

Kajian Industri Energi Terbarukan Tenaga Listrik di Indonesia Berdasarkan Arah Kebijakan dan Potensi Alam

Christopher Davito Prabandewa Hertadi^{1✉}, Mochamad Sulaiman², Putri Gesan Prabawa Anwar³

^{1,2} Teknik Industri, Institut Teknologi Kalimantan, Indonesia

³ Teknik Logistik, Institut Teknologi Kalimantan, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 06-09-2022

Direvisi : 18-09-2022

Diterima : 24-09-2022

Kata Kunci:

Energi terbarukan, PLTS, Net Zero Emission.

Keywords :

Renewable energy, solar power plant, net zero emission.

ABSTRAK

Indonesia berkomitmen untuk mencapai target *Net Zero Emission* pada tahun 2060. Target tersebut dapat dicapai dengan melihat potensi penerapan energi terbarukan yang ada di Indonesia. Ketergantungan Indonesia dalam pembangkitan tenaga listrik menggunakan bahan bakar fosil masih besar. Penelitian ini dimaksudkan untuk melihat potensi yang bisa dilakukan baik pemerintah Indonesia dalam membuat kebijakan maupun masyarakat dalam menyukseskan komitmen Net Zero Emission. Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia masih sangat besar dengan pemanfaatan 92% konsumen PLN yaitu konsumen rumah tangga. Namun penelitian ini baru sebatas penelitian awal.

ABSTRACT

Indonesia is committed to achieving the Net Zero Emission by 2060. This can be achieved with the potential application of renewable energy in Indonesia. Dependence on electricity generation using fossil fuels is still big. Purpose of this research is to see the potential that can be done by the Indonesian Government in making policies and the community in the success of Net Zero Emission. The study indicates the potential application for Solar Power Plants in Indonesia, with the utilization of 92% of PLN consumers. However, this study is a preliminary study.

Corresponding Author :

Christopher Davito Prabandewa Hertadi

Teknik Industri, Institut Teknologi Kalimantan

Jalan Soekarno-Hatta KM 15, Karang Joang, Kec. Balikpapan Utara, Balikpapan, Kalimantan Timur, Indonesia.

Email: christopher.davito@lecturer.itk.ac.id

PENDAHULUAN

Presiden Indonesia dalam Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) G20 mencanangkan kawasan *Net Zero* pada tahun 2060 di mana kawasan ini menggunakan energi baru dan terbarukan dan dapat menghasilkan *Green Product*. Konsep *Net Zero* sendiri menurut *Environmental Protection Agency* (EPA), terdiri dari 3 komponen yaitu 1) *Net Zero Water*, berarti membatasi konsumsi dari suatu sumber air, mengolah air hasil buangnya, dan menyulurkannya kembali ke sumber yang sama supaya tidak menghabiskan sumber daya air pada suatu tempat tertentu, 2) *Net Zero Energy*, berarti menghasilkan energi dari sumber yang terbarukan, sebanyak energi yang diperlukan suatu

bangunan selama satu tahun, dan 3) *Net Zero Waste*, berarti mengurangi, menggunakan kembali, dan memperbaiki barang bekas dan bisa menambah nilai barang tersebut sehingga tidak perlu dibuang ke penampungan sampah. Hal ini sejalan dengan penelitian Feng Sheng Chien (2022) yang menyatakan bahwa penerapan energi terbarukan memberikan dampak yang bagus terhadap lingkungan selain itu juga pada penelitian Jaiswal, dkk (2022) menyatakan bahwa energi bersih, terbarukan, dan berkelanjutan diperlukan dalam peningkatan kesehatan sosial, ekonomi, dan lingkungan. Untuk mencapai tujuan itu tentunya membutuhkan kerja keras dari pemerintah Indonesia.

Salah satu komponen dalam konsep *Net Zero* adalah *Net Zero Energy*. Penggunaan konsep ini juga dapat digunakan oleh Pemerintah Indonesia untuk mengembangkan ekonomi negara. Hal ini sejalan dengan penelitian Zeeshan Fareed, dkk (2022) yang menyatakan bahwa transformasi energi bersih dan mitigasi emisi memerankan peran sangat penting untuk menuju negara maju, Yue Hu, dkk (2022) yang menyatakan bahwa peningkatan penggunaan energi terbarukan di sektor ekonomi yang berpolusi tinggi memberikan dampak yang positif terhadap ekonomi negara, dan Solarin, dkk (2022) yang menyatakan bahwa energi terbarukan adalah salah satu teknik yang paling efektif untuk pembangunan jangka panjang yang berkelanjutan sedangkan menurut Jian Xu, dkk (2022) menjelaskan bahwa krisis energi berakibat negatif kepada sektor ekonomi

