati, D. A. (2020). *UJI KUALITAS BRIKET DARI TONGKOL JAGUNG DENGAN PEREKAT KANJI / PET DAN KOMPOSISI GAS menurut SNI 01-6235-2000 berdasarkan parameter nilai kalor , kadar air , kadar abu ,*. *04*(02), 131–139.

Herawati, P., Riyanti, A., & Pratiwi, A. (2018). *Hubungan Konsetrasi NO 2 Udara Ambien Terhadap Konsentrasi NO 2 Udara Dalam Ruang Di Lampu Merah Simpang Jelutung Kota Jambi*. *1*(2), 1–4.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/

IEA. (2025a). *Global Energy Review 2025*. https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025/co2-emissions

IEA. (2025b). *Renewables 2025*.

IPCC. (2022). *Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change Summary for Policymakers*.

Irma, M. F., & Gusmira, E. (2024a). *Evaluasi Kebijakan Lingkungan terhadap Emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia*. *2*, 12–18.

Irma, M. F., & Gusmira, E. (2024b). *Tingginya Kenaikan Suhu Akibat Peningkatan Emisi Gas Rumah Kaca Di Indonesia*. *II*, 26–32.

Jia, Y., Li, Z., Wang, Y., Wang, X., Lou, C., Xiao, B., & Lim, M. (2021). *Visualization of Combustion Phases of Biomass Particles : E ff ects of Fuel Properties*. https://doi.org/10.1021/acsomega.1c02783

Kebede, T., Berhe, D. T., & Zergaw, Y. (2022). *Combustion Characteristics of Briquette Fuel Produced from Biomass Residues and Binding Materials*. *2022*. https://doi.org/10.1155/2022/4222205

Kholik, M. (2019). *Pengaruh konsentrasi perekat terhadap karakteristik briket arang campuran serbuk gergaji dan tempurung kelapa*. *10*(2), 713–716.

KLHK. (2019). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 Tentang Baku Mutu Emisi Pembangkit Listrik Tenaga Thermal*.

Kraszkiewicz, A., & Przywara, A. (2022). *Emission of Nitric Oxide during the Combustion of Various Forms of Solid Biofuels in a Low-Power Heating Device*.

Li, G., Hao, Y., Yang, T., Wu, J., Xu, F., Li, L., Wang, B., Li, M., Zhao, N., Wang, N., Liu, C., Huang, Z., Zhou, Y., & Zhao, Y. (2022). Case Studies in Thermal Engineering Air pollutant emissions from sludge-bituminous briquettes as a potential household energy source. *Case Studies in Thermal Engineering*, *37*(June), 102251. https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102251

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/

Li, G., Hu, R., Hao, Y., Yang, T., & Li, L. (2023). Environmental Technology & Innovation CO 2 and air pollutant emissions from bio-coal briquettes. *Environmental Technology & Innovation*, *29*, 102975. https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102975

Li, P., & Chyang, C. (2019). A comprehensive study on NOx emission and fuel nitrogen conversion of solid biomass in bubbling fl uidized beds under staged combustion. *Journal of the Energy Institute*, *xxxx*. https://doi.org/10.1016/j.joei.2019.02.007

Lomunyak, G., Osodo, B., Njoka, F., & Kombe, E. (2024). Heliyon Characterization , optimization and emission analysis of manually-made charcoal dust briquettes with starch , paper and algae binders. *Heliyon*, *10*(24), e40991. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40991

Ma, W., Ma, C., Liu, X., Gu, T., Thengane, S. K., Bourtsalas, A., & Chen, G. (2021). Nox formation in fixed-bed biomass combustion : Chemistry and modeling. *Fuel*, *290*(December 2020), 119694. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119694

Maizara, R., Zakianis, & Pelawi, C. A. (2024). *Intervensi Pengurangan Polusi Udara dari Sumber Bergerak dan Tidak Bergerak Berbagai Negara di Dunia : Systematic Review*. *7*(5).

Masyruroh, A., & Rahmawati, I. (2022). *Pembuatan Briket Arang Dari Serbuk Kayu Sebagai Sumber Energi Alternatif*. *4*(1), 95–102.

Mauliza, P., Yana, S., & Ikhbar, S. (2023). *Kendala Pemenuhan Suplai dan Permintaan Energi Terbarukan Biomassa Indonesia*. *VIII*(3), 6473–6478.

May, W. K. R. T., Marimpan, L. S., & Sipayung, R. H. (2026). *Potensi Biomassa Dan Serapan CO2 Di Atas Permukaan Tanah Pada Taman Wisata Alam Baumata*. *11*, 213–228.

