



---

## Potensi Pengolahan Limbah Padi Menjadi Sumber Energi Listrik Terbarukan yang Bersih dan Terjangkau

Ufiya Sabrina Aqila Tamma<sup>1</sup>, Allia Nur Shafira<sup>2</sup>

SMA Unggulan CT ARSA Foundation  
Sukoharjo, Indonesia

Korespondensi email: [ufiyasabrina@gmail.com](mailto:ufiyasabrina@gmail.com)

---

### Abstrak

*Indonesia has a level of agricultural productivity which tends to increase every year as a result of optimizing farmer performance and being supported by large and fertile agricultural land. The abundant production of agricultural products, especially rice production, provides convenience in obtaining food sources for people in agrarian countries. On the other hand, processing rice into rice products as the main food source produces waste products which are commonly referred to as waste. Waste has been a subject of world concern for a long time in the design of innovation and technology for its management. The management of rice waste, which is abundant in quantity, needs to be carried out optimally with the right methods and processes so as not to interfere with the sustainability of productivity in the future. Researchers examine these methods and processes in an effort to optimize the potential of rice waste by converting it into renewable electrical energy. With qualitative and quantitative approaches, this research provides solutions in the form of incineration and gasification methods as optimal handling of ricewaste and answers the increasing demand for electrical energy. A high level of production consistency and maximum waste utilization can be easily achieved with a technology that is*

---

### Informasi Artikel

Diterima: 09 Januari 2023

Direvisi: 20 Februari 2023

Dipublikasikan: 06 Maret 2023

---

### Keywords

*Paddy Waste, Electrical Energy, Incineration, Gasification*

---

*structured, safe, easy to operate and environmentally friendly. The management of rice waste into a source of electrical energy is expected to reduce the use of fossil-fueled to the Net Zero 2060 launched by the government. That way, the environmental balance will be maintained in Era Society 5.0. in the future, where electricity is the main need for humans who live side by side with technology. The abundance of biomass in Indonesia which is managed optimally is expected to be a solution to the need for renewable energy. The results of this study are expected to be a reference in further design and development.*

---

## **I. Introduction**

Indonesia memiliki tingkat produktivitas padi yang cenderung mengalami peningkatan setiap tahun. Sebagai contoh, pada tahun 2021 produktivitas pertanian di Indonesia mengalami peningkatan dibandingkan tahun sebelumnya, yaitu dari sebesar 51, 28 ku/ha menjadi 52,26 ku/ha. Diberkahi dengan tanah yang luas dan subur diiringi dengan perkembangan teknologi yang pesat, optimalisasi pengolahan pertanian terus ditingkatkan dari segi sumber daya alam maupun sumber daya manusia. Produksi pertanian pangan tertinggi di Indonesia adalah padi yaitu sebesar 55,67 juta ton GKG pada tahun 2022[1]. Tingkat produksi padi yang tinggi dapat memenuhi kebutuhan pangan masyarakat Indonesia dengan maksimal. Namun di sisi lain, dalam proses pengolahan padi menjadi beras tentu menyisakan limbah. Limbah yang dihasilkan dari pengolahan tersebut antara lain adalah jerami, dedak, merang dan sekam. Jerami dihasilkan sebanyak

50-60% dari total hasil padi[2]. Lebih dari separuh hasil produksi padi berubah menjadi limbah, yang berarti bahwa tingkat produksi limbah juga sangat tinggi. Limbah padi yang berlimpah perlu diolah secara optimal. Metode yang digunakan saat ini oleh kebanyakan petani adalah pembakaran terbuka, penguburan dalam tanah, dan pengolahan menjadi pakan hewan. Belum ada metode yang optimal karena kurangnya pembangunan di pedesaan daerah dan permasalahan biaya. Setiap metode memiliki dampak yang berbeda pada lingkungan dan keseimbangan nutrisi tanah yang dapat mempengaruhi kesuburan tanah dalam jangka panjang. Maka diperlukan metode dan proses yang tepat dalam pengolahan limbah padi agar tidak mengganggu keberlanjutan produktivitas di masa depan.