Komponen *Net Zero Energy* mengharuskan pembangkit energi dari sumber yang terbarukan. Hal ini mengharuskan Indonesia untuk mengkonversi pembangkit energi yang masih didominasi oleh pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil. Bukan hanya mengkonversi jenis pembangkit listrik yang digunakan namun juga harus menyediakan kapasitas listrik yang sama atau malah lebih besar dalam proses mengkonversikan pembangkit listrik ini. Tentunya untuk mendukung pernyataan ini, selain membangun kawasan industri baru yang menerapkan *Net Zero*, pemerintah Indonesia pun harus mampu memperbaiki pola pembangkitan listrik yang disalurkan ke masyarakat secara luas.

Selain penggunaan konsep *Net Zero Energy*, pemerintah Indonesia terutama PLN (Perusahaan Listrik Negara) sebagai lembaga kelistrikan negara yang memiliki beberapa visi yaitu 1) Menjalankan bisnis kelistrikan dan bidang lain yang terkait, berorientasi pada kepuasan pelanggan, anggota perusahaan dan pemegang saham, 2) Menjadikan tenaga listrik sebagai media untuk meningkatkan kualitas kehidupan masyarakat, 3) Mengupayakan agar tenaga listrik menjadi pendorong kegiatan ekonomi, dan 4) Menjalankan kegiatan usaha yang berwawasan lingkungan. Pada visi nomor 2 dan 3, dikatakan bahwa menjadikan tenaga listrik sebagai media untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat dan mengupayakan agar tenaga listrik menjadi pendorong kegiatan ekonomi masyarakat. Hal ini menjadikan tugas PLN untuk melakukan elektifikasi kepada masyarakat Indonesia menjadi semakin vital, namun hal ini dapat dikatakan masih perlu peningkatan karena penyebaran elektifikasi yang masih terpusat dan tidak merata di seluruh Indonesia. Apalagi masih banyaknya daerah yang seharusnya menjadi sentral ekonomi dan penduduk seperti di Pulau Jawa yang masih terisolasi dalam hal ketercukupan listrik.

Selain sebaran elektifikasi yang belum merata, pembuatan jaringan listrik di Indonesia belum merata. Persebaran jaringan listrik di Indonesia masih sangat terbatas dan hanya berpusat di Sumatera, Jawa, dan Bali, sedangkan jaringan listrik untuk Kalimantan, Sulawesi dan Maluku, Nusa Tenggara, serta Papua masih sangat kecil sehingga aliran listrik ini tidak dapat dirasakan oleh seluruh masyarakat Indonesia. Hal ini sejalan dengan penelitian J. Feng, dkk (2022) yang menyatakan bahwa perpindahan masyarakat ke kota besar tidak memberikan efek terhadap penggunaan atau penerapan energi terbarukan, sehingga persebaran penduduk pun masih dapat memberikan efek yang positif untuk persebaran kelistrikan.

Selain sebaran kondisi elektifikasi serta sebaran jaringan listrik yang masih belum merata, hal lain yang masih perlu diperbaiki PLN adalah mengenai gangguan kelistrikan. Data dari PLN menunjukkan bahwa sistem kelistrikan di PLN masih rawan terhadap gangguan yaitu data *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI) sebesar 12.72 jam pemadaman listrik setiap pelanggan pada tahun 2020 dan 9 jam pemadaman listrik setiap pelanggan pada tahun 2021 dan data *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI) sebesar 9.25 kali gangguan listrik setiap pelanggan pada tahun 2020 dan 6.7 kali gangguan listrik setiap pelanggan pada tahun 2021.

Pada penelitian Nadhilah Reyseliani dan Widodo Wahyu Purwanto (2021), dikatakan bahwa simulasi untuk mencapai Indonesia 2050 penggunaan 100% energi terbarukan, PLTS memainkan peran sebesar 70% dari total produksi listrik. Dalam penelitian ini juga dihasilkan bahwa penggunaan PLTS dapat menurunkan produksi emisi CO₂ sebesar 215 juta ton. Penggunaan PLTS sebagai pembangkit utama listrik dapat peran yang penting dalam pembangkitan listrik nasional sekaligus memiliki peran keuangan dengan pengurangan produksi emisi karbon yang besar. Hal ini juga dikemukakan oleh Zeeshan Fareed dan Ugur Korkut Pata (2022) yang menyatakan bahwa energi terbarukan juga dapat menjadi pendorong pertumbuhan ekonomi merujuk pada data konsumsi sepuluh negara selama tahun 1970-2019.

