



Pengujian Laju Pembakaran Briket Biomassa Dari Tempurung Kelapa dan Sekam Padi

Alfian Fajari¹, Sudarti^{1*}, Yushardi^{1,2}

¹S1 Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember

²S1 Program Studi Pendidikan Geografi, Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember

Received: 3 September 2024
Revised: 14 September 2024
Accepted: 30 September 2024

Abstract

Biomass such as rice husks and coconut shells can be used as a source of raw material for briquettes, which is an alternative energy source from waste. This study aims to determine the combustion rate between briquettes made from coconut shells and rice husks. The method used in this study is a little observation and literature study from several existing journals. The results of this research prove that the combustion rate of coconut shell briquettes is greater than the combustion rate of rice husk briquettes. The results of the briquette burning rate test prove that briquettes made from coconut shells have a greater burning rate than briquettes made from rice husks.

Keywords: *Burning rate, coconut shell briquettes, rice husk briquettes.*

(*) Corresponding Author:

sudarti.fkip@unej.ac.id, yushardi.fkip@unej.ac.id
230210102038@mail.unej.ac.id

How to Cite: Fajari, A., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2024). Pengujian Laju Pembakaran Briket Biomassa Dari Tempurung Kelapa dan Sekam Padi. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(23), 1208-1216. Retrieved from <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/11266>

INTRODUCTION

Limbah padat kota (MSW) merupakan perhatian signifikan secara global, dengan limbah organik membentuk sebagian besar komposisi limbah di negara maju dan berkembang. MSW dicirikan oleh kandungan organik yang tinggi 54,1%, menunjukkan potensi konversi limbah organik menjadi sumber daya energi (Cui,2024). Terdapat minat yang berkembang dalam memanfaatkan limbah organik untuk produksi energi terbarukan melalui proses seperti pencernaan anaerob, menyoroti potensi solusi limbah menjadi energi untuk berkontribusi pada konsumsi energi global. Pengelolaan limbah yang tidak tepat menyebabkan dampak lingkungan negatif seperti emisi gas rumah kaca, polusi, dan hilangnya sumber daya, menekankan perlunya strategi pengelolaan limbah yang berkelanjutan. Peningkatan populasi global dan tren urbanisasi berkontribusi pada peningkatan produksi limbah, menimbulkan tantangan bagi infrastruktur pengelolaan limbah di banyak Negara (Lawal,2024). Negara yang dapat dibahas pada kali ini tidak hanya Indonesia, namun juga ada Negara yang lainnya. Pergeseran ke arah energi berkelanjutan sangat penting untuk membatasi emisi karbon dan mencegah krisis di masa depan di Pakistan. Langkah-langkah kebijakan seperti meningkatkan target energi terbarukan, mengamankan keuangan untuk proyek WtE, dan mempromosikan perubahan perilaku dalam pengelolaan limbah sangat penting untuk pemulihan ekonomi hijau pasca-pandemi (Shah,2021).

China telah menerapkan berbagai kebijakan dan peraturan terkait CE sejak tahun 2000, dengan fokus pada pencapaian tujuan lingkungan seperti mitigasi polusi dan peningkatan produktivitas sumber daya (Bleischwitz,2022). Pengelolaan limbah di China sedang bertransisi menuju ekonomi karbon sirkular, memanfaatkan pengalaman dari ekonomi lain seperti Jerman. Jerman adalah pelopor dalam menerapkan hierarki limbah, dengan fokus pada pengurangan limbah, penggunaan kembali, daur ulang, pemulihan, dan TPA sebagai upaya terakhir. Peluang untuk mentransfer praktik pengelolaan limbah berkelanjutan dari Jerman ke China termasuk mengembangkan hierarki limbah yang memprioritaskan strategi daur ulang seperti pra-pengolahan mekanis dan daur ulang bahan kimia (Lee,2020). Limbah padat kota (MSW) di China menimbulkan ancaman bagi kesehatan manusia dan lingkungan karena toksisitas dan karsinogenisitasnya. MSW di China dapat diklasifikasikan menjadi empat kategori utama: limbah makanan, limbah daur ulang, limbah TPA, dan zat berbahaya (Zhu,2020). Malaysia juga berperan dalam hal ini, praktek pemisahan sampah rumah tangga di Kecamatan Panji masih rendah, dengan limbah makanan sering dicampur dengan limbah rumah tangga lainnya (Fadhullah,2022). Malaysia memiliki potensi yang melimpah untuk sumber energi terbarukan seperti matahari, angin, hidro, biogas, dan biomassa, dengan sumber daya energi panas bumi dan pasang surut yang terbatas (Abdullah,2019).

