

Biomassa Sebagai Sumber Energi Alternatif dan Terbarukan Melalui System Literature Review

Hadi Prastyo

Universitas Singaperbangsa Karawang

Abil Fadila

Universitas Singaperbangsa Karawang

Muhammad Farrel Syabena

Universitas Singaperbangsa Karawang

Sarah Sakinah Umadi

Universitas Singaperbangsa Karawang

Andika Yuli Heryanto

Universitas Nahdlatul Ulama Indonesia

Alamat: Jl. HS. Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat
Korespondensi penulis: hadi.prastyo@faperta.unsika.ac.id

Abstract. Biomass as a renewable energy source holds immense potential and is applicable across various industrial sectors, being both renewable and sustainable. Renewable energy derived from biomass is widely recognized as one of the most significant energy alternatives due to its environmental friendliness, as it originates from living organisms and has the capacity and availability to serve as a future energy source. This research aims to identify the development of research on biomass as an energy source, specifically in Indonesia, using the Systematic Literature Review (SLR) technique guided by the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) methodology. SLR, which follows standardized rules for identifying and synthesizing relevant studies, provides a comprehensive understanding of the topic's current knowledge base. Data were collected from journals using the Publish or Perish application; an initial search of the Google Scholar database yielded 1600 articles, which were rigorously screened, resulting in 1508 exclusions and 92 inclusions for thorough analysis. Ultimately, this SLR method effectively demonstrates the development of research concerning biomass as a renewable energy source.

Keywords: Biomass, Renewable Energy, and SLR.

LATAR BELAKANG

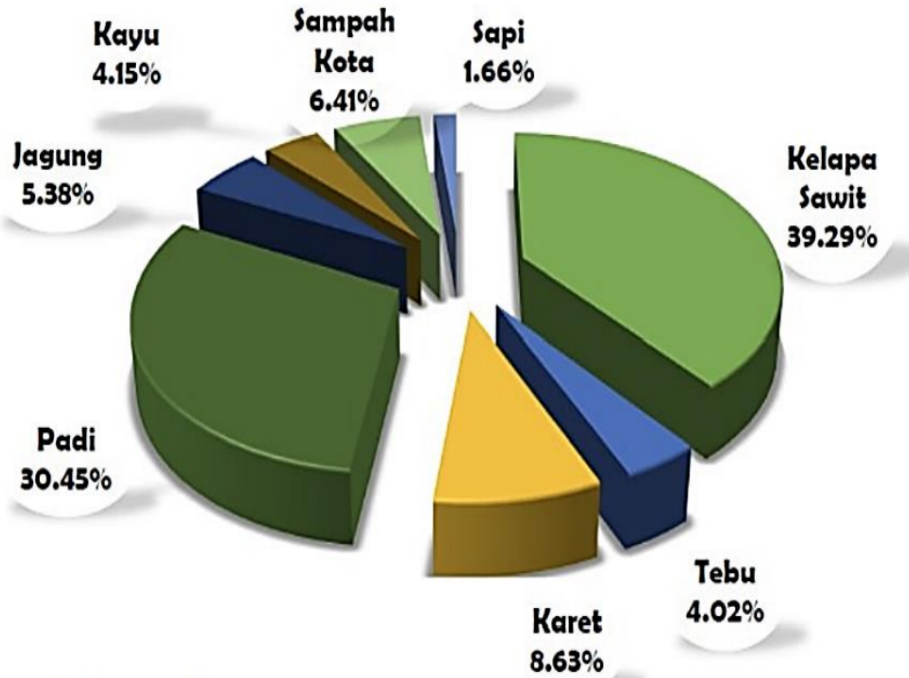
Jumlah cadangan bahan bakar fosil dan tidak terbarukan terbatas. Cadangan minyak dunia yang dapat dipulihkan berkurang dengan laju 4 juta ton per tahun, dan bahkan jika penurunan ini terus berlanjut, diperkirakan akan habis pada tahun 2060

Received October 30, 2025; Revised November 19, 2025; Accepted Desember 30, 2025

*Hadi Prastyo, hadi.prastyo@faperta.unsika.ac.id

(Saleem, 2022). Akibatnya, menemukan sumber energi alternatif sangat penting untuk menjaga laju kehidupan. Energi ini berasal dari sumber yang terbarukan dan berkelanjutan. Energi terbarukan menjadi semakin penting seiring dengan meningkatnya permintaan energi global dan meningkatnya kesadaran tentang efek buruk penggunaan bahan bakar fosil terhadap perubahan iklim. Biomassa adalah salah satu jenis energi terbarukan yang paling umum. Biomasa dapat berasal dari limbah dari tanaman, industri, atau pertanian. Biomassa dapat diubah menjadi energi yang membantu mengatasi masalah sampah dan dapat digunakan sebagai bahan bakar, listrik, atau bahkan bahan lain yang bermanfaat (Addriani, 2024). Lebih dari sepertiga dari seluruh penggunaan energi primer berasal dari biomassa. Penggunaan sumber energi bersih dan energi terbarukan lainnya dapat memenuhi kebutuhan energi global (Bavanish, 2022).

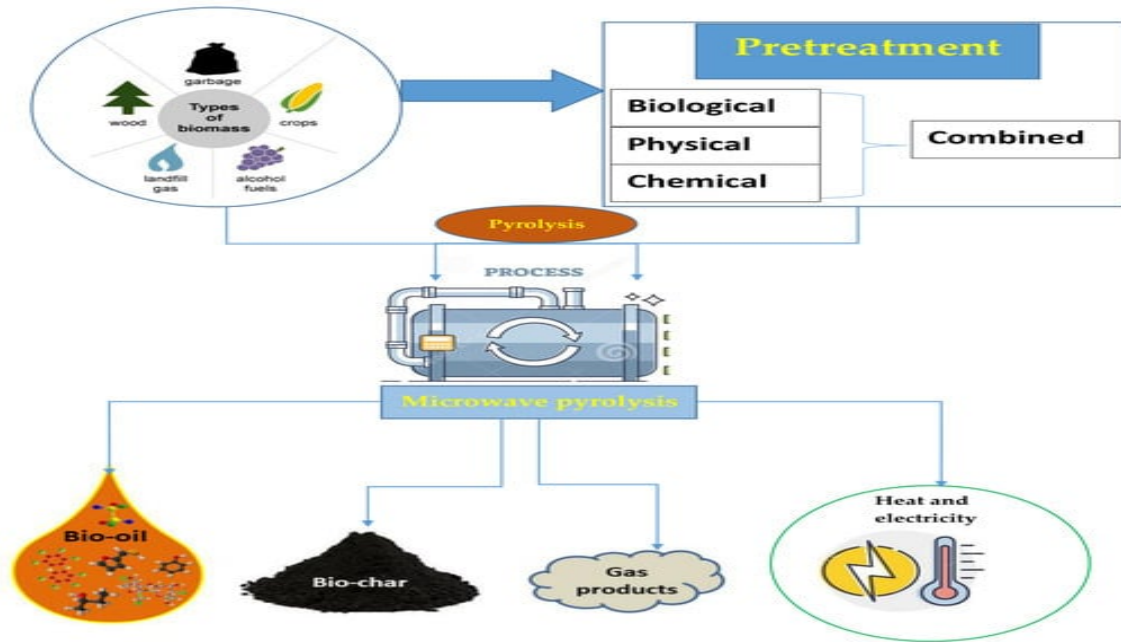
Sebagian besar hasil pertanian, perkebunan, dan kehutanan masih berada di ladang dan akan dibuang oleh alam jika tidak digunakan. Biomassa, di sisi lain, dapat dikembangkan dan digunakan untuk menghasilkan energi terbarukan dari limbah tanaman. Sumber biomassa ini berasal dari berbagai jenis tanaman, seperti jerami padi, kelapa sawit, ampas tebu, kayu karet, limbah kayu, umbian, daun, dan tongkol jagung. Menurut Yana (2022), ada tiga kategori pengukuran potensi biomassa. Potensi biomassa pertama datang dari residu pertanian primer, seperti jerami padi, jerami padi ladang, dan batang jagung. Kemudian datang residu pertanian sekunder, termasuk sekam padi, tandan buah kosong, dan limbah cair pabrik kelapa sawit (POME atau effluent pabrik). Bahan biomassa mengandung CO₂ yang dilepaskan selama proses pembakaran atau konversi termal, sehingga tidak mengurangi CO₂ dalam atmosfer. Mikroorganisme dapat menguraikan bioma menjadi abu, yang dapat digunakan sebagai energi mekanik atau energi kimia. Metana adalah produk akhir dari biomassa yang mengalami biokompos alami. Biomassa pertanian kaya akan selulosa, yang merupakan bahan baku penting untuk pembuatan biofuel, sehingga mengurangi limbah dan memenuhi kebutuhan energi secara aman (Kalak, 2023).