Pengelolaan yang optimal juga perlu diimbangi dengan pengoptimalan potensi sumber daya. Kandungan dalam limbah

padi seperti jerami dan sekam perlu dikaji lebih lanjut tingkat potensinya untuk diubah menjadi energi terbarukan. Biomassa menghadirkan sumber daya yang sangat andal karena pasokannya yang tidak pernah habis. Penelitian tentang berbagai biomassa telah tumbuh dalam beberapa tahun terakhir, limbah dari biomassa ini juga kian meningkat, dan kinilah saatnya mengalihkan fokus untuk memanfaatkan limbah ini untuk menghasilkan energi.[3]

Metode dan proses pengolahan limbah padi yang sangat beragam juga memiliki dampak yang berbeda terhadap produk yaitu energi terbarukan. Salah satunya pemanfaatan biomassa sekam padi untuk dikonversi ke energi panas. Pemanfaatan tersebut menciptakan kemandirian energi bagi usaha kecil dan rumah tangga. Model pengeringan yang secara teknis mudah dibuat, diperbaiki, dan dioperasikan oleh masyarakat. Apalagi sekam padi mudah ditemukan karena merupakan hasil sampingan dari produksi padi[4]. Jerami dan sekam dapat digunakan sebagai sumber energi berdasarkan konversi biokimia dan termokimia. Kecenderungannya, pendekatan biogas lebih layak dari sudut pandang sistem energi untuk sistem konversi berukuran kecil hingga menengah dan konsep pembakaran untuk sistem skala menengah hingga besar.[5]

Banyak tantangan yang dihadapi Indonesia dalam penyaluran tenaga listrik salah satunya dalam hal distribusi dan transmisi. Untuk menjaga ketahanan energi, penting

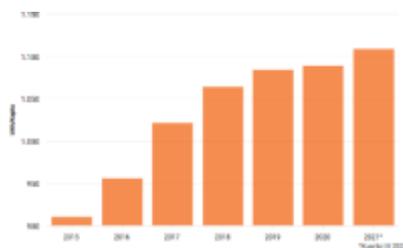
untuk mempromosikan transisi sumber energi dengan meningkatkan fleksibilitas proyek pengembangan energi terbarukan. Peneliti ingin pengolahan limbah padi yang optimal bisa menjadi salah satu cara untuk meningkatkan transisi energi dengan mengubah limbah padi menjadi energi listrik terbar yang lebih terstruktur, aman, dan mudah dioperasikan serta ramah lingkungan ukan yang lebih terstruktur, aman, dan mudah dioperasikan serta ramah lingkungan.

## II. Metodologi

Limbah padi amat beragam bentuknya mulai dari jerami, sekam, merang, dan dedak. Bahkan setiap jenisnya memiliki karakteristik dan sifat yang berbeda-beda di suatu daerah dengan daerah lainnya. Peneliti melakukan berbagai studi literatur untuk mengetahui kandungan dan potensi padi baik secara kuantitatif dan kualitatif. Peneliti mengkaji berbagai jurnal dan literatur terkait untuk menemukan *research gap* dan menemukan korelasi antara permasalahan saat ini dengan hasil penelitian. Potensi limbah padi sebagai biomassa sangat beragam utamanya dalam kajian ini adalah sebagai sumber energi terbarukan. Materi yang dikaji pada penelitian ini adalah padi yang ditanam di sawah wilayah Indonesia serta karakteristik kebutuhan energi di Indonesia. Studi literatur ini mengkaji bagaimana potensi padi sebagai sumber energi listrik dengan metode gasifikasi, serta menganalisis faktor dan dampak yang ditimbulkan dari proses pengelolaan limbah padi.

### III. Hasil dan Pembahasan Energi Terbarukan

Penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi listrik telah lama dilakukan dan masih terus berlanjut sampai saat ini. Ketersediaan bahan bakar fosil semakin menipis di tengah peningkatan permintaan energy seiring dengan pertumbuhan penduduk dan kemajuan teknologi. Sebagai contoh, dalam kurun waktu 10 tahun terakhir trend produksi migas nasional selalu mengalami penurunan sebesar 2% per tahun. Hanya pada tahun 2010 produksi migas nasional ada kenaikan jika dibanding tahun sebelumnya, yaitu sebesar 154 million barrels per day (MBPD)[6]. Di sisi lain, tingkat konsumsi energy Indonesia terus mengalami peningkatan sejak tahun 2015 hingga mencapai 1.109 kilowatt jam (kWh) per kapita pada kuartal III 2021[7]. Perkiraan peningkatan kebutuhan listrik di Indonesia mencapai 4.425 kWh/kapita pada tahun 2050 atau menjadi lebih tinggi 5 kali lipat dibanding tahun 2017 yaitu 864kWh/kapita[8](BPPT, 2019



Gambar 1. Grafik tingkat konsumsi listrik[7]

Grafik di atas menunjukkan peningkatan yang signifikan dari konsumsi energi listrik setiap tahunnya. Di sisi lain, bahan bakar fosil sebagai sumber energi tak

terbarukan masih menjadi bahan bakar utama produksi listrik di Indonesia. Di tahun 2020, Our World in Data mencatat 86,95% dari total produksi listrik Indonesia tahun 2020 berasal dari bahan bakar fosil, yaitu mencapai 239 TWh[9].