Teknologi Waste-to-Energy (WtE) memainkan peran penting dalam ekonomi sirkular dengan mengubah limbah yang tidak dapat didaur ulang menjadi sumber daya berharga seperti listrik atau panas, selaras dengan prinsip-prinsip pengelolaan limbah berkelanjutan. Penelitian yang sedang berlangsung berfokus pada pengoptimalan proses pembakaran limbah, pemulihan sumber daya dari residu insinerasi, dan mengeksplorasi teknologi WtE alternatif seperti gasifikasi dan pirolisis untuk pemulihan energi berkelanjutan. Proses pembakaran limbah yang efektif, termasuk teknologi penangkapan karbon, membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan memastikan perlindungan lingkungan (Traven,2023). Proses Limbah-ke-energi (WtE), seperti pirolisis, gasifikasi, dan insinerasi, digunakan untuk pemulihan energi dari bahan limbah organik. Pirolisis melibatkan dekomposisi termal bahan organik pada suhu sedang hingga tinggi, sedangkan gasifikasi menggunakan suhu yang lebih tinggi di lingkungan yang kekurangan oksigen untuk menghasilkan syngas. Teknologi WtE bertujuan untuk mengurangi volume limbah, memaksimalkan pemulihan sumber daya, dan meminimalkan emisi berbahaya, berkontribusi pada praktik pengelolaan limbah berkelanjutan (Ronda,2023).

Produksi Hijau (GP) dan Teknologi Hijau (GT) secara signifikan berkontribusi pada pengurangan limbah, pengurangan penggunaan energi, dan keberlanjutan di industri manufaktur. Adopsi teknologi dan proses yang ramah lingkungan sangat penting untuk meminimalkan dampak lingkungan, melestarikan sumber daya alam, dan mempromosikan keberlanjutan (Li,2023). Produksi Hijau (GP) dan Teknologi Hijau (GT) sangat penting dalam mempromosikan keberlanjutan dan mengurangi penggunaan limbah dan energi. Terlepas dari potensi biogas sebagai sumber energi terbarukan, ada kurangnya kesadaran di kalangan masyarakat umum tentang pemanfaatan limbah organik untuk produksi energi (Rahmat,2023).

Tingkat penerimaan masyarakat terhadap teknologi Waste to Energy dipengaruhi oleh faktor-faktor sosial-ekonomi, dampak lingkungan, dan pengembangan. Faktor sosial-ekonomi menjadi faktor penentu utama dalam preferensi dan penerimaan masyarakat terhadap Waste to Energy. Tingkat pendidikan dan potensi pendapatan dari proyek tersebut juga merupakan faktor penentu utama dalam pengembangan dan implementasi Waste to Energy di Jakarta (Suryawan,2023). Keuntungan lingkungan dari proses daur ulang fisik dan kimia yang inovatif diidentifikasi, menunjukkan potensi pengurangan emisi CO₂ dan peningkatan kinerja lingkungan dibandingkan dengan metode tradisional (Arena,2022). Pengomposan sedimen hop adalah metode yang sedang dieksplorasi untuk memanfaatkan limbah pasca-proses, berkontribusi pada pemanfaatan limbah yang lebih baik (Kopeck,2022). Karakterisasi limbah makanan dari berbagai sumber membantu dalam memahami komposisinya untuk upaya daur ulang yang efektif. Limbah makanan pasca konsumsi menunjukkan variabilitas yang lebih rendah dan dapat menjadi bahan baku yang andal untuk proses konversi. Sumber dan jenis limbah makanan mempengaruhi nilai gizi dan kesesuaiannya untuk berbagai metode daur ulang. Kandungan lemak tinggi dalam limbah makanan pasca konsumsi menunjukkan potensi produksi biodiesel. Memisahkan limbah makanan berdasarkan sumber dan tahap generasi dapat menghasilkan hasil daur ulang yang lebih konsisten (Prasetya,2019). Implementasi Ekonomi Sirkular (CE) dalam industri konstruksi sangat penting untuk mengatasi tantangan lingkungan. Prinsip CE mencakup kerangka kerja Reduce-Reuse-Recycle dan strategi seperti memperlambat, menutup, dan mempersempit loop CE terkait dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) dan sangat penting untuk mencapai pola konsumsi dan produksi berkelanjutan (Yu,2022). Teknologi pemrosesan biomassa seperti gasifikasi dan pencairan hidrotermal telah dievaluasi untuk kelangsungan ekonomi dan dampak lingkungannya. Pirolisis disorot sebagai metode untuk mengubah bahan organik menjadi bahan bakar padat, cair, dan gas melalui pemanasan terkontrol di bawah atmosfer inert (AlNouss,2024). Proses gasifikasi dan pencairan hidrotermal (HTL) dinilai untuk produksi energi dari beragam bahan limbah. Benih kurma dan kotoran unta dianalisis sebagai bahan baku biomassa potensial untuk pembangkit energi, dengan fokus pada karakteristik dan kesesuaiannya untuk konversi limbah menjadi energi (Ahmed,2024).