Gambar 1. Potensi Biomassa Pada Kelompoknya

Sumber: Nelly (2023)

Sumber energi terbarukan dari biomassa secara umum telah diakui sebagai salah satu alternatif energi yang paling penting karena ramah lingkungan. Hal ini karena biomassa, yang berasal dari makhluk hidup, memiliki kemampuan dan ketersediaan untuk menyediakan sumber energi untuk masa depan. Mengingat krisis energi yang sedang terjadi di seluruh dunia, sangat penting untuk memanfaatkan sumber biomassa lokal sebagai pengganti energi fosil. Selain itu, energi terbarukan dapat dihasilkan dari limbah biomassa melalui proses termokimia dan biokimia. Biomassa, terutama untuk biofuel, biogas, dan pembangkit listrik, memiliki potensi untuk digunakan sebagai sumber energi terbarukan dalam berbagai aplikasi (Erdiwansyah, 2024). Walaupun biomassa mempunyai peluang yang signifikan sebagai sumber energi terbarukan, progresnya memerlukan pemahaman yang komprehensif mengenai berbagai faktor teknis, finansial, dan lingkungan. Studi mengenai biomassa meneliti beragam isu, termasuk teknologi dalam konversi energi, pemanfaatan limbah organik, dan kebijakan yang mendukung peralihan menuju energi yang terbarukan (Maryam, 2024). Oleh sebab itu, studi dan penilaian terhadap riset yang ada saat ini perlu dilakukan sebagai jawaban untuk energi yang berkelanjutan, guna memperoleh wawasan yang lebih mendalam tentang situasi sekarang dan potensi pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi yang berkelanjutan.



Gambar 2. Pretreatment biomassa mengubah biomassa menjadi energi
Sumber : Syed (2023)

Pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) merupakan suatu metode riset yang teratur dan terencana yang digunakan untuk mengenali, menilai, dan menggabungkan hasil penelitian yang berkaitan dengan suatu tema tertentu. Metode ini adalah salah satu cara untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam. Dengan menggunakan teknik ini, mudah untuk memahami perubahan, gaya, dan masalah yang terjadi dalam industri biomassa sebagai sumber energi yang dapat diperbarui (Fitri, 2024) Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meninjau literatur terkait biomassa sebagai sumber energi yang dapat diperbarui, dengan penekanan khusus pada kemajuan dan inovasi yang terjadi di Indonesia selama 6 tahun terakhir. Penelitian ini akan mengadopsi metode SLR untuk menemukan pola serta inovasi terkini, bersama dengan tantangan dan peluang yang ada dalam memanfaatkan biomassa. Temuan dari kajian ini diharapkan mampu berkontribusi pada penyusunan kebijakan dan penelitian terkait energi terbarukan, sekaligus mendukung upaya keberlanjutan energi di Indonesia.

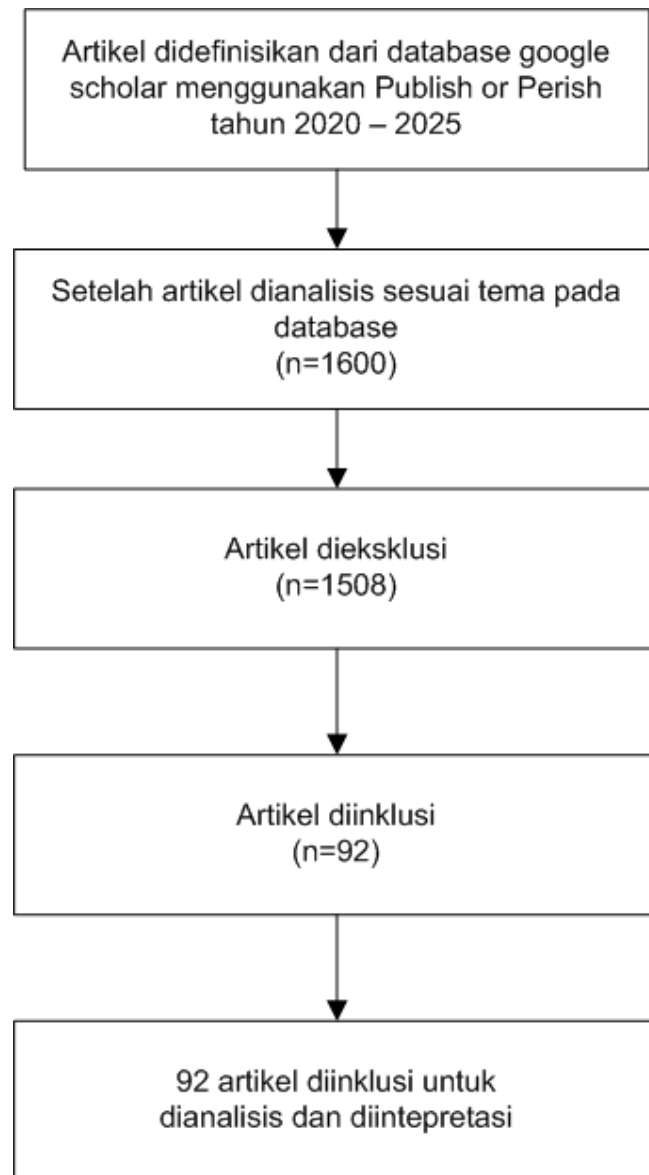
METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Systematic Literatur Review* (SLR) dengan metode *Preferred Reporting Items For Systematic Reviews And Meta-Analysis* (PRISMA) (Indah 2024). SLR merupakan tinjauan literatur yang mengikuti seperangkat standar untuk menemukan dan mensintesis studi yang relevan serta memberikan penelitian tentang apa yang diketahui tentang subjek yang diteliti. Dengan

SLR didapatkan ringkasan informatif atau sintesis penelitian serta kritik penelitian yang komprehensif. SLR dalam penelitian ini dilakukan dengan mencari hasil publikasi penelitian ilmiah menggunakan database artikel online yaitu “*Google Scholar*” (Nenohai, 2023).

Murodif (2024) menyatakan bahwa proses penelitian *Systematic Literature Review* yang didasarkan pada Desain PRISMA mencakup beberapa tahap, seperti identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan pemilihan artikel akhir tahun untuk peninjauan. Artikel penelitian dengan kata kunci "Biomassa sebagai Energi Terbarukan" dikumpulkan. Artikel yang telah terkumpul kemudian diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi meliputi artikel yang berkaitan dengan biomassa, yang membahas hubungannya dengan sumber energi terbarukan, dan yang diterbitkan antara tahun 2020 dan 2025. Di sisi lain, kriteria eksklusi meliputi artikel yang tidak berkaitan dengan biomassa, yang hanya berisi abstrak, yang tidak memiliki akses ke teks penuh, dan yang diterbitkan sebelum tahun 2020.