METODE PENELITIAN

Penelitian awal ini terbagi ke dalam empat tahapan pokok yaitu identifikasi masalah dan pembuatan hipotesis awal, pencarian data, analisis data yang diperoleh, dan pembuatan kesimpulan dan saran. Penelitian ini dapat digolongkan menjadi penelitian kuantitatif dikarenakan menggunakan analisis yang menggunakan data angka yang diolah dengan perhitungan baik dengan tabel maupun dalam diagram mengenai *Net Zero Energy*.

Identifikasi masalah dimulai dengan melihat permasalahan kelistrikan yang ada di Indonesia, yang masih banyak daerah-daerah yang belum teraliri listrik dan masih seringnya terjadi mati listrik di Indonesia. Permasalahan yang kedua adalah seringnya masyarakat yang tidak mampu membayar listrik dilakukan pemutusan listrik oleh PLN. Dan permasalahan yang ketiga adalah pencaanangan Presiden Indonesia untuk menjadikan Indonesia kawasan *Net Zero Energy* yang mengandalkan sumber daya terbarukan sebagai poros pembangkitan energi di Indonesia. Hal inilah yang memunculkan sebuah hipotesis awal, yaitu perubahan konsumen PLN dengan jenis rumah tangga menjadi produsen listrik secara mandiri menggunakan sumber daya yang terbarukan sekaligus dapat melakukan pengiriman listrik ke PLN untuk dijual.

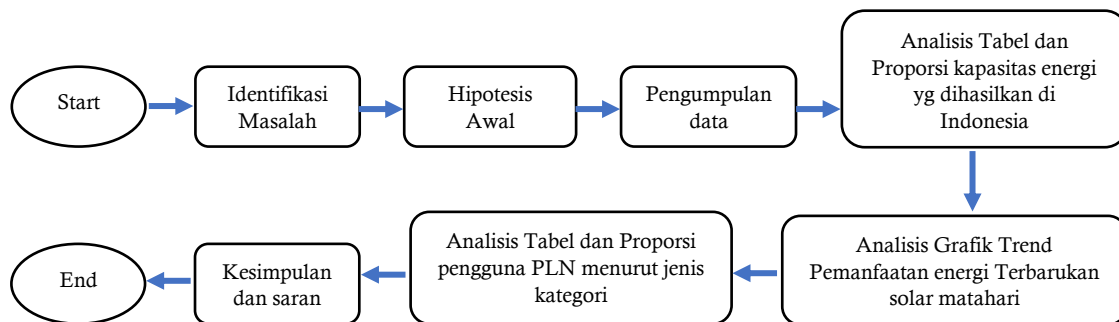
Setelah ditetapkan hipotesis awal, peneliti dalam menangkap kemungkinan yang terjadi dengan perubahan konsumen rumah tangga PLN menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) mandiri, melakukan proses awal yaitu mengumpulkan data pendukung terlebih dahulu. Data pendukung yang dimaksudkan adalah data kapasitas pembangkit listrik yang menggunakan berbagai sumber daya dan data jumlah pelanggan listrik dari berbagai jenis pengguna PLN.

Data yang telah terkumpul kemudian dianalisis dengan tiga cara, yaitu dengan tabel pengelompokan antara kapasitas pembangkit listrik tenaga fosil dan tenaga terbarukan beserta proporsinya, grafik tran kapasitas dari PLTS di Indonesia, dan perbandingan tran pengguna jasa PLN dari berbagai sektor dan proporsi pengguna jasa PLN pada tahun terakhir data diperbarui. Analisis tabel pengelompokan antara kapasitas pembangkit listrik tenaga fosil dan tenaga terbarukan beserta proporsinya. Proses ini adalah melihat kecenderungan perubahan penggunaan pembangkit listrik tenaga terbarukan di Indonesia. Hasil dari proses ini adalah kesesuaian perubahan pembangkit listrik di Indonesia sesuai dengan tujuan Indonesia sebagai *Net Zero Energy*.