Pembangkitan limbah padat kota di Indonesia merupakan masalah yang signifikan, dengan potensi tinggi untuk pemanfaatan energi terbarukan. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Negara (SMEF) dan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (MPWPH) mengkoordinasikan pengelolaan sampah di Indonesia (Qonitan,2021). Sektor energi Indonesia sangat bergantung pada sumber-sumber yang tidak berkelanjutan, dengan hanya 6% berasal dari energi baru dan terbarukan, sehingga sangat penting untuk mengeksplorasi sumber-sumber alternatif seperti limbah menjadi energi di kota-kota seperti Medan (Nugraha,2022). Sampah elektronik (e-waste) adalah aliran limbah yang berkembang pesat secara global, dengan hanya 17,4% yang dikumpulkan dan didaur ulang pada tahun 2019. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengelolaan limbah elektronik termasuk peraturan, pemangku kepentingan, dan infrastruktur. Indonesia, khususnya Jakarta, menghadapi

tantangan dalam mengelola limbah elektronik, dengan sektor formal berjuang untuk mengumpulkan volume yang signifikan untuk daur ulang (Wibowo,2021). UMKM di Kota Malang menghadapi kendala dalam mengakses sumber daya dan pengelolaan limbah, yang berdampak pada daya saing mereka. Intervensi pemerintah sangat penting untuk memberikan bimbingan dan fasilitasi bagi UMKM untuk meningkatkan daya saing mereka (Prasetya,2019).

Bahan bakar minyak merupakan sumber energi dengan konsumsi terbesar saat ini jika dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Padahal, cadangan minyak bumi semakin menipis, diperkirakan hanya bertahan hingga tahun 2025 (ESDM, 2006). Kondisi ini memberikan dorongan untuk mencari sumber-sumber energi alternatif yang melimpah serta dapat diperbaharui dibandingkan dengan minyak bumi, gas alam, ataupun batu bara. Salah satu pilihan yang menarik adalah biomassa.

Abu sekam padi yang berasal dari sekam padi merupakan bahan yang bisa dibuang tidak asing bagi masyarakat. Abu sekam padi merupakan limbah dari pembakaran sekam padi yang pemanfaatannya bisa dikatakan masih belum maksimal. Pada pembakaran batu bata yang menggunakan sekam padi, dapat dilihat bahwa tidak semua hasil pembakaran masih berupa abu, tetapi juga masih mengandung sedikit arang sehingga bisa dikatakan nilai kalor dari bahan tersebut masih ada dan bisa dimanfaatkan untuk menjadi bahan bakar. Beberapa jenis perekat yang umum digunakan dalam pembuatan briket adalah perekat kanji, perekat tanah liat, perekat getah karet, perekat getah pinus, dan perekat buatan pabrik (Almu,2014).

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan laju pembakaran antara briket tempurung kelapa dan briket sekam padi. Bahan bakar adalah suatu materi atau bahan apapun yang bisa diubah menjadi energi. Biasanya bahan bakar mengandung energi panas atau kalor yang dapat dilepaskan dan dimanipulasi. Kebanyakan bahan bakar yang digunakan oleh manusia melalui proses pembakaran dimana bahan bakar tersebut akan melepaskan panas setelah direaksikan dengan oksigen. Pembakaran adalah reaksi kimia antara bahan bakar dan pengoksidasi yang menghasilkan panas dan cahaya, sehingga proses pembakaran bisa berlangsung jika ada (Alamsyah, 2009).