Data diperoleh dari jurnal dengan aplikasi publish or perish ditemukan 1600 artikel dari database “*google scholar*”. Selanjutnya, artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi dikumpulkan dan dianalisis secara sistematis. Dalam pencarian artikel, ditemukan 92 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan 1508 artikel yang memenuhi kriteria eksklusi; 92 artikel yang akan dianalisis secara langsung terkait dengan kata kunci yang digunakan. Analisis deskriptif digunakan untuk menganalisis data penelitian tanpa membuat kesimpulan umum atau generalisasi. Statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan sampel penelitian. Selanjutnya, peneliti memeriksa artikel secara menyeluruh, terutama bagian hasil, pembahasan, dan kesimpulan. Di akhir penelitian, peneliti membandingkan temuan dan menyimpulkan penelitian.



Gambar 3. Flowchart Tahapan PRISMA

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelompokan Artikel Berdasarkan Tahun 2020 Hingga 2025

Hasil penelitian ini memberikan solusi rumusan masalah untuk artikel yang membahas biomassa sebagai sumber energi terbarukan di Indonesia. Hasil dari proses pencarian jurnal menunjukkan bahwa inklusi dan eksklusi serta penilaian kualitas didasarkan. Maka didapatkannya jurnal sebanyak 92 artikel inklusi hasil dari N=1600 Artikel dari *google scholar* dengan *Publish or Perish* tahun 2020 – 2025 dengan kata kunci “Biomassa Sebagai Energi Terbarukan”. Berdasarkan Tabel 1. Jumlah artikel yang didapatkan yaitu 92 artikel yang didapatkan dari tahun 2020 - 2025.

Tabel 1. Artikel Jurnal Biomassa Sebagai Energi Terbarukan 2020 – 2025

No	Nama	Judul Jurnal	Tahun
1	Kristiawan, Y	Pemanfaatan limbah biomassa menjadi sumber energi alternatif	2020
2	Al-afifi, U F	Perhitungan Potensi Energi Listrik Pada Sekam Padi Melalui Metode Gasifikasi	2020
3	Saragih, G M	Pengolahan sampah organik menjadi biobriket sebagai energi terbarukan	2020
4	Yulianto, T	Perubahan sifat fisis pelet tandan kosong kelapa sawit hasil torefaksi	2020
5	Nurjannah, S	Karakterisasi Physico-Thermal Hybrid Biobriket Limbah Biomassa Cangkang Kopi, Tempurung Kelapa dan Baking Filter Dust	2020
6	Darmaji, D	Pemanfaatan limbah serbuk gergaji kayu galam (<i>Melaleuca Cajuputi Powell</i>) menjadi bioetanol sumber energi alternatif terbarukan	2020
7	Ramadhan, A	Kualitas Biobriket Ampas Tebu Hasil Pirolisis Sebagai Sumber Energi Alternatif	2020
8	Hidayat, W	Peningkatan kualitas pelet tandan kosong kelapa sawit melalui torefaksi menggunakan reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB)	2020
9	Nasrul, Z A	Pengaruh komposisi briket biomassa kulit jagung terhadap karakteristik briket	2020
10	Mirwan, M	Pemanfaatan Lumpur IPAL dan Serbuk Gergaji Menjadi Briket Alternatif	2020
11	Peudada, A	Pengaruh lubang laluan countersink dan counterbore terhadap karakteristik pellet kayu kelapa sawit dengan penambahan karbon arang tempurung	2020
12	Rahmadiano, F	Analisis Campuran Lumpur Dan Tetes Tebu Pada Briket Tinja Hewan Dengan Metode Taguchi	2020
13	Rani, I T	Pengaruh torefaksi terhadap sifat kimia pelet tandan kosong kelapa sawit	2020
14	Hasan, S	Pengaruh Penambahan Gas Nitrogen Terhadap Kualitas Charcoal Yang Diproduksi Secara Pirolisis Dari Limbah Biomassa Serbuk Gergaji Kayu Ulin	2020
15	Nurhaji, N	Karakteristik arang briket buah pinus/tusam (<i>p. merkusi jungh. at de vriese</i>)	2020
16	Irawan, H	An Analisis Of The Heating Value Of Briquettes Made From A Mixture Of Rice Husk and Tea Dregs using Tapioca Adhesive	2020
17	Visca, R	Optimasi Dosis Enzim Glukoamilase dan Waktu Fermentasi dalam Produksi Bioetanol dari Air Cucian Beras	2020
18	Kolo, S M D	Produksi bioetanol sebagai energi terbarukan dari rumput laut <i>ulva reticulata</i> asal pulau timor	2021
19	Lestari, R A S	Briket biomassa dari jerami padi, sampah daun dan kotoran sapi	2021
20	Kapita, H	Pemanfaatan limbah biomassa kelapa dan tongkol jagung untuk pembuatan briket	2021
21	Sugiharto, A	Pembuatan briket ampas tebu dan sekam padi menggunakan metode pirolisis sebagai energi alternatif	2021
22	Rahmadiano, F	Analisis Campuran Lumpur Dan Tetes Tebu Pada Briket Tinja Hewan Dengan Metode Taguchi	2021
23	Pratama, B	Bioetanol serbuk kayu Sengon (<i>Paraserianthes falcataria (L.) Nielsen</i>) dalam rangka energi alternatif terbarukan	2021
24	Istiani, W	Biopellet dari Limbah Cangkang Kemiri (<i>Aleurites moluccana</i>) dengan Campuran Biomassa Limbah Batang Sagu (<i>Metroxylon sagu</i>) dan Serbuk Gergaji sebagai Sumber Energi	2021
25	Martin, A	Pemanfaatan air gambut untuk meningkatkan kualitas produksi biocoal dari limbah tandan kosong kelapa sawit dengan variasi waktu dan temperatur proses torefaksi	2021
26	Gobel, A P	Pengaruh Karbonisasi Terhadap Karakteristik Tempurung Kelapa Berdasarkan Uji Proksimat Dan Nilai Kalor	2021