Moustafa, A. M. (2024). Transportation Research Interdisciplinary Perspectives Three decades of consumers ' environmentally friendly vehicles behavior : A comprehensive bibliometric network analysis and future research agenda.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A
http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/

Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, *28*(August), 101287. https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101287

Muliawan, A. (2020). *Efektivitas Briket Janjang Sawit dan Sekam Padi Desa Kandolo sebagai Sumber Energi Alternatif*. *6*(1).

Nasution, A. Y., Hiro, F., & Tarigan, L. (2022). *Analisis Desain Kompor Biomassa Berbahan Bakar Tempurung Kelapa Menggunakan Ansys*. *10*(1), 22–29.

Nganko, J. M., Koffi, E. P. M., Toure, A. O., Gbaha, P., Tiogue, C. T., Ndiaye, B., Ba, K., & Yao, K. B. (2025). Comparative assessment of pollutant emissions between biofuel briquettes and charcoal : implications for domestic cooking fuel selection. *Carbon Research*. https://doi.org/10.1007/s44246-024-00177-2

Nurariffudin, M., Idris, M., & Hashim, H. (2021). Integrating palm oil biomass waste utilization in coal-fired power plants for meeting near-term emission targets. *Journal of Environmental Management*, *296*(February), 113118. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113118

Nurhayati, A., Agustian, D., & Marganingrum, D. (2021). *Gas Emissions from Mixed Coal-BCF Derived Fuel Burned in Industrial Boilers Emisi Gas dari Bahan Bakar Campuran Batu Bara – BCF yang Digunakan pada Boiler Industri*. *15*(1), 53–62.

Obi, O. F., Pecenka, R., & Clifford, M. J. (2022). A Review of Biomass Briquette Binders and Quality Parameters. *Energies*, 1–22. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/en15072426

Osfaldo, D., Rusnadi, I., Syarif, A., Studi, P., Energi, T., Kimia, J. T., & Sriwijaya, P. N. (2022). *Evaluasi Kualitas Uji Pembakaran Biobriket Campuran Char Gasifikasi Batubara Dengan Arang Tempurung Kelapa Evaluation of The Quality of Combustion Test Biobricket Coal Char Gasification with Coconut Shell Charcoal*. *2*(10).

Ozgen, S., Cernuschi, S., & Caserini, S. (2021). An overview of nitrogen oxides emissions from biomass combustion for domestic heat production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *135*(July 2020), 110113.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/

https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110113

Pasaribu, M. (2022). *Produksi Biobriket dari Limbah Ampas Tebu Industri Gula dengan Metode Pirolisis*. *2*(1), 2–4.

Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral. (2006). *Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomo 047 Tahun 2006*.

Pranata, A. (2022). *Analisis Emisi Gas Rumah Kaca (CO dan N2O) Di Pelabuhan Penyeberangan Torobulu Konawe Selatan*.

Prastyo, H., Fadila, A., Syabena, M. F., Umadi, S. S., & Heryanto, A. Y. (2025). *Biomassa Sebagai Sumber Energi Alternatif dan Terbarukan Melalui System Literature Review*. *8*(2). https://doi.org/https://doi.org/10.55606/isaintek.v8i2.362

Primadita, D. S., Kumara, I. N. S., & Ariastina, W. G. (2020). *A Review on Biomass For Electricity Generation In Indonesia*. *4*(1). https://doi.org/https://doi.org/10.24843/JEEI.2020.v04.i01.p01

Qi, J., & Wu, J. (2023). Effects of Bio-Coal Briquette for Residential Combustion on Brown Carbon Emission Reduction. *Processes*, *11*(6), 1834. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/pr11061834

Rambing, V. V, Umboh, J. M. L., Warouw, F., Kesehatan, F., Universitas, M., Ratulangi, S., & Kesehatan, R. (2022). *95 Literature Review: Gambaran Risiko Kesehatan pada Masyarakat akibat Paparan Gas Karbon Monoksida (CO)*. *11*(4), 95–101.

Riyanto, H., Hardianto, T., Adriansyah, W., & Jeffry, G. Y. (2021). *Studi Termodinamika Pembakaran Kombinasi Batu Bara dan Biomassa Limbah*. *5*(2), 82–90.

Roeder, G. J., Haimerl, J., Chen, Y., Gaderer, M., & Fendt, S. (2025). Measurements of NOx emissions from biomass combustion in small to large-scale power plants. *Fuel*, *397*(May), 135801. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2025.135801

Roeder, G. J., Haimerl, J., Spliethoff, H., & Fendt, S. (2026). Impacting factors on

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A
http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/

NO X emissions and reduction through air staging during pulverised biomass combustion. *Fuel*, *418*(November 2025), 138748. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2026.138748

Roy, M., & Corscadden, K. W. (2012). An experimental study of combustion and emissions of biomass briquettes in a domestic wood stove. *Applied Energy*, *99*, 206–212. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.05.003

Rusti, N., Widakdo, D. S. W. P. J., & Halil. (2025). *Komodifikasi Limbah Sabut Kelapa sebagai Upaya Pengembangan Produk Kreatif Berbasis Potensi Lokal dalam Mendukung Perekonomian Anggota Kelompok Tani Diporejo Desa Kedayunan*. *9*(2), 392–401.