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah pepohonan, rumput, tanaman, limbah pertanian, limbah hutan, dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk tujuan primer yaitu sebagai serat, bahan pangan, minyak nabati, bahan bangunan, pakan ternak dan lainnya, biomassa juga digunakan sebagai bahan bakar. Bahan baku biomassa berasal dari bahan yang nilai ekonomisnya rendah dan biasanya limbah setelah diambil produk primernya.

Sekam padi merupakan kulit terluar gabah yang berwarna kuning kecoklatan. Sekam padi mempunyai lapisan keras yang membungkus kariopis putih gabah yang terdiri dari dua belahan, yaitu lemma dan pelea yang saling bertautan (Aritonang, 2010). Pemanfaatan sekam padi masih sangat terbatas itu bisa dilihat pada pemanfaatannya selama ini yang masih berkisar sebagai media tanaman hias, alas pada peti telur, kadang juga dimanfaatkan pada energi alternatif lainnya berupa kompor sekam.

Briket adalah bahan bakar yang dipadatkan dan dibentuk dalam cetakan. Briket dapat berbentuk kubus maupun silinder dengan ukuran yang beragam. Briket biasanya terbuat dari sampah-sampah atau limbah yang tidak digunakan lagi. Bahan baku yang paling disarankan adalah sampah organik dari sisa pertanian yang sudah tidak digunakan lagi. Briket sangat cocok digunakan untuk industri kecil dan masyarakat umum karena murah dan pembakarannya cukup bersih (Tjokrowisastro dan Widodo, 1990).

Briket arang juga harus mempunyai kualitas yang baik, entah itu dari nilai ekonomis, bahan baku, dan cara pembuatan yang mudah dan murah. Hal ini dikarenakan briket arang harus mempunyai nilai lebih dibandingkan dengan bahan bakar yang lain. Karena dalam aplikasinya nanti briket arang merupakan energi alternatif dari bahan bakar yang sudah ada saat ini.

Prinsip pembakaran bahan bakar sejatinya adalah reaksi kimia bahan bakar dengan oksigen (O). Kebanyakan bahan bakar mengandung unsur karbon (C), Hidrogen (H) dan Belerang (S). Akan tetapi yang memiliki kontribusi yang penting terhadap energi yang dilepaskan adalah C dan H. Masing-masing bahan bakar mempunyai kandungan unsur C dan H yang berbeda-beda. Proses pembakaran terdiri atas dua jenis yaitu pembakaran sempurna (complete combustion) dan pembakaran tidak sempurna (incomplete combustion). Pembakaran sempurna terjadi apabila seluruh unsur C yang bereaksi dengan oksigen hanya akan menghasilkan CO₂, seluruh unsur H menghasilkan H₂O dan seluruh unsur S menghasilkan SO₂. Sedangkan pembakaran tak sempurna terjadi apabila seluruh unsur C yang bereaksi dengan oksigen seluruhnya tidak menjadi gas CO₂. Keberadaan CO pada hasil pembakaran menunjukkan bahwa pembakaran berlangsung tidak sempurna.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran bahan bakar padat, antara lain :

1. Ukuran partikel

Partikel yang lebih kecil ukurannya akan cepat terbakar.

2. Kecepatan aliran udara

Laju pembakaran briket akan naik dengan adanya kenaikan kecepatan aliran udara dan kenaikan temperatur.

3. Jenis bahan bakar

Jenis bahan bakar akan menentukan karakteristik bahan bakar. Karakteristik tersebut antara lain kandungan volatile matter dan kandungan moisture.

4. Temperatur udara pembakaran

Kenaikan temperatur pembakaran menyebabkan semakin pendeknya waktu pembakaran. Sehingga menyebabkan laju pembakaran meningkat.

Pengujian laju pembakaran adalah proses pengujian dengan cara membakar briket untuk mengetahui lama nyala suatu bahan bakar, kemudian menimbang massa briket yang terbakar. Lamanya waktu penyalaan dihitung menggunakan stopwatch dan massa briket ditimbang dengan timbangan digital. Persamaan yang digunakan untuk mengetahui laju pembakaran adalah : Massa briket terbakar = massa briket awal - massa briket sisa (gram)

(2)

Laju Pembakaran = (gr/menit).... (3).