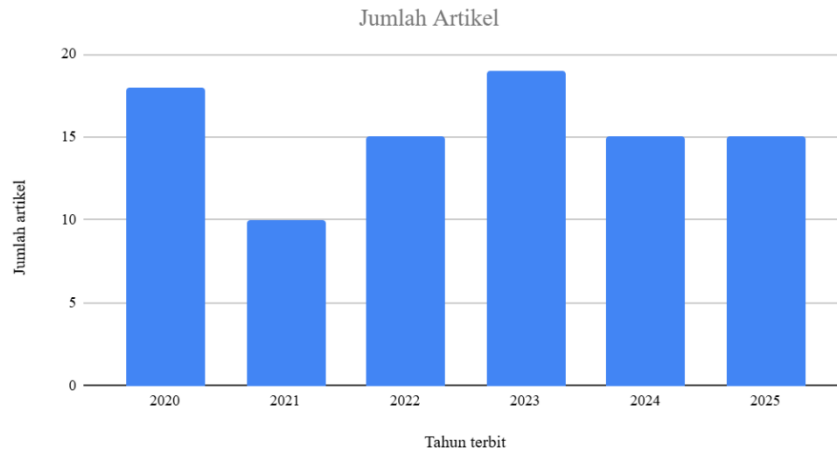
No	Nama	Judul Jurnal	Tahun
27	Darajat, Z	Pengaruh Ukuran Partikel Bahan dan Waktu Penahanan Pada Pirolisis Lambat Limbah Tongkol Jagung Menjadi Bioarang	2021
28	Aditya, I A	Perbandingan Biomassa Pertanian Sebagai Energi Terbarukan Briket Arang	2022
29	Sondakh, R C	Pemanfaatan Limbah Ampas Kopi Menjadi Biomassa Pelet (Biopellet) Sebagai Sumber Energi Terbarukan	2022
30	Muazzinah, M	Pembuatan biobriket dari limbah tongkol jagung pedagang jagung rebus dan rumah tangga sebagai bahan bakar energi terbarukan dengan proses karbonisasi	2022
31	Rifdah, R	Perbandingan nilai kalor biobriket dengan variasi komposisi bahan baku limbah biomassa	2022
32	Ruing, A P T	Analisis karakteristik briket berbahan cangkang kelapa sawit dan sekam padi menggunakan perekat tapioka	2022
33	Nggai, S Y M	Pengaruh perlakuan awal hidrolisis ampas sorgum (<i>sorghum bicolor</i> L.) terhadap fermentasi untuk produksi bioetanol sebagai energi terbarukan	2022
34	Suwito, A	Analisis Komposisi Biopellet Sebagai Energi Baru Terbarukan Dari Limbah Kayu Karet	2022
35	Yanti, R N	Pembuatan bio-briket dari produk pirolisis biochar cangkang kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif	2022
36	Gufron, M	Analisis Kadar Air, Densitas Bulk Dan Pembakaran Pada Pelet Biomassa Ampas Tebu Variasi Ukuran Partikel Dan Penambahan Bahan Aditif Zeolit Dan Karbon Aktif	2022
37	Harjanti, R S	Pemanfaatan Limbah Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit dan Pabrik Gula sebagai Sumber Energi Biopellet dengan Perekat Tepung Tapioka	2022
38	Annisa, R	Studi Eksperimen Biomassa Padat Sebagai Bahan Bakar Alternatif Menggunakan Campuran Limbah Pertanian	2022
39	Kamal, D M	Penambahan serbuk ampas kopi sebagai upaya meningkatkan nilai kalor briket limbah kertas	2022
40	S. W. Prasajo	Analisis Komposisi Material Berbahasan Eceng Gondok Terhadap Karakteristik Biopellet	2022
41	Chairina, C	Pemanfaatan Limbah Cangkang Biji Melinjo (<i>Gnetum Gnetum</i>) Sebagai Bahan Bakar Terbarukan Dalam Pembuatan Biopellet	2022
42	Syska, K	Analisis kualitas biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dengan perekat tepung singkong	2022
43	Yanti, R N	Pemanfaatan Limbah Perkebunan Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Terbarukan	2023
44	Bria, P M	Sintesis bioetanol dari rumput laut coklat (<i>sargassum</i> sp) asal pulau timor sebagai energi terbarukan	2023
45	Kawiarso, K	Pengaruh Biomassa Terhadap Efisiensi Boiler Pada Pembangkit CFB Batubara Dalam Sistem Co-firing	2023
46	Prasetyo, D H T	Studi biopellet sebagai energi terbarukan menggunakan biji kesambi sebagai bahan baku	2023
47	Gufron, M	Analisis Kadar Air, Densitas Bulk dan Pembakaran pada Pelet Biomassa Ampas Tebu Variasi Ukuran Partikel dan Penambahan Bahan Aditif (Zeolit, Karbon Aktif)	2023
48	Widiantoro, J W	Efek Penggunaan Biomassa Tempurung Kelapa Terhadap Proses Co-Firing Batu Bara Dilihat Dari Temperatur Yang Terjadi	2023
49	Wulandari, Y R	Efek suhu pirolisis jerami padi untuk produksi bio-oil menggunakan reaktor batch	2023
50	Pradana, T A	Analisis Karakteristik Biopellet Berbahan Dasar Limbah Pertanian dan Perkebunan Dengan Campuran Zat Perekat Alami	2023
51	Dwikurniawan, Y	Rynolgel Battery Bioetanol Gel dari Limbah Sekam Padi dan Eceng Gondok Sebagai Energi Terbarukan	2023

No	Nama	Judul Jurnal	Tahun
52	Purwadi, P	Analisis Eksperimental Co-Firing Biomassa Bonggol Jagung dengan Batubara	2023
53	Sukma, A A S	Analisa spesifikasi fluff, pellet, dan bricket pelepah kelapa sawit sebagai biomassa co-firing untuk pembangkit listrik	2023
54	Hasibuan, R	Pengaruh suhu dan waktu pirolisis terhadap karakteristik arang dari tempurung kelapa	2023
55	Alpian, A	Karakteristik Pelet Kayu Laban (<i>Vitex Pubescens</i>) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan	2023
56	Martin, A	Produksi biocoal berbahan dasar tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan bakar alternatif pada pembangkit listrik tenaga uap dengan metode torefaksi pada temperatur 200C	2023
57	Mardawati, E	Utilization of Coffee Husk and Coconut Shell Waste into Bio-Briquettes using Starch as	2023
58	Rachmah, A N L	Bioethanol From Cheese Waste (Whey) Using <i>Kluyveromyces Marxianus</i>	2023
59	Aprilliani, F	Uji Kualitas Biobriket Ampas Kopi dan Sekam Padi Sebagai Bahan Bakar Alternatif	2023
60	Lulrahman, F	Pembuatan Biobriket Modifikasi Dari Limbah Pertanian	2023
61	Ramadha, N S	Pengaruh Waktu Dan Suhu Pirolisis Terhadap Mutu Briket Dari Limbah Padat Gondorukem	2023
62	Islamia, C F	Pemanfaatan Limbah Bonggol Jagung Menjadi Biobriket Dengan Proses Karbonasi Sebagai Energi Terbarukan	2024
63	Astreapuspita, V A	Biobriket Biji Jeruk Siam (<i>Citrus reticulata Blanco</i>) Dengan Perekat Phosphogypsum (BICIGU) Sebagai Alternatif Energi Terbarukan	2024
64	Bria, P M	Sintesis Bioetanol Dari Limbah Kulit Pisang Kepok Dan Limbah Sabut Pinang Sebagai Energi Terbarukan	2024
65	Dewi, R K	Kualitas Briket dari Kombinasi Sawi Hijau Pakcoy (<i>Brassica Juncea L</i>) dan Ampas Tebu sebagai Sumber Energi Terbarukan	2024
66	Irawan, D	Karakteristik Limbah Batang Singkong Sebagai Biomassa Co-Firing Untuk Pembangkit Listrik	2024
67	Ma'ruf, A	Karakteristik Biopellet dari Serbuk Kayu dan Sekam Padi	2024
68	Qurtubi, M S	Perbandingan Nilai Kalor Bio-Char Pada Jenis Biomassa Yang Dikarbonisasi	2024
69	Saputra, G H	Studi Pemanfaatan Limbah Bambu dan Tempurung Kelapa Dalam Pembuatan Biobriket Menjadi Sumber Energi Alternatif	2024
70	Destalia, R	Analisa Karakteristik Pengujian Co-Firing Biomassa Bagasse Tebu di PLTU Rembang Kapasitas 2× 315 MW	2024
71	Hidayat, M	Potensi Limbah Tempurung Kelapa, Tongkol Jagung, dan Daun Trembesi di Olah Menjadi Briket	2024
72	Sucahyo, L	Formulasi Biopellet dengan Campuran Limbah Tongkol Jagung dan Kayu Sengon sebagai Bahan Bakar Padat Terbarukan	2024
73	Aqila, A	Produksi Biomassa <i>Chlorella Sp</i> Untuk Bahan Baku Biodiesel Menggunakan Media Modifikasi Limbah Industri Kecap	2024
74	Yulianto, A R D	Perbandingan Kadar Bioetanol dari Hasil Hidrolisis Limbah Bonggol Jagung dan Ampas Tahu	2024
75	Surya, V	Pengaruh Perekat Tapioka Terhadap Kualitas Biopellet Dari Campuran Tongkol Jagung, Ampas Tebu dan Ampas Kopi	2024
76	Jamilatun, S	Generation and Characterization of Bio-Oil Obtained From The Slow Pyrolysis of Oil Palm Empty Fruit Bunches at Various Temperatures	2024
77	Manalu, Y	Analisis CFD CCo-Firing Biomassa Ampas Tebu Pada Stoker Boiler	2025
78	Halim, N H	Pengaruh Tingkat Kekerasan Biomassa Terhadap Kualitas Bio-Oil (TAR)	2025
79	Rezki, A S	Analisis Karakteristik Briket dari Limbah Biomassa Mesocarp Fiber dan Cangkang Kemiri Sebagai Bahan Bakar Alternatif	2025