Pembakaran bahan bakar fosil melepaskan gas CO<sub>2</sub> ke udara beserta dengan gas-gas lainnya yang disebut sebagai gas rumah kaca. Berbagai upaya dilakukan pemerintah Indonesia dalam menanggulangi dampak pemanasan global yang diakibatkan salah satunya oleh gas rumah kaca. Salah satu upaya penanggulangan pemanasan global oleh pemerintah Indonesia adalah menetapkan target Net Zero Emission (netralitas karbon) di tahun 2060 atau sebelumnya. Hal tersebut merupakan salah satu ambisi yang besar namun seimbang dengan kemungkinan buruk yang mungkin terjadi akibat pemanasan global apabila permasalahan ini tidak segera diatasi. Diantara dampak dari pemanasan global adanya perubahan iklim hingga peningkatan permukaan air laut, yang kemudian dapat berdampak pada gangguan ekosistem hingga permasalahan sosial-politik.

Sumber energi baru terbarukan menjadi gagasan yang relevan dengan solusi dari penghentian penggunaan bahan bakar fosil. Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber alami seperti matahari, angin, dan dapat dihasilkan lagi dan lagi. Sumber energi tersebut selalu tersedia dan tidak merusak lingkungan[10]. Indonesia memiliki sumber daya

alam yang begitu melimpah dengan jumlah konsumen merupakan salah satu yang terbesar di dunia. Sebagai contoh adalah air (water), uap (steam), dan surya (solar) yang merupakan pemasok energi listrik terbesar di dunia. Selain itu, pemanfaatan SDA berupa pertanian, perkebunan, dan perhutanan menghasilkan limbah organik yang disebut biomassa. Upaya optimalisasi biomassa salah satunya dengan penciptaan PLTBm (pembangkit Listrik Tenaga Biomassa) yang dapat menghasilkan energi listrik bersih, ramah lingkungan, dan berkelanjutan (*sustainable*). Pengolahan biomassa menggunakan energi listrik dapat dilakukan dengan cara pirolisis, gasifikasi, dan biokimia.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahun 2018 sumber energi terbarukan di dunia yang terbanyak adalah jenis energi/tenaga air (47,9%), energi angin di daratan (Onshore) sebanyak 23,0% dan energi surya photovoltaic sebanyak 20,4%, dan sisanya adalah energi lainnya, seperti energi biomassa padat, energi pasang surut, energi panas bumi, energi biogas, dan lain-lain. Negara pengguna energi terbarukan terbesar di dunia adalah Cina dengan kapasitas terpasang sebesar 695,9 GW. Amerika Serikat menduduki urutan kedua dengan kapasitas terpasang 245,3 GW. Sumber energi terbarukan yang dimiliki Indonesia adalah jenis energi panas bumi (terbesar nomor 2 di dunia) dengan kapasitas terpasang 1,9 GW pada tahun 2018. Pemanfaatan sumber energi lainnya

yang dikembangkan Indonesia adalah sumber energi air, matahari, bioenergi dan angin.[11]

Energi bersih dan terjangkau menjadi salah satu tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*) yang merupakan program pemerintah yang akan dilaksanakan hingga tahun 2030. Salah satu indikatornya adalah bauran energi terbarukan yang menunjukkan persentase antara konsumsi final energy terbarukan terhadap total konsumsi final.\* Sumber energi terbarukan paling banyak adalah sumber energi air (tenaga air) yaitu sebanyak 47,9% dari total sumber energi di tahun 2018. Wilayah yang paling banyak menggunakan sumber energi terbarukan adalah Asia, dengan kapasitas terpasang mencapai 1.023.535 MW (1.023,5 GW) atau sekitar 43,54% dari total sumber energi terbarukan.[11]