Analisis grafik tren kapasitas dari PLTS di Indonesia. Proses ini adalah melihat kecenderungan kapasitas PLTS yang ada di Indonesia dari waktu ke waktu. Hasil dari proses ini adalah kecenderungan pemanfaatan tenaga terbarukan yaitu sinar solar atau matahari sebagai bahan baku pembangkitan listrik di Indonesia.

Analisis perbandingan tren pengguna jasa PLN dari berbagai sektor dan proporsi pengguna jasa PLN. Proses ini adalah melihat kecenderungan perubahan konsumen PLN jenis rumah tangga sebagai target pemasangan PLTS mandiri. Hasil dari proses ini adalah prioritas atau kesempatan pembangkitan energi listrik yang besar dengan pengguna PLN jenis rumah tangga sebagai agen perubahan.

Proses selanjutnya adalah penarikan kesimpulan dan saran. Pada proses ini penelitian disimpulkan dan dirumuskan beberapa saran untuk pengembangan penelitian yang akan datang. Gambaran proses pengerjaan penelitian ini dapat dilihat pada Diagram Alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari Tabel 1 diperoleh bahwa terjadi peningkatan kapasitas pembangkit listrik tenaga terbarukan dari tahun 2018 sampai dengan tahun 2020. Namun hal ini juga dibarengi dengan peningkatan kapasitas pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil (minyak bumi, batu bara, dan gas). Hal ini mengindikasikan bahwa dari tahun ke tahun, kebutuhan listrik di Indonesia semakin meningkat sehingga meskipun kapasitas dari pembangkit listrik terbarukan naik namun masih belum mencukupi kenaikan kebutuhan listrik di Indonesia sehingga kapasitas pembangkit listrik tenaga fosil pun semakin meningkat. Apabila kita perbandingan proporsi antara tahun maka diperoleh sebagai berikut:

Tabel 1. Kapasitas Tipe Pembangkit Listrik

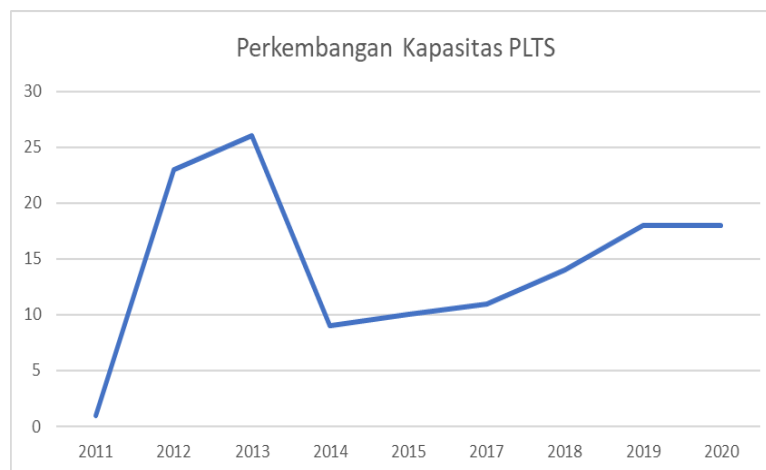
Tahun	Kapasitas Tipe Pembangkit Listrik (MW)	
	Tenaga Bahan Bakar Fosil	Terbarukan
2018	56,012	7,734
2019	57,078	7,764
2020	57,224	8,010

Dari Tabel 2 berikut ini dapat dilihat bahwa proporsi antara kapasitas pembangkit listrik dari tahun ke tahun tidak mengalami perubahan yang signifikan sehingga penambahan kapasitas pembangkit listrik tenaga terbarukan pun hanya mengambil porsi yang sedikit dalam pemenuhan kebutuhan listrik di Indonesia.

Tabel 2. Proporsi Kapasitas Tipe Pembangkit Listrik

Tahun	Proporsi Kapasitas Tipe Pembangkit Listrik (%)	
	Tenaga Bahan Bakar Fosil	Terbarukan
2018	87.867%	12.133%
2019	88.026%	11.974%
2020	87.721%	12.279%