No	Nama	Judul Jurnal	Tahun
80	Farhani, I	Bioetanol dari Limbah Sekam Padi sebagai Sumber Energi Terbarukan	2025
81	Furqan, M H	Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi dan Tempurung Kelapa menjadi Briket Biomassa	2025
82	Narputro, P	Analisis Tekno-Ekonomi Penerapan Co-Firing Biomassa Serbuk Kayu pada PLTU 3× 350 MW	2025
83	Azizi, M W	Pengaruh Co - Firing Tongkol Jagung pada Batubara Terhadap Efisiensi Boiler	2025
84	Ropiuidn, R	Karakteristik Biopellet Karbonisasi Biomassa berbasis Daun Jati dan Jagung menggunakan Perkat Tanah Liat	2025
85	Ikkromulloh, M K	Analisis Karakteristik Briket Campuran Cangkang Kemiri Dan Limbah Rokok	2025
86	Dewilda, Y	Sekam Padi Pada Pembuatan Pelet Biomassa Eceng Gondok Menggunakan Metode TOSS: Pengaruh Penambahan Sekam Padi Pada Pembuatan Pelet Biomassa	2025
87	Pasaribu, V R	Thermal Characteristics Analysis of Bio-Oil and Biochar from Pyrolysis Process Using Red Calliandra Feedstock	2025
88	Ilmi, M	Analisis Karakteristik Briket Bioarang Dari Campuran Tongkol Jagung, Sekam Padi, dan Tepung Tapioka dengan Penambahan Minyak	2025
89	Wulandari, S	Analisis Briket Arang Kulit Kopi Robusta dengan Variasi Kosentrasi Perkat Tepung Tapioka sebagai Bahan Bakar Alternatif	2025
90	Setiawan, K H	Efektivitas Kenaikan Kosentrasi NaOH Aktib=vasi Hydrochar Kelapa Terhadap Kinetika Model Dekomposisi Co- Firing Batubara	2025
91	Widodo, S B	Studi Pemanfaatan Enceng Gondok (Eichhornia Crassipes) sebagai Bio-briket Ramah Lingkungan: Studi Eksperimental	2025
92	Usman, Z	Pengaruh Variasi Jenis Limbah Kayu Dan Bentuk Briket Terhadap Kinerja Briket Arang Biomassa	2025

Sumber: Olahdata (2025)

Bedasarkan Tabel 1. dan Gambar 4. artikel diurutkan bedasarkan jumlah dari tahun 2020 hinggg tahun 2025. Dari 92 artikel yang memenuhi kriteria, jumlah artikel terbanyak terbit pada tahun 2023 yaitu 19 artikel, lalu disusul pada tahun 2020 sebanyak 18 artikel, pada tahun 2022, 2024, dan tahun 2025 didapati 15 artikel serta pada tahun 2021 ditemukan artikel paling sedikit yaitu 10 artikel. Berikut disajikan diagram batang yang terbit dari tahun 2020 hingga 2025.



Gambar 4. Artikel Jurnal Biomassa Sebagai Energi Terbarukan 2020 – 2025
 Sumber: Olahdata (2025)

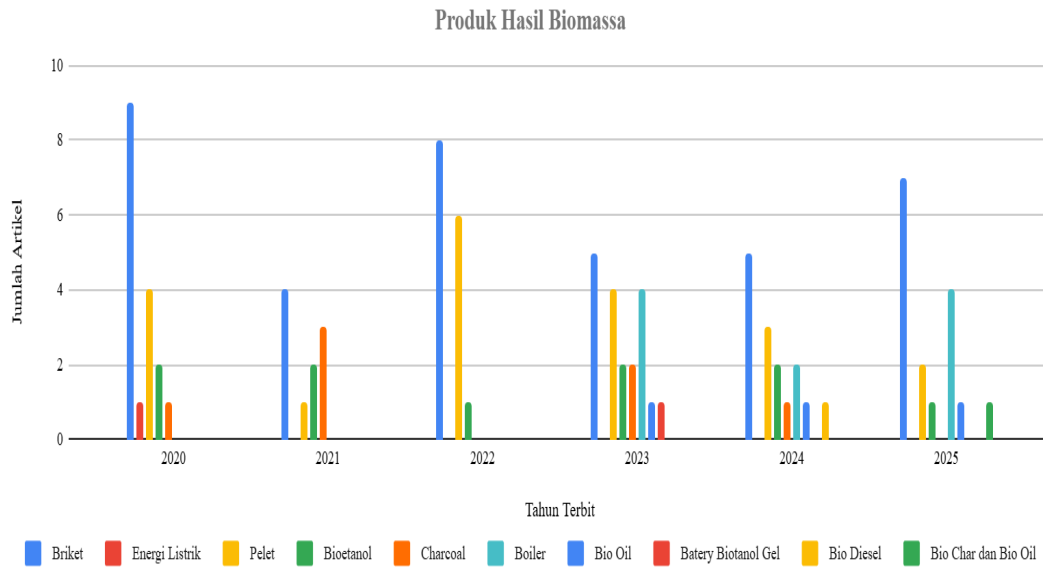
Pengelompokan Hasil Research Artikel Energi Terbarukan Dari Biomassa Rentang Tahun 2020 - 2025

Bedasarkan jenis jurnal tempat di terbitkan artikel, ada berbagai macam jurnal yang membahas tentang biomassa sebagai energi terbarukan. Tabel 2. menyajikan data produksi dan pengembangan berbagai produk biomassa dari tahun 2020 hingga proyeksi 2025, dengan merepresentasikan akumulasi selama periode tersebut untuk setiap jenis produk. Data ini memberikan gambaran tentang tren dan fokus pengembangan biomassa dalam konteks energi terbarukan. Menurut (Yang, 2024) Kemajuan teknologi bernilai tambah biomassa akan mendorong pemanfaatan sumber daya biomassa yang efisien dan berkelanjutan, memberikan landasan teknis yang kokoh bagi pengembangan ekonomi hijau.