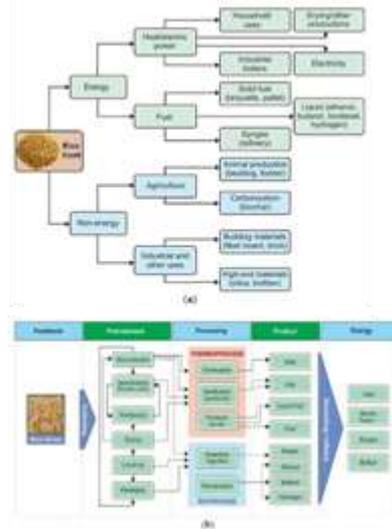
### **Potensi Limbah Padi**

Kebutuhan energi mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan penduduk. Sebagian besar energi yang dihasilkan masih menggunakan bahan bakar fosil maupun sumber daya yang tidak terbarukan. Menyadari lamakelamaan bahan bakar untuk energi akan habis maka perlu dilakukan transisi ke energi terbarukan dan berkelanjutan. Akibat dari produksi padi yang meningkat adalah melimpahnya jumlah limbah padi, baik dalam bentuk jerami, sekam, dedak, maupun merang. Metode pengolahan sering digunakan adalah pembakaran dan penguburan karena dinilai mudah dengan biaya yang ringan. Namun, hal tersebut

akan sangat mengganggu keberlanjutan produktivitas jika dilakukan terus menerus karena menyumbang polusi udara, pemanasan global, dan pemborosan energi serta mengurangi kesuburan tanah dalam jangka panjang.

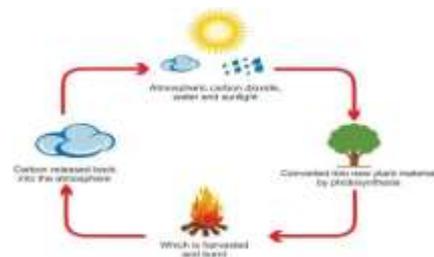
Potensi limbah padi harus dimanfaatkan secara maksimal untuk dapat menghasilkan energi baru. Banyak studi yang telah dilakukan untuk menganalisis kandungan dan karakteristik dalam limbah padi dan potensinya untuk diubah menjadi energi terbarukan, salah satunya adalah studi di Malaysia. Jerami memiliki kandungan zat mudah terbakar yang sangat tinggi, tergantung pada tingkat kekeringannya. Dengan laju pembakaran yang cepat, jerami lebih mudah menguap dibandingkan dengan batu bara sehingga biomassa ini memiliki potensi besar untuk pembangkit listrik. Zat yang mudah menguap secara signifikan mempengaruhi laju pembakaran dan ini perlu diperhitungkan.[2]

Lalu ada sekam dengan karakteristik yang sangat kering. Sekam tidak membutuhkan pengolahan awal seperti pengeringan karena kadar airnya yang rendah dan kadar abu yang tinggi, sehingga dapat langsung digunakan untuk membangkitkan panas maupun energi di pembangkit listrik. [3]



Gambar 2. Potensi pemanfaatan (a) sekam padi dan (b) jerami untuk pembangkit energi[3]

Limbah padi adalah biomassa yang memiliki banyak manfaat antara lain sebagai sumber energi terbarukan yang dapat menghasilkan energi listrik, sebagai karbon netral sehingga tidak ada kontribusi dalam emisi gas rumah kaca, smengurangi gas metana, hemat biaya dalam produksi listrik yaitu sekitar 15% lebih murah daripada menggunakan batubara, serta memiliki kemampuan untuk memproduksi tenaga listrik skala kecil seperti di pedesaan dengan metode gasifikasi. Limbah padi sendiri terdiri dari beragam bahan baku mulai dari jerami, sekam, merang, dedak, dll. [3]



Gambar 3. Ilustrasi siklus karbon netral[2]

Berdasarkan tinjauan literatur, terbukti bahwa jerami padi memiliki potensi besar untuk pembangkit listrik. Namun, ada beberapa bidang utama yang perlu difokuskan yaitu jumlah pasokan yang dapat diperkirakan dengan menggunakan metode rasio jerami terhadap gabah sederhana dan sifat-sifat limbah padi yang bervariasi dari satu daerah ke daerah lain. Lalu ada tiga hal utama untuk menetapkan sistem yang optimal dalam proses pengolahan limbah padi, yang pertama adalah pengumpulan, yang kedua adalah pengolahan mulai dari pengeringan hingga proses konversi, dan yang ketiga adalah transportasi yaitu pengangkutan limbah padi ke pembangkit listrik. Sistem ini dapat membantu optimalisasi biaya dan tenaga serta menentukan jumlah sumber daya yang tepat.