METHODS

Penulisan artikel didasarkan pada jurnal-jurnal terdahulu yang berkaitan sehingga metode yang digunakan merupakan metode review jurnal. Metode review jurnal yang dilakukan adalah metode Synthesize, yaitu membandingkan jurnal yang satu dengan jurnal lainnya dalam artian mengintegrasikan hasil analisis terhadap jurnal-jurnal penelitian berdasarkan kesamaan dan perbedaan masing-masing kemudian memberikan simpulan baru. Penulisan artikel ini juga menggunakan metode Summarize yaitu review jurnal dengan menulis kembali sumbernya dengan kalimat sendiri. Review jurnal hanya menyimpulkan isi, mengambil sedikit pokok latar belakang, tujuan penelitian, metode penelitian, hasil penelitian, dan sedikit pokok pembahasan serta kesimpulan yang dapat diambil dari jurnal penelitian tersebut. Dalam penulisan jurnal ini juga dilakukan dengan menggunakan metode uji secara langsung.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang dipakai dalam pengujian ini antara lain briket tempurung kelapa dan briket sekam padi. Alat-alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah stopwatch untuk menghitung waktu proses pembakaran, timbangan untuk menimbang massa briket, dan korek api.

Pengujian Laju Pembakaran

Pengujian laju pembakaran dilakukan secara manual dengan menggunakan korek api. Dimana lama nyala api dari tiap bahan dasar briket dinilai mana yang lebih tahan lama untuk nyalanya. Sebelum melakukan pengujian massa setiap sampel ditimbang. Kemudian tiap sampel dibakar sampai menjadi abu, waktu pembakaran tersebut dihitung menggunakan stopwatch dan massa abu ditimbang lagi untuk mengetahui selisih massa yang terbakar dari massa mula-mula. Pengujian laju pembakaran ini dimaksudkan untuk mengetahui kadar efisiensi bahan bakar briket ini.

RESULTS & DISCUSSION

Uji Laju Pembakaran

Pengujian laju pembakaran dilakukan untuk mengetahui efektivitas dari suatu bahan bakar. Hal ini untuk mengetahui sejauh mana kelayakan dari bahan bakar yang diuji sehingga aplikasinya nanti bisa digunakan. Pada pengujian ini dapat dilihat pada variasi bahan dasar antara tempurung kelapa dan sekam padi yang paling rendah laju pembakarannya yaitu pada sampel briket tempurung kelapa yaitu sebesar 0,00166 gr/detik. Sedangkan yang paling besar terdapat pada sampel briket sekam padi yaitu sebesar 0,00555 gr/detik. Faktor yang mempengaruhi Hal ini dikarenakan konsentrasi bahan dasar yang terdapat dalam campuran briket, di mana sekam padi sendiri lebih mudah terbakar sehingga cukup mempengaruhi waktu pembakaran.

Analisa Laju Pembakaran Briket

Laju pembakaran merupakan kecepatan briket tersebut untuk habis terbakar. Artinya semakin besar nilai laju pembakaran, maka semakin cepat briket tersebut untuk habis. Laju pembakaran dari briket tempurung kelapa dan briket sekam padi didapatkan hasil bahwa briket sekam padi mengalami nilai laju pembakaran yang paling cepat.

Analisis nilai laju pembakaran bertujuan untuk mengetahui kecepatan briket terbakar sampai menjadi abu. Hasil analisis laju pembakaran dengan bahan yang berbeda diketahui bahwa briket yang berbahan dasar sekam padi yaitu sebesar 0,333 (gram/menit) dan briket yang berbahan dasar tempurung kelapa sebesar 0,1 (gram/menit). Dari perlakuan terhadap briket diketahui bahwa, briket dengan bahan dasar yang bervariasi akan menghasilkan laju pembakaran yang berbeda. Nilai laju pembakaran yang paling rendah yaitu pada briket tempurung kelapa sebesar 0.1 (gram/menit) dan nilai laju pembakaran yang paling tinggi yaitu pada briket sekam padi sebesar 0.333 (gram/menit). Dari hasil penelitian di atas diketahui laju pembakaran yang paling tinggi yaitu pada briket sekam padi. Faktor yang mempengaruhi hal ini dikarenakan konsentrasi bahan dasar yang terdapat dalam campuran briket, di mana sekam padi sendiri lebih mudah terbakar sehingga cukup mempengaruhi waktu pembakaran.