Sabu, M. P., Marimpan, L. S., Sipayung, R. H., & Pramatana, F. (2026). *Potensi Biomassa Dan Serapan CO2 Pada Nekromassa Dan Serasah Hutan Di Area Kampus Universitas Nusa Cendana Kota Kupang Nusa Tenggara Timur*. *10*(2), 588–607.

Saragi, W. P., Hafidawati, & Yenie, E. (2021). *Uji Emisi Gas CO Dari Pembakaran Briket Tandan Kosong Sawit (TKS) Pada Skala Rumah Tangga*. *8*, 1–4.

Setiani, V., Rohmadhani, M., Setiawan, A., & Maulidya, R. D. (2019). *Potensi Emisi dari Pembakaran Biobriket Ampas Tebu dan Tempurung Kelapa*. 115–118.

Shafwah, D. A. (2022). *Gambaran Pengaplikasian Teknologi Continuous Emission Monitoring System (CEMS) Yang Terintegrasi Dengan Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan (KLHK) Untuk Pemantauan Udara Emisi Di PT. Indonesia Power Grati Power Generation And Operation & Maintananc*.

Shivanna, K. R. (2022). Climate change and its impact on biodiversity and human welfare. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, *88*(2), 160–171. https://doi.org/10.1007/s43538-022-00073-6

Sidabutar, B. R., Kurniati, E., Ayu, K., & Adelia, C. (2023). *Evaluasi Kualitas Udara Emisi Gas Buang / Ambien di PLTD Kahayan Baru*. *3*(1), 226–230.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/

Sidebang, P., Hamid, S., Dianita, N., & Nasrun, I. (2025). *Paparan Karbon Monoksida (CO) dari Pembakaran Biomassa Kayu Bakar di Rumah Tannga Pedesaan*. *8*(6), 1740–1750.

Siegmund, T., Gollmer, C., Scherzinger, M., & Kaltschmitt, M. (2024). A review of CO emissions during solid biofuel combustion – Formation mechanisms and fuel-related reduction measures. *Journal of the Energy Institute*, *116*(July), 101762. https://doi.org/10.1016/j.joei.2024.101762

Solaun, K. (2019). *Climate change impacts on renewable energy generation . A review of quantitative projections*. *116*. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109415

Stalis, A. N., & Cahyonugroho, O. H. (2025). *Pemodelan Pola Persebaran Emisi NOx Dari Pembakaran Kiln Industri Keramik di Mojokerto Menggunakan Software GRAL (Graz Lagrangian Model)*. 29–42.

Subhan. (2024). *Catalytic Applications of Biochar for Environmental Remediation : Valorization of Lignocellulosic Waste Biomass into Bioenergy (Vol 3)*. *3*(Vol 3). https://doi.org/10.1021/bk-2024-1480.fw001

Subodro, R., Ashari, F., Sutrisno, Pratama, R., & Fadilah, H. A. (2024). *Analisis Kadar Air dan Laju Pembakaran Bahan Bakar Briket Tempurung Kelapa dengan Variasi Perekat sebagai Bahan Bakar Alternatif Fuel with Adhesive Variations as Alternative Fuel*. *21*(2), 151–158. https://doi.org/10.30595/sainteks.v21i2.22501

Sugiharto, A., & Firdaus, Z. 'Ilma. (2021). *Pembuatan Briket Ampas Tebu dan Sekam Padi Menggunakan Metode Pirolisis Sebagai Energi Alternatif*. *6*(1), 17–22.

Sulasminingsih, S., Hafiz, F., Sari, K., & Yuninda, S. (2023). *Penggunaan Biomassa sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik di Wilayah Pedesaan*. *01*(01).

Sullivan, A. L., & Ball, R. (2012). Thermal decomposition and combustion chemistry of cellulosic biomass. *Atmospheric Environment*, *47*, 133–141.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/

https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.11.022

Sutarto, H., Nurrohim, T. G., & Ilyas, A. X. (2020). *Pembakaran Bersama Biomassa dan Batu Bara : Pengaruh Rasio Biomassa-Batu Bara dan Excess Air*. *19*(March), 29–34.

Sutikno, K. S., Adiyanti, T., Tanjung, K., Darmawan, M. I., Auli, H., Sukri, Q., & Meldayanoor. (2025). *Pengembangan Bio Briket Multi-Limbah sebagai Strategi Pengurangan Emisi pada Penyulingan Minyak Sereh Wangi di PT Arutmin Indonesia*. *12*(2), 0–13.