### **Konversi Limbah Padi Menjadi Energi Listrik**

Rasio elektrifikasi Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya hingga mencapai 99,2% pada tahun 2022. Di masa depan, dalam usaha mencapai 100% elektrifikasi dapat dilakukan dengan memanfaatkan SDA di sekitar, sehingga proses pendistribusian listrik menjadi lebih mudah. Limbah padi sebagai limbah yang paling banyak ditemukan dengan persentase bagian yang juga besar, dapat diolah menjadi energi listrik dengan beberapa metode salah satunya adalah gasifikasi.

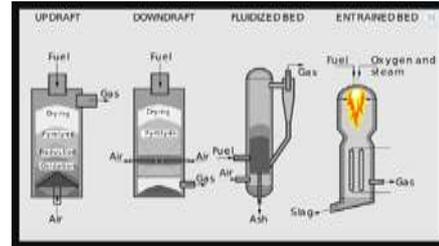
Gasifikasi adalah proses konversi biomassa menjadi energi listrik secara termokimia dan

menghasilkan gas buang berupa *carbon negative cycle* yang memiliki emisi yang jauh lebih rendah daripada *carbon positive cycle*. Dengan menggunakan alat berupa gasifier, proses gasifikasi mengambil campuran gas dari biomassa berupa Hidrogen, Carbon, dan Hidrocarbon, yang menguap secara alami melalui proses fermentasi bersamaan dengan Nitrogen dan Karbon Dioksida dalam tabung. Hasil dari proses gasifikasi berupa syngas yang terdiri dari Hidrogen, Karbondioksida, dan Metana. Proses gasifikasi biasa digunakan dalam pengolahan batubara, kayu, pertanian, dan kehutanan. [12]

Proses gasifikasi diawali dengan tahap pengeringan sekam padi pada temperatur  $100^{\circ} \pm 250^{\circ} \text{C}$  dengan panas yang berasal dari reaksi oksidasi. Setelah pengeringan, sekam padi memasuki tahap pirolisa yaitu pemecahan sekam padi menggunakan pemanasan dengan suhu antara  $250^{\circ}$ - $500^{\circ} \text{C}$ , yang menghasilkan arang, tar, dan syngas. Selanjutnya, sekam padi akan dioksidasi di tabung oksidasi dengan gas oksigen yang berasal dari udara. Reaksi ini bersifat eksoterm yang menyebabkan panas alami yang dihasilkannya dapat dimanfaatkan dalam proses pengeringan, pirolisa, dan reduksi. Terakhir, di tahap reduksi sekam padi mengeluaran energi panas alami yang berbentuk kalor utama yang dapat dimanfaatkan untuk pengkonversian energi tahap selanjutnya. Tahap reduksi menggunakan suhu antara  $800^{\circ}$ - $1000^{\circ} \text{C}$ .

Turbin dalam pembangkit listrik memiliki Kadar Standar Minimum bagi gas untuk dapat menggerakkan turbin tersebut. Seperti yang diketahui dalam PLTBM atau PLTD Gasifikasi, sama selayaknya PLTG atau PLTU pada umumnya yang juga memakai Turbin Uap. Standar Minimum dari suatu gas untuk dapat memutar turbin yaitu memiliki kandungan H<sub>2</sub>O yang cukup dominan, sehingga Msyngas dari hasil gasifikasi masih belum memenuhi standar Maka dari itu diperlukan reaksi pemurnian gas H<sub>2</sub>CO dengan tujuan menambahkan elemen gas H<sub>2</sub>CO. Reaksi pemurnian dilakukan dengan mengubah air menjadi uap air (H<sub>2</sub>O), sehingga memiliki kekuatan tambahan untuk menggerakkan turbin. Teknologi pemurnian tersebut disebut dengan *Water Shift Gas Reaction*. Selain itu, dihasilkan pula tar dan kontaminan, namun dapat diatasi dengan penurunan konsentrasi tar menggunakan oksidasi terbatas, *steam cracking*, *catalysts*, dan *pulse corona discharged*.