Tabel 2. Pengelompokan Hasil Riset Artikel dari Biomassa Sebagai Energi Terbarukan

Hasil	Total	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Briket	38	9	4	8	5	5	7
Energi Listrik	1	1	0	0	0	0	0
Pelet	20	4	1	6	4	3	2
Bioetanol	10	2	2	1	2	2	1
Charcoal	7	1	3	0	2	1	0
Boiler	10	0	0	0	4	2	4
Bio Oil	3	0	0	0	1	1	1
Batery Biotanol Gel	1	0	0	0	1	0	0
Bio Diesel	1	0	0	0	0	1	0
Bio Char dan Bio Oil	1	0	0	0	0	0	1

Sumber: Olahdata (2025)



Gambar 5. Pengelompokan Hasil Riset Artikel dari Biomassa Sebagai Energi Terbarukan Tahun 2020 – 2025
 Sumber: Olahdata (2025)

Dari data yang disajikan, pada Gambar 5. terlihat bahwa produk biomassa padat seperti briket dan pelet masih memegang peranan dominan. Briket menunjukkan total 38 unit, sementara pelet mencapai 20 unit selama periode 2020-2025. Produksi briket menunjukkan fluktuasi yang signifikan, dari 9 unit pada tahun 2020, menurun drastis menjadi 4 unit pada 2021, sebelum kembali stabil di kisaran 5-8 unit hingga 2025. Pola serupa juga terlihat pada pelet, yang mencapai puncaknya pada 6 unit di tahun 2022. Konsistensi pengembangan kedua produk ini mengindikasikan permintaan pasar yang stabil untuk biomassa padat sebagai bahan bakar, terutama untuk aplikasi industri kecil hingga menengah, serta potensi sebagai alternatif batu bara. Menurut (Muzaky, 2025) Biomassa pembuatan briket sangat mudah didapatkan, serta pengikatnya dalam pembuatan briket hanya menggunakan bahan campuran seperti kanji, selain itu briket dapat menghasilkan energi panas yang stabil dan bertahan lama serta emisi gas yang kecil sehingga cocok untuk industri kecil. Sama halnya dengan pembuatan pelet yang hampir sama dengan teknik cara pembuatan briket sehingga banyaknya kajian tentang pemanfaatan biomassa untuk dijadikan bahan bakar briket dan pelet. Menurut (Aishwariya, 2018) Residu biomassa sebagai briket memiliki masa depan yang progresif karena abu hasil pembakarannya dapat digunakan sebagai kompos untuk tanaman dan

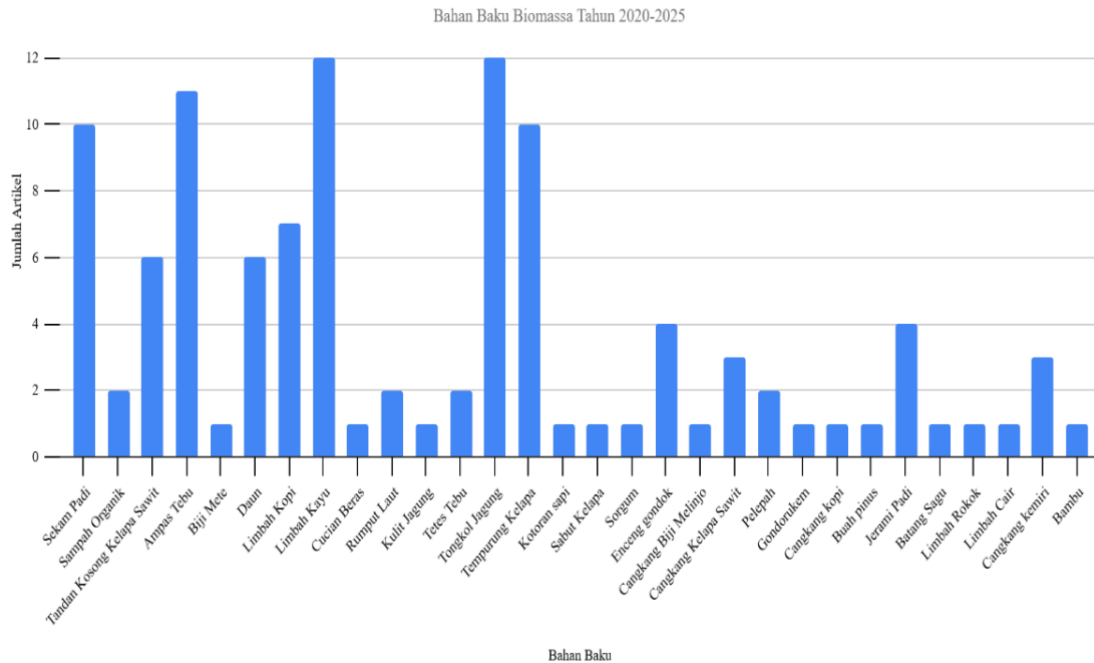
perbaiki tanah dengan sifat kimia dan hidrofisika yang lebih baik serta solusi yang ekonomis serta ramah lingkungan.

Pengembangan bahan bakar cair, khususnya bioetanol, menunjukkan pola yang relatif stabil. Dengan total 10 unit, produksi bioetanol berkisar antara 1 hingga 2 unit per tahun sepanjang periode, mengindikasikan upaya berkelanjutan dalam diversifikasi bahan bakar transportasi atau industri. Sementara itu, bio-oil (total 3 unit) dan biodiesel (total 1 unit) menunjukkan tahap pengembangan yang lebih awal, dengan unit produksi mulai tercatat pada tahun 2023 dan 2024. Pirolisis dapat secara efisien mengubah biomassa menjadi bahan bakar cair, dan salah satu metode paling menjanjikan untuk pemanfaatan biomassa bernilai tinggi (Wang, 2020). Salah satu tren menarik lainnya yang terlihat adalah peningkatan pengembangan boiler yang menggunakan biomassa. Tidak ada pengembangan boiler yang tercatat pada tahun 2020-2022, namun mulai muncul signifikan pada 2023 (4 unit), 2024 (2 unit), dan 2025 (4 unit). Ini menunjukkan adanya pergeseran investasi ke aplikasi termal yang lebih besar atau adopsi teknologi boiler biomassa di sektor industri. Menurut (Fahmi, 2023) Teknologi co-firing mendorong pengembangan boiler dengan memungkinkan pembangkitan daya yang lebih berkelanjutan dan efisien melalui substitusi parsial bahan bakar biomassa. Tren ini menunjukkan bahwa teknologi boiler terus berkembang untuk mengakomodasi integrasi biomassa, dengan studi yang menunjukkan potensi peningkatan yang signifikan. co-firing dapat mengoptimalkan kinerja boiler, mengurangi ketergantungan bahan bakar fosil, perkembangan teknologi ini didorong oleh tujuan transisi energi nasional dan tujuan keberlanjutan lingkungan, menjadikan co-firing sebagai pendekatan strategis untuk memodernisasi infrastruktur pembangkit listrik. Penggunaan co-firing biomassa semakin populer sebagai alternatif jangka pendek terbaik untuk mengurangi emisi gas dan mendorong penggunaan energi terbarukan dalam industri energi (Triani, 2022). Di sisi lain, produk seperti energi listrik, baterai bioetanol gel, dan kombinasi bio char dan bio oil menunjukkan pengembangan yang sangat terbatas (masing-masing 1 unit), menandakan bahwa teknologi ini mungkin masih berada pada fase penelitian dan pengembangan

Pengelompokan Research Artikel Bahan Baku Biomassa Sebagai Energi Terbarukan Rentang Tahun 2020 - 2025

Sebagai sumber daya yang melimpah dan murah, limbah lignoselulosa dianggap sebagai bahan baku biomassa yang ideal untuk produksi energi yang berkelanjutan dan

terbarukan (Nicolas, 2021). Limbah ini adalah masalah umum yang terjadi serta berbagai kebijakan lingkungan sedang dibuat untuk mengelola limbah biomassa yang dihasilkan dari berbagai sumber, seperti industri kayu, pertanian, dan kehutanan. Kemungkinan meningkatkan nilai jumlah limbah biomassa sedang berkembang. Industri sangat menginginkan bahan baku terbarukan.