CONCLUSION

Laju pembakaran paling rendah didapat dari briket briket tempurung kelapa yang paling rendah laju pembakarannya yaitu sebesar 0,00166 gr/detik. Sedangkan yang paling besar terdapat pada sampel briket sekam padi yaitu sebesar 0,00555 gr/detik. Hasil uji pembakaran briket menunjukkan bahwa briket sekam padi lebih efisien apabila digunakan sebagai pengganti energy daripada briket tempurung kelapa.

CONFLICT OF INTEREST

Sampah merupakan masalah yang paling krusial dalam negara ini terutama. Solusi yang dapat dipertimbangkan kembali adalah sampah dapat menjadi sumber energi alternatif. Salah satu opsi dalam penggunaan sampah menjadi sumber energi alternatif adalah briket dari bahan organik seperti tempurung kelapa dan sekam padi. Jurnal ini juga telah mengemukakan keefektifan bahan yang dapat dipakai sehingga memaksimalkan hasil yang didapat dari penggunaan energi ini.

ACKNOWLEDGEMENT

Kami mengucapkan terima kasih kepada ibu Dra. Sudarti, M.Kes, dan bapak Drs. Yushardi, S.Si.,M.Si atas bimbingannya dalam mata kuliah ini. Kami juga ingin mengucapkan terima kasih kepada teman-teman dan orang yang berniat membantu dan telah menawarkan bantuan.

REFERENCES

- Abdullah, W. S. W., Osman, M., Ab Kadir, M. Z. A., & Verayiah, R. (2019). The potential and status of renewable energy development in Malaysia. Energies, 12(12), 2437. doi:10.3390/en12122437*
- Ahmed, A. A., Qahtan, T. F., Owolabi, T. O., Agunloye, A. O., Rashid, M., & Ali, M. S. M. (2024). Waste to sustainable energy based on TENG technology: A comprehensive review. Journal of Cleaner Production, 141354. doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141354*

- Almu, M. A., Syahrul, S., & Padang, Y. A. (2014). *Analisa Nilai Kalor Dan Laju Pembakaran Pada Briket Campuran Biji Nyamplung (Calophyllum Inophyllum) Dan Abu Sekam Padi*. *Dinamika Teknik Mesin*, 4(2).
- AlNouss, A., Alherbawi, M., Parthasarathy, P., Al-Thani, N., McKay, G., & Al-Ansari, T. (2024). *Waste-to-energy technology selection: A multi-criteria optimisation approach*. *Computers & Chemical Engineering*, 183, 108595. doi.org/10.1016/j.compchemeng.2024.108595
- Arena, U., & Ardolino, F. (2022). *Technical and environmental performances of alternative treatments for challenging plastics waste*. *Resources, Conservation and Recycling*, 183, 106379. doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106379
- Bleischwitz, R., Yang, M., Huang, B., Xiaozhen, X. U., Zhou, J., McDowall, W., ... & Yong, G. (2022). *The circular economy in China: Achievements, challenges and potential implications for decarbonisation*. *Resources, Conservation and Recycling*, 183, 106350. doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106350
- Cui, W., Wei, Y., & Ji, N. (2024). *Global trends of waste-to-energy (WtE) technologies in carbon neutral perspective: Bibliometric analysis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 270, 115913. doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115913
- Fadhullah, W., Imran, N. I. N., Ismail, S. N. S., Jaafar, M. H., & Abdullah, H. (2022). *Household solid waste management practices and perceptions among residents in the East Coast of Malaysia*. *BMC public health*, 22, 1-20. doi.org/10.1186/s12889-021-12274-7
- Kopeć, M., Mierzwa-Hersztek, M., Gondek, K., Wolny-Koładka, K., Zdaniewicz, M., & Jarosz, R. (2022). *Biological activity of composts obtained from hop waste generated during the brewing*. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 12(4), 1271-1279. doi.org/10.1007/s13399-020-00746-6
- Lawal, I. M., Ndagi, A., Mohammed, A., Saleh, Y. Y., Shuaibu, A., Hassan, I., ... & Jagaba, A. H. (2024). *Proximate analysis of waste-to-energy potential of municipal solid waste for sustainable renewable energy generation*. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(1), 102357. doi.org/10.1016/j.asej.2023.102357
- Lee, R. P., Meyer, B., Huang, Q., & Voss, R. (2020). *Sustainable waste management for zero waste cities in China: potential, challenges and opportunities*. *Clean energy*, 4(3), 169-201. doi: 10.1093/ce/zkaa013
- Li, C., Ahmad, S. F., Ayassrah, A. Y. B. A., Irshad, M., Telba, A. A., Awwad, E. M., & Majid, M. I. (2023). *Green production and green technology for sustainability: The mediating role of waste reduction and energy use*. *Helicon*, 9(12). doi.org/10.1016/j.helicon.2023.e22496
- Nugraha, Y. T., Sitindaon, T. R. F. D., & Irwanto, M. (2022). *Analisis potensi energi sampah sebagai energi alternatif terbarukan di Kota Medan*. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 5(1), 35-38. DOI: <https://doi.org/10.30596/rele.v1i1.10783>
- Prasetya, D. A., Sanusi, A., Chandrarin, G., Roikhah, E., Mujahidin, I., & Arifuddin, R. (2019). *Small and medium enterprises problem and potential*