Pengonversian biomassa menjadi energi listrik dengan teknologi gasifikasi dilakukan menggunakan syngas yang terdapat dalam limbah padi. Gas produser terdiri dari CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> yang merupakan gas mempan bakar, serta gas CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> sebagai gas tidak mempan bakar, juga mengandung tar dan kontaminan yang lain. Tipe gasifier yang digunakan berpengaruh terhadap kandungan tar dan partikulat yang dihasilkan dalam gas produser.



Gambar 4. Proses gasifikasi

#### IV. Kesimpulan

Paper ini mengkaji potensi limbah padi untuk diubah menjadi energi listrik dengan metode gasifikasi serta mengkaji segala faktor dan dampak dari proses pengolahan limbah padi. Berdasarkan pada kajian literatur, dapat disimpulkan bahwa limbah padi terutama jerami dan sekam memiliki potensi yang sangat tinggi sebagai biomassa untuk membangkitkan energi terbarukan. Karakteristik dan sifat limbah padi berbeda di setiap daerah karena perbedaan iklim dan perbedaan penggunaan produk pengolahan pertanian.

Dalam pengelolaan limbah padi memerlukan metode dan proses yang tepat dan efisien. Terdapat tiga hal utama yang harus diperhatikan untuk menjaga keseimbangan pengelolaan, yang pertama adalah jumlah pasokan dan kualitasnya, yang kedua proses pengolahan mulai dari pengolahan awal sampai menjadi produk jadi yaitu energi listrik, dan yang ketiga adalah transportasi.

Tetap ada tantangan dalam pemanfaatan limbah padi sebagai sumber pembangkit energi diantaranya yaitu masalah logistik dan transportasi yang mana dapat menyumbang hingga 50% biaya pengelolaan limbah. Sehingga

dalam pengelolaan limbah padi masih dapat menimbulkan emisi gas rumah kaca dari transportasi truk, maka pusat logistik biomassa harus berlokasi dekat dengan fitur teknis, ekonomis, dan terestrial yang menjanjikan, dan sumber daya biomasnya harus berada dalam jarak tertentu. Maka masih perlu studi lanjut untuk mengatasi masalah biaya dan untuk menjaga keberlanjutan produksi di masa depan. Sehingga akhirnya dapat disimpulkan bahwa limbah padi menjadi potensi utama untuk sumber energi terbarukan ketika beberapa faktor seperti kualitas limbah padi serta logistik dan transportasi dapat terus dikembangkan.

#### Ucapan Terima Kasih

Puji syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT. atas segala rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan paper ini. Dalam proses penyusunan paper ini penulis telah banyak memperoleh ilmu dan bantuan dari berbagai pihak mulai dari proses pengerjaan paper hingga selesai. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak Nugroho Arif Sudibyo S.Si., M. Pd., selaku guru pembimbing karya ilmiah yang selalu sabar dan telah memberi penulis banyak inspirasi, pengetahuan, serta kritik dan saran.
2. Keluarga penulis yang senantiasa memberi dukungan penuh kepada penulis.

#### References

- [1] *Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2022 (Angka Sementara)*, Berita Resmi Statistik, Badan Pusat Statistik, Jakarta, Jl. dr. Sutomo, 2022, doi: <http://www.bps.go.id/>
- [2] Jayabalan Logeswaran, Abd Halim Shamsuddin, Arridina Susan Silitonga, and Teuku Meurah Indah Mahlia, "Prospect Of Using Rice Straw For Power Generation: A Review," *J. Environmental Science and Pollution Research*, vol. 27, no. 21, pp. 25956–25969, May. 2020, doi: 10.1007/s11356-020-09102-7
- [3] M. Mofijur, T. M. I. Mahlia, J. Logeswaran, M. Anwar, A. S. Silitonga, S. M. Ashrafur Rahman, and A. H. Shamsuddin, "Potential Of Rice Industry Biomass As A Renewable Energy Source," *J. Energies*, vol. 12, no. 21, Oct. 2019, doi: 10.3390/en12214116
- [4] Ida Bagus Alit, I. Gede Bawa Susana, and I. Made Mara, "Utilization Of Rice Husk Biomass In The Conventional Corn Dryer Based On The Heat Exchanger Pipes Diameter," *J. Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 22, Dec. 2020, doi:10.1016/j.csite.2020.100764
- [5] S. Baetge and M. Kaltschmitt, "Rice Straw And Rice Husks As Energy Sources—Comparison Of Direct Combustion And Biogas Production," *J. Biomass Conversion and Biorefinery*, vol. 8, no. 3, pp. 719–737, Jun. 2018, doi:10.1007/s13399-018-0321-y
- [6] A. E. Setyono and B. F. T. Kiono, "Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050," *J. JEFT (Jurnal Energi Baru dan Terbarukan)*, vol. 2, no. 3, pp. 154-162, Oct. 2021, doi: 10.14710/jeft.2021.11157