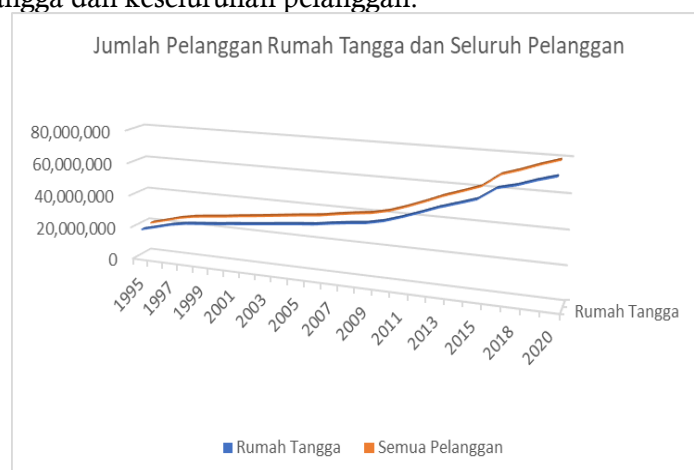
Salah satu jenis energi terbarukan yang dapat dikomersialkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Perkembangan kapasitas listrik yang dibangkitkan oleh tenaga surya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Tren Kapasitas PLTS

Diperoleh bahwa peningkatan kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) mengalami fluktuasi. Hal ini dapat dilihat bahwa PLTS dengan kenaikan kapasitas terbesar terjadi pada tahun 2012 dan kapasitas PLTS terbesar justru dicapai pada tahun 2013 sedangkan pada tahun 2014 mengalami penurunan yang signifikan dan mulai naik namun tidak secara signifikan. Padahal Indonesia yang merupakan negara yang berada di garis khatulistiwa memiliki keunggulan ketika menggunakan PLTS sebagai fokus utama perbaikan sistem pembangkit listrik nasional. Hal ini sejalan dengan penelitian Djoni Hartono, dkk (2020) yang menyebutkan bahwa investasi pembangkitan listrik tenaga surya memiliki nilai investasi yang paling rendah dibandingkan dengan pembangkit listrik tenaga terbarukan lainnya. Pada simulasi penelitian tersebut dikatakan bahwa 1 GigaWatt pembangkit listrik tenaga surya membutuhkan biaya investasi sebesar 15,555 milyar, hal ini bahkan lebih murah dibandingkan investasi untuk pembangkit listrik tenaga batu bara yaitu sekitar 19,790 milyar.

PLTS sebagai salah satu pembangkit listrik yang menggunakan tenaga terbarukan memiliki keunggulan. Hal ini karena dapat digunakan di semua lini dengan pembelian panel surya sehingga dapat diaplikasikan secara lebih luas. Hal ini dapat digunakan baik di dari industri maupun dari rumah tangga. Berikut ditampilkan perbandingan jumlah pelanggan PLN dilihat dari pelanggan rumah tangga dan keseluruhan pelanggan.



Gambar 3. Grafik Jumlah Pelanggan Rumah Tangga dan Seluruh Pelanggan

Dari Gambar 3 tersebut diperoleh bahwa konsumen PLN dari jenis rumah tangga memiliki andil yang besar terhadap pelanggan PLN secara keseluruhan. Hal ini bisa dijadikan alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan pemasangan panel surya. Berikut akan ditampilkan juga proporsi pelanggan PLN di tahun 2020 sesuai dengan kelompok pelanggannya.



Gambar 4. Proporsi Pelanggan PLN 2020

Dilihat dari gambar di atas, pelanggan PLN terbesar 92% merupakan pelanggan dengan jenis rumah tangga, sehingga ketika PLTS dititipkan kepada pelanggan rumah tangga, hal ini akan memberikan dampak dalam pemenuhan kebutuhan kelistrikan di Indonesia. Hal ini sejalan dengan penelitian Ramadoni Syahputra dan Indah Soesanti (2021), yang menyatakan bahwa penggunaan pembangkit listrik tenaga solar dan air di daerah Kalibawang, Kulon Progo, Yogyakarta dapat memberikan pasokan listrik untuk 962 rumah tangga atau dapat menghasilkan 3273 kWh (322 kWh dari pembangkit listrik tenaga air) dalam sehari sehingga kelebihan listrik yang dapat dijual setiap tahun adalah 4.263.957 kWh. Dengan dibuatnya PLTS di masing-masing rumah maka dapat menunjang penelitian Martha Maulidia (2019), dikatakan bahwa sistem energi yang tidak dalam satu kompleks (mega energi) memiliki banyak keunggulan dan keuntungan. Keunggulan ini meliputi keramahan terhadap lingkungan, biaya investasi lebih rendah, keterjangkauan listrik yang dapat menyeluruh ke seluruh daerah dan keandalan yang lebih besar, risiko terjadinya kerusakan sistem energi yang lebih rendah, kesiapan kemampuan untuk mengatasi kegagalan sistem lebih rendah karena memiliki kompartemen yang kecil dan bukan proyek besar dan pemberdayaan masyarakat di sekitar pembangkit listrik atau sumber energi.