- solutions for waste management. Journal of Southwest Jiaotong University*, 54(6). DOI : 10.35741/issn.0258-2724.54.6.21
- Prasetya, D. A., Sanusi, A., Chandrarin, G., Roikhah, E., Mujahidin, I., & Arifuddin, R. (2019). *Small and medium enterprises problem and potential solutions for waste management. Journal of Southwest Jiaotong University*, 54(6). doi.org/10.1080/10962247.2018.1526138
- Qistina, I., & Dede Sukandar, T. (2016). *Kajian Kualitas Briket Biomassa dari Sekam Padi dan Tempurung Kelapa.*
- Qonitan, F. D., Suryawan, I. W. K., & Rahman, A. (2021, April). *Overview of municipal solid waste generation and energy utilization potential in major cities of Indonesia. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1858, No. 1, p. 012064). IOP Publishing. doi:10.1088/1742-6596/1858/1/012064*
- Rahmat, F. N. (2023). *Analisis pemanfaatan sampah organik menjadi energi alternatif biogas. Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 4(2), 118-122. doi: 10.14710/jebt.2023.16497
- Ronda, A., Haro, P., & Gómez-Barea, A. (2023). *Sustainability assessment of alternative waste-to-energy technologies for the management of sewage sludge. Waste Management*, 159, 52-62. PMID: 32066122. doi.org/10.1016/j.wasman.2023.01.025
- Shah, S. A. A., Longsheng, C., Solangi, Y. A., Ahmad, M., & Ali, S. (2021). *Energy trilemma based prioritization of waste-to-energy technologies: implications for post-COVID-19 green economic recovery in Pakistan. Journal of cleaner production*, 284, 124729. doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124729
- Suryawan, I., Septiariva, I. Y., Sari, M. M., Ramadan, B. S., Suhardono, S., Sianipar, I. M. J., ... & Lim, J. W. (2023). *Acceptance of Waste to Energy Technology by Local Residents of Jakarta City, Indonesia to Achieve Sustainable Clean and Environmentally Friendly Energy. Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 11(2), 1-17. DOI: doi.org/10.13044/j.sdewes.d11.0443
- Traven, L. (2023). *Sustainable energy generation from municipal solid waste: A brief overview of existing technologies. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 100491. doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100491
- Wibowo, N., Piton, J. K., Nurcahyo, R., Gabriel, D. S., Farizal, F., & Madsuha, A. F. (2021). *Strategies for improving the e-waste management supply chain sustainability in Indonesia (Jakarta). Sustainability*, 13(24), 13955. doi.org/10.3390/su132413955
- Yu, Y., Junjan, V., Yazan, D. M., & Iacob, M. E. (2022). *A systematic literature review on Circular Economy implementation in the construction industry: a policy-making perspective. Resources, Conservation and Recycling*, 183, 106359. doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106359
- Zhu, Y., Zhang, Y., Luo, D., Chong, Z., Li, E., & Kong, X. (2021). *A review of municipal solid waste in China: characteristics, compositions, influential factors and treatment technologies. Environment, Development and Sustainability*, 23, 6603-6622. doi.org/10.1007/s10668-020-00959-9