- [7] Vika Azkiya Dihni (2021, Desember 10). *Konsumsi Listrik Per Kapita Indonesia Capai 1.109 kWh pada Kuartal III 2021*[online]. Available: <https://databoks-series.katadata.co.id>
- [8] A. S. Pramudiyanto and S. W. A. Suedy, "Energi Bersih dan Ramah Lingkungan dari Biomassa untuk Mengurangi Efek Gas Rumah Kaca dan Perubahan Iklim yang Ekstrim," *J. JEBT (Jurnal Energi Baru dan Terbarukan)*, vol. 1, no. 3, pp. 86-99, Oct. 2020, doi: 10.14710/jebt.2020.9990
- [9] Dzulfiqar Fathur Rahman (2022, April 12). *Hampir 87% Listrik RI Berasal dari Bahan Bakar Fosil pada 2020* [online]. Available: <https://databoks-series.katadata.co.id>
- [10] A. S. Silitonga and H. Ibrahim, *Buku Ajar Energi Baru dan Terbarukan*, 1st ed. Yogyakarta: Deepublish Publisher, 2020
- [11] Nurlaila and A. T. Yuliyanto, "Perkembangan Energi Terbarukan di Beberapa Negara," *J. Prosiding Seminar Nasional Infrastruktur Energi Nuklir*, 2019
- [12] Umar Faruq Al-afifi, Elvin Piter, and Erdin Syam, "Perhitungan Potensi Energi Listrik Pada Sekam Padi Melalui Metode Gasifikasi," *J. SainETIn (Sain, Energi, Teknologi dan Industri)*, vol.4, no.2, pp. 48-56, Jun. 2020
- [13] Suwi Sandu, Muiy Yang, Teuku Meurah Indra Mahlia, Wongkot Wongsapai, Hwai Chyuan Ong, Nandy Putra, and S. M. Ashrafur Rahman, "Energy-Related CO2 Emissions Growth In ASEAN Countries: Trends, Drivers And Policy Implications," *J. Energies*, vol. 12, no. 24, Dec. 2019, doi: 10.3390/en12244650
- [14] Arridina Susan Silitonga, Teuku Meurah Indah Mahlia, Abd Halim Shamsuddin, Hwai Chyuan Ong, Jassinnee Milano, Fitranto Kusumo, Abdi Hanra Sebayang, Surya Dharma, Husin Ibrahim, Hazlina Husin, M. Mofijur, and S. M. Ashrafur Rahman, "Optimization Of Cerbera Manghas Biodiesel Production Using Artificial Neural Networks Integrated With Ant Colony Optimization," *J. Energies*, vol. 12, no. 20, Oct. 2019, doi: 10.3390/en12203811
- [15] Shafini Mohd Shafie, Zakirah Othman, and Norsiah Hami, "Life Cycle Of Biomass Blending In Electricity Generation: An Environmental And Economic Assessment," *J. International Journal of Technology*, vol. 9, no. 8, pp. 1668-1680, Dec. 2018, doi:10.14716/ijtech.v9i8.2752
- [16] Isabel Quispe, Rodrigo Navia, and Ramzy Kahhat, "Life Cycle Assessment Of Rice Husk As An Energy Source. A Peruvian Case Study," *J. Cleaner Production*, vol. 209, pp. 1235-1244, Feb. 2019, doi:10.1016/j.jclepro.2018.10.312
- [17] L. Parinduri and T. Parinduri, "Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan," *J. Electrical Technology*, vol. 5, no. 2, 2020
- [18] Suriya Chokphoemphun, Smith Eiamsa-Ard, Pongjet Promvonge, and Varesa Chuwattanakul, "Rice Husk Combustion Characteristics In A Rectangular Fluidized-Bed Combustor With Triple Pairs Of Chevron-Shaped Discrete Ribbed Walls," *J. Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 14, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.csite.2019.100511
- [19] A. Said et al., *Potret Awal Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development Goals) Di Indonesia*, Badan Pusat Statistik, Jakarta, 2016