Pada penelitian Hakan Aracoglu dan Mustafa Gullu (2022), mengungkapkan bahwa penggunaan energi terbarukan yang meningkat sebesar 1% akan mengurangi suhu sebesar 0,031%. Sedangkan peningkatan penggunaan pembangkit listrik tenaga tak terbarukan sebesar 1% mengakibatkan peningkatan curah hujan sebesar 0,175%. Sehingga selain sebagai pemenuhan kebutuhan energi dan pengurangan emisi karbon, penggunaan pembangkit listrik tenaga terbarukan dapat menurunkan suhu sekaligus dapat mengurangi peningkatan curah hujan yang juga berakibat dengan penurunan efektivitas solar panel yang menjadi alat utama dalam pembangkitan listrik tenaga surya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Indonesia berkomitmen untuk bisa mencapai target Net Zero Emission pada tahun 2060. Target tersebut dapat dicapai dengan melihat potensi yang ada di Indonesia. Dengan melihat hasil penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa 1) Masih tingginya ketergantungan pembangkitan listrik di Indonesia menggunakan bahan bakar fosil, 2) Tren pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang kurang berkembang di Indonesia, dan 3) Pelanggan PLN sebesar 92% adalah pelanggan rumah tangga. Potensi perubahan listrik rumah tangga menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Surya menjadi salah satu terobosan yang perlu dipikirkan pemerintah untuk menuju target *Net Zero Emission*. Hal ini sejalan dengan penelitian Sambodo, dkk (2022) yang menyatakan bahwa semua pihak harus turut serta mendukung penggunaan energi terbarukan.

Saran

Hasil kesimpulan di atas merupakan penelitian awal sebagai dasar untuk melakukan penelitian lanjutan untuk melihat kemungkinan penerapan PLTS pelanggan rumah tangga PLN. Penelitian lanjutan berupa pendekatan sistemik untuk memodelkan sistem perubahan pelanggan rumah tangga PLN menjadi PLTS dengan memanfaatkan karakteristik wilayah Geografis Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih atas keterbukaan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan PLN serta search engine yang memberikan kesempatan peneliti untuk mencari sumber acuan data.

REFERENSI

- Chien, Feng Sheng., (2022). *How renewable energy and non-renewable energy affect environmental excellence in N-11 economies?* *Renewable Energy*, 196, 526-534. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.07.013>
- Fang, J., Gozgor, G., Mahalik, M.K., Mallick, H., Padhan, H., (2022). *Does urbanisation induce renewable energy consumption in emerging economies? The role of education in energy switching police.* *Energy Economics*, (111). <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106081>
- Fareed, Zeeshan., Pata, Ugur Korkut. (2022). *Renewable, non-renewable energy consumption and income in top ten renewable energy-consuming countries: Advanced Fourier based panel data approaches.* *Renewable Energy*, 194, 805-821. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.156>
- Ha, Yoon-He., Kumar, S.S. (2021). *Investigating decentralized renewable energy systems under different governance approaches in Nepal and Indonesia: How does governance fail?* *Energy Research* 80. 102214. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102214>
- Hartono, D., Hastuti, S.H., Halimatussadiyah, A., Saraswati, A., Mita, A.F., Farah, I. (2022). *Comparing the impacts of fossil and renewable energy investments in Indonesia: A simple general equilibrium analysis.* *Heliyon* 6 (6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04120>
- Hu, Yue., Jiang, Wenjing., Dong, Hongwei., Majee, M.T., (2022). *Transmission channels between financial efficiency and renewable energy consumption: Does environmental technology matter in high-polluting economies?* *Journal of Cleaner Production.* <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132885>
- Huang, Yongming., Ahmad, M., Ali, Sher. (2022). *The impact of trade, environmental degradation and governance of renewable energy consumption: Evidence from selected ASEAN countries.* *Renewable Energy*, 197, 1144-1150. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.07.042>
- Jaiswal, K.K., Chowdhury, C.R., Yadav, D., Verma, R., Dutta, S., Jaiswal, K.S., Sangmesh, K. Selva Kumar, K. (2022). *Renewable and sustainable clean energy development and impact on social, economic, and environmental health.* *Energy Nexus.* <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100118>
- Li, Zheng., Luan, Ranran., Lin, Boqiang. (2022). *The trend and factors affecting renewable energy distribution and disparity across countries.* *Energy*, (254) <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124265>
- Maulidia