Ulum, A. M. (2025). *Pemanasan Global : Penyebab , Dampak , dan Upaya Penanggulangannya*. *1*(1), 1–7.

Vegatama, M. R., Megawati, E., & Monde, J. (2025). *Pengaruh Variasi Perekat Organik Terhadap Karakterisasi Limbah Biomassa Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. *25*, 670–678. https://doi.org/10.35965/eco.v25i3.7963

Wahyudi, D., Wardana, I. N. G., & Hamidi, N. (2012). *Pengaruh Kadar Karbondioksida (CO 2) dan Nitrogen (N 2) Pada Karakteristik Pembakaran Gas Metana*. *3*(1), 241–248.

Wahyuningtyas, I., Wartomo, Ibo, A., & Syafi'i. (2026). *Pengaruh Formulasi Serbuk Kayu dan Perekat terhadap Karakteristik Dasar Briket Arang Kayu Ulin*. *21*(01), 47–60. https://doi.org/10.31849/awy50p10

Walozi, R., Onep, G. S., Sanusi, Y. S., Babiker, O. E., Dennison, M. S., Candia, A., & Okurut, S. (2026). *Critical review of biomass heterogeneity effects on briquette combustion*.

Wijaya, L. S., Afuza, D. S., & Kurniati, E. (2022). *ARANG AKTIF SERBUK KAYU JATI MENGGUNAKAN AKTIVATOR H3PO4 DAN MODIFIKASI TiO2*. *16*(2).

Wildan, S., Kurniawan, E., Ibrahim, I., Azhari, & Mulyawan, R. (2025). *Karakteristik Briket Kulit Pinang (Areca Catechu L .) Dengan Variasi Konsentrasi Molase Dan Suhu Pirolisis*. *5*(Oktober), 949–960.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/

Yana, S., Ibrahim, N., Zubir, A. A., & Zulfikar, T. M. (2022). *Dampak Ekspansi Biomassa sebagai Energi Terbarukan : Kasus Energi Terbarukan Indonesia*. *VII*(4), 4036–4050.

Yang, X., Luo, Z., Liu, X., Yu, C., & Ma, Y. (2020). *Experimental and numerical investigation of the combustion characteristics and NO emission behaviour during the co-combustion of biomass and coal*. *September*. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119383

Yenie, E., & Agustariza, A. (2024). *Karakteristik Pembakaran Briket Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Emisi Gas Karbon Monoksida (CO) dari Pembakaran dengan Kompor Biomassa Variasi Bukaan Lubang Udara*. *5*(2020), 19–28.

Yenie, E., Aulia, H., & Manan, A. (2024). *Analisis Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) dan Oksida Sulfur (SOx) di Udara Ruangan akibat Pembakaran Briket Ampas Sagu*. *5*(2), 77–84.

Yenie, E., Priyambada, G., Fahmi, R., & Riau, P. (2025). *Karakteristik Fisik dan Emisi Briket Arang Limbah Industri Sagu serta Kinerja Pembakaran pada Kompor Biomassa dan Gasifikasi*. *September*, 1–12.

Yogeswari, L. P. I. S., Yuliani, N., Chiquita, B., Adhitasari, A., & Leoanggraini, U. (2025). *UTILIZATION OF COFFEE GROUNDS INTO BIO-BRIQUETTES USING VARIOUS TYPES OF ADHESIVES WITH CARBONIZATION METHOD*. *9*(3), 263–271.

Yulfida, Y., Marsaulina, I., & Ashar, T. (2012). *Perbandingan Kadar Karbon Monoksida (CO) Dan Nitrogen Dioksida (NO2) Di Udara Ambien Berdasarkan Keberadaan Pohon Angsana (Pterocarpus indicus) Di Beberapa Jalan Raya Di Kota Medan Tahun 2012*. *2*.

Yunus, A. I., Masruniwati, A., Indrayuni, A., Fatimah, A., & Sompa, A. (2025). *Pemanfaatan Tempurung Kelapa Menjadi Briket Sebagai Biomassa Alternatif Ramah Lingkungan*. *5*(4). https://doi.org/10.59818/jpm.v5i4.1836

Zahra, H. R., Budiyono, & Nurjazuli. (2021). *Systematic review : paparan karbon*

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A
http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/

monoksida dan gangguan tekanan darah pada dewasa dan lansia. *18*(2), 97–110.

Zhang, L., Luo, Z., Li, Y., Shen, G., Tao, S., Chen, Y., Du, W., Li, G., & Cheng, H. (2021). *Optically measured black and particulate brown carbon emission factors from real-world residential combustion predominantly affected by fuel differences*. 1–19.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/ http://digilib.uinsa.ac.id/