Gambar 6. Bahan Baku Biomassa Sebagai Energi Terbarukan

Sumber: Olahdata (2025)

Cangkang Kelapa Sawit dan limbah kayu mencapai jumlah tertinggi yaitu 12 artikel. Hal ini mengindikasikan bahwa bahan ini adalah salah satu subjek penelitian yang paling intensif dalam konteks biomassa di Indonesia, kemungkinan besar karena ketersediaannya yang melimpah sebagai produk sampingan. Menurut (Labibah, 2024) Limbah kelapa sawit dapat dimanfaatkan menjadi banyak produk unggulan. Satu bahan baku lain yang menunjukkan tingkat publikasi tinggi mendekati puncak adalah ampas tebu dengan 11 artikel. Ampas tebu merupakan serat dari tebu setelah proses pemerasan untuk pengambilan sari tebu. Guna untuk mengatasi permasalahan limbah dari ampas tebu, beberapa cara pengolahan digunakan untuk menyediakan energi terbarukan yang ramah lingkungan serta dapat mengurangi bahan bakar fosil (Suryani, 2024). Sekam Padi dan Tempurung Kelapa masing-masing memiliki 10 artikel, menunjukkan potensi besar keduanya sebagai biomassa yang banyak diteliti, didukung oleh produksi pertanian dan

perkebunan yang besar. Daun dan Limbah Kopi masing-masing mencapai 6 artikel, menunjukkan minat yang cukup kuat, khususnya dalam pemanfaatan residu pertanian dan perkebunan. Sampah Organik dan Biji Mete masing-masing tercatat 5 artikel, mencerminkan adanya penelitian terkait pengelolaan limbah perkotaan/rumah tangga dan potensi biomassa dari tanaman kacang-kacangan. Menurut (Amjith, 2022) Biomassa berperan dalam meminimalkan polusi lingkungan yang disebabkan oleh bahan baku dan limbah pertanian, akan dikaji lebih lanjut. Studi ini juga mengkaji relevansi penggunaan biomassa jangka panjang bagi kelayakan lingkungan dan ekonomi. Studi ini menekankan perlunya pengadaan bahan baku biomassa yang bertanggung jawab dan pengelolaan yang efektif di seluruh rantai produksi dan pasokan untuk mengembangkan sistem energi berkelanjutan dan mengatasi perubahan iklim.

Tabel 3. Bahan Baku Biomassa Sebagai Energi Terbarukan

Bahan Baku	Total	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Persentase (%)
Sekam Padi	10	2	1	2	2	1	3	9
Sampah Organik	2	1	0	1	0	0	0	2
Tandan Kosong Kelapa Sawit	6	3	2	0	0	1	0	5
Ampas Tebu	11	1	1	2	3	4	1	10
Biji Mete	1	1	0	0	0	0	0	1
Daun	6	1	1	0	0	2	2	5
Limbah Kopi	7	1	0	2	1	1	2	6
Limbah Kayu	12	3	1	1	1	2	4	11
Cucian Beras	1	1	0	0	0	0	0	1
Rumput Laut	2	0	1	0	1	0	0	2
Kulit Jagung	1	1	0	0	0	0	0	1
Tetes Tebu	2	1	1	0	0	0	0	2
Tongkol Jagung	12	0	2	0	1	5	4	11
Tempurung Kelapa	10	1	1	1	3	3	1	9
Kotoran sapi	1	0	1	0	0	0	0	1
Sabut Kelapa	1	0	0	1	0	0	0	1
Sorgum	1	0	0	1	0	0	0	1
Enceng gondok	4	0	0	1	1	0	2	4
Cangkang Biji Melinjo	1	0	0	1	0	0	0	1
Cangkang Kelapa Sawit	3	0	0	2	1	0	0	3
Pelepah	2	0	0	0	2	0	0	2
Gondorukem	1	0	0	0	1	0	0	1
Cangkang kopi	1	1	0	0	0	0	0	1
Buah pinus	1	1	0	0	0	0	0	1
Jerami Padi	4	0	1	1	3	0	0	4

Batang Sagu	1	0	1	0	0	0	0	1
Limbah Rokok	1	0	0	0	0	0	1	1
Limbah Cair	1	0	0	0	0	1	0	1
Cangkang kemiri	3	0	1	0	0	0	2	3
Bambu	1	0	0	0	0	1	0	1

Sumber: Olahdata (2025)

Pada Gambar 6 menjelaskan, bahan baku dengan frekuensi tertinggi adalah Ampas Tebu dan Tongkol Jagung, masing-masing tercatat sebanyak 12 kali. Tongkol Jagung meningkat secara signifikan pada tahun 2023 (5 kali) dan 2024 (4 kali), menyumbang 11% dari bahan baku secara keseluruhan. Dari tahun 2020 hingga 2025, distribusi Ampas Tebu lebih merata, dengan puncaknya pada tahun 2024 (4 kali), juga menyumbang 10% dari total. Sekam padi (Total 10, Persentase 9%) dan tempurung kelapa (Total 10, Persentase 9%) adalah bahan baku utama lainnya. Frekuensi tertingginya tercatat pada tahun 2023 (3 kali) dan 2025 (3 kali). Limbah kayu (total 12, persentase 11%) menunjukkan kontribusi yang stabil, dengan frekuensi tertinggi pada tahun 2025 (4 kali) dan 2023 (2 kali). Bahan baku dengan kontribusi menengah (4% hingga 6%) termasuk daun (total 7, persentase 5%), limbah kopi (total 6, persentase 6%), tandan kosong kelapa sawit (total 6, persentase 5%), dan enceng gondok (total 4, persentase 4%). Banyak bahan baku memiliki frekuensi total yang rendah, yang mencakup 1%–3% dari total. Cucian beras, kulit jagung, sorgum, biji melinjo, cangkang kopi, bambu, dan kotoran sapi adalah semua bahan-bahan ini yang hanya disebutkan satu kali. Bahan ini menunjukkan keragaman sumber daya yang dimanfaatkan, meskipun frekuensinya kecil. Menurut (Noprianti, 2024) Biomassa, juga disebut *bioresource*, adalah semua bahan organik yang berasal dari tanaman hijau yang molekulnya telah rusak selama proses pencernaan, pembakaran, atau dekomposisi. Hal ini dihasilkan oleh proses fotosintesis, yang menghasilkan campuran karbon dioksida dan air menjadi campuran karbon, hidrogen, dan oksigen. Bahan bakar sebagai energi terbarukan yang merupakan bahan bakunya dari alam adalah merupakan bahan alternatif yang tepat sebagai pengganti bahan energi fosil, dimana bahan baku dari pembuatan bahan energi ini sangat melimpah. Apalagi jika kita fokuskan pada pengembangan bahan energi dengan dikembangkannya penanaman tanaman ataupun pohon yang menghasilkan produk utama swasembada serta limbahnya yang dapat menghasilkan energi terbarukan alternatif seperti padi, kelapa sawit, tebu, limbah kayu, jagung dan sebagainya (Fahmi, 2022).

Biorefineri dan biogas, serta energi biomassa lainnya, dapat dibangun di mana pun karena banyaknya biomassa yang tersedia di seluruh dunia. Selain itu, perlu dilakukan upaya untuk membuat teknologi konversi lebih produktif, hemat biaya, mudah diskalakan, dan ramah pengguna. Teknologi mana yang paling cocok akan didasarkan pada biaya pengoperasian dan produksi, efisiensi energi, dan dampak lingkungannya (Banerjee, 2022). Pemanfaatan energi biomassa yang lain adalah dengan cara proses biokimia, seperti hidrolisis, fermentasi, dan anaerobic digestion. Anaerobic digestion adalah penguraian bahan organik atau selulosa menjadi CH₄ dan gas lain melalui proses biokimia. Biomassa yang kaya dengan karbohidrat atau glukosa dapat difermentasi sehingga terurai menjadi etanol dan CO₂. Akan tetapi, karbohidrat harus mengalami penguraian (hidrolisis) terlebih dahulu menjadi glukosa (Parinduri, 2020). Biomassa dapat membantu mengurangi impor bahan bakar dan membantu meningkatkan kemandirian energi negara. Peningkatan penggunaan biomassa dari limbah dapat mengurangi tingkat polusi di dunia dengan mengkonversi sampah menjadi sumber energi yang berguna. Pembahasan yang lebih mendalam diperlukan tentang masalah penyimpanan dan transportasi biomassa, kebijakan, dan teknik berbasis simulasi dan pemodelan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Bedasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan dari hasil *Systematic Literatur Review* (SLR) dengan metode *Preferred Reporting Items For Systematic Reviews And Meta-Analysis* (PRISMA) terhadap 92 artikel yang diterbitkan jurnal terindeks “*Google Scholar*” dari tahun 2020 hingga 2025 mengenai “Biomassa Sebagai Energi Keterbarukan”. Pertama, Jumlah artikel yang didapatkan sesuai standar inklusi dan eksklusi. Kedua, jumlah artikel paling banyak terbit pada tahun 2023 yaitu 19 artikel. Ketiga, Pengelompokan hasil riset terbanyak pada pembuatan “Briket” dari produk biomassa dengan total 38 artikel. Keempat, jumlah pengelompokan bahan biomassa terbanyak dari tongkol jagung yaitu 12 artikel dan limbah kayu 12 artikel. Biomassa memiliki potensi besar untuk membantu transisi energi menuju sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Berbagai teknologi konversi yang terus berkembang, seperti pembakaran dan fermentasi, memungkinkan biomassa menghasilkan energi dalam berbagai bentuk, seperti listrik, panas, dan biofuel

REFERENCES

- Addriani, R., Hamdi, H., & Razi, P. (2024). Systematic literature review: Biomassa sebagai sumber energi terbarukan. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(3), 47482–47490.
- Aishwariya, S., & Amsamani, S. (2018). Exploring the potentialities and future of biomass briquettes technology for sustainable energy. *Innov Energy Res*, 7.
- Amjith, L. R., & Bavanish, B. (2022). A review on biomass and wind as renewable energy for sustainable environment. *Chemosphere*, 293, 133579.
- Banerjee, N. (2022). Biomass to Energy - An Analysis Of Current Technologies, Prospect, And Challages. *BioEnergy Research*. <https://doi.org/10.1007/s12155-022-10500-7>
- Gani, A., Mamat, R., Nizar, M., Yana, S., Yasin, M. H. M., & Rosdi, S. M. (2024). Prospects for renewable energy sources from biomass waste in Indonesia. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 10, 100880.
- Fahmi, M. A., Sunarko., Cahya, Y., dan Hasan, Z. I. (2023). Analisis Penerimaan Implementasi Co-firing di PLN Group dengan Pendekatan Modified TAM3 (Modified Technology Acceptance Model 3). *Jurnal Multidisiplin West Science*. 2 (6) : 401 - 421.
- Fahmi, I., Soelistyo, T., Maulani, M., Sasongko, N. A., Yoesgiantoro, D. (2022). Bahan Bakar Hayati Sebagai Pengganti Bahan Bakar Fosil (Biofuel : Biodiesel, Bioethanol, BioAvtur, Green Diesel, Green Gasoline, Green Avtur) *Jurnal TNI Angkatan Udara*. 1 (3) : 51 - 58
- Fitri, N. C., & Hamdi, H. (2024). Systematic Literature Review (SLR): sumber energi terbarukan: Potensi kotoran ternak dan limbah pertanian untuk produksi biogas berkelanjutan. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 5(1), 57-69.
- Utami, W., & Indah, M. (2024). A Pengolahan Limbah Zat Warna Batik di Perairan: SLR: Pengolahan Limbah Zat Warna. *JSSIT: Jurnal Sains dan Sains Terapan*, 2(2).
- Labibah, A. N. C., Yuliono, G. K. Q., Chairunniza, D. N., Nurrohman, T. P., & Radianto, D. O. (2024). Upaya Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit. *Journal Sains Student Research*, 2(2), 148-153.
- Kalak, T. (2023). Potential use of industrial biomass waste as a sustainable energy source in the future. *Energies*, 16(4), 1783.
- Yana, S., Hamdiah, C., & Ikhbar, S. (2024). Dampak Lingkungan dan Keuntungan Finansial: Evaluasi Bio-Ekonomi dari Energi Terbarukan. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(1).
- Murodif, A., Fauzi, A. M., & Karlinasari, L. (2024, August). The potential of biomass for addressing energy needs in the cement industry: a systematic literature review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1386, No. 1, p. 012013). IOP Publishing.
- Muzaki, A., Maulana, F., Rizqi, M. U. N., Rizqi, M. I., Khairil, A. S. (2025). Arang Briket: Alternatif Energi yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Manajemen*, 3 (2) : 352 - 355
- Nenohai, J. A., Minata, Z. S., Ronggopuro, B., Sanjaya, E. H., & Utomo, Y. (2023). Penggunaan Karbon Aktif dari Biji Kelor dan Berbagai Biomassa dalam Mengatasi Pencemaran Air: Analisis Review. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(1), 29-35.

- Nelly., Yana, S., Rahdhiana., Hanum, F., Fitriliana., Juwita., & Kasmaniar. (2023). Potensi Ekonomi Energi Terbarukan Biomassa: Permasalahan dan Kendala Pengembangannya. *Jurnal Serambi Engineering*. 3 (3): 6487 - 6492.
- Parinduri, L., dan Parinduri, T. 2020. Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Journal of Electrical Technology*. 5 (2): 88 - 92
- Clauser, N. M., González, G., Mendieta, C. M., Kruyeniski, J., Area, M. C., & Vallejos, M. E. (2021). Biomass waste as sustainable raw material for energy and fuels. *Sustainability*, 13(2), 794.
- Noprianti, N. S. A., Hamdi., & Sudiar, N. Y. (2024). Analisis Pemanfaatan Biobriket Dari Limbah Kulit Kopi Sebagai Basis Pengembangan Energi Terbarukan. *Journal Of Applied Mechanical Engineering And Renewable Energy (JAMERE)*. 4 (2): 1 - 9. DOI: <https://doi.org/10.52158/jamere.v4i2.837>
- Salem, M. (2022). Possibility Of Utilizing Agriculture Biomass As a Renewable And Sustainable Future Energy Source. *Journal Heliyon*. 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08905>
- Suryani, A. D., Eurika, N., & Priantari. (2024). Pemanfaatan Limbah Bagasse Tebu Sebagai Upaya Mengatasi Permasalahan Lingkungan : Literature Review. *Jurnal Sains Riset*. 14 (1) : 369 – 377. DOI: <https://doi.org/10.47647/jsr.v14i1.2314>
- Syed, N. B., Zhang, B., Mwenya, S., & Aldeen, A. S. (2023). A Systematic Review on Biomass Treatment Using Microwave - Assisted Pyrolysis Under PRISMA Guideline. *Molecules*. 28, 5551 : 1 - 23. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28145551>
- Triani, M., Tanbar, F., Cahyo, N., Sitanggang, R., Sumiarsa, D., & Utama, G. L. (2022). The Potential Implementation of Biomass Co-Firing With Coal in Power Plan on Emission And Economic Aspect : A Review. *Journal of Sciences and Data Analysis*. 3 (2) : 83 - 94. DOI: <https://doi.org/10.20885/EKSAKTA.vol3.iss2.art4>
- Wang, G., Dai, Y., Yang, H, Xiong, Q., Wang, K., Zhou, J., Li, Y., & Wang, S. (2020). A Review of Recent Advances in Biomass Pyrolysis. *Energy & Fuels*. A - V.
- Yana, S., Nizar, M., & Mulyati, D. (2022). Biomass Waste As a Renewable Energy In Developing Bio-Based Economic In Indonesia : A Review. *Journal Renewable And Energy Reviews*. 1 - 12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser2022.112268>
- Yang, X., Zhang, Y., Sun, P., & Peng, C. (2024). A Review on Renewable Energy : Conversion And Utilization Of Biomass. *Smart Molecules Wiley*. 1 - 21. DOI: <https://doi.org/10.1002/smo.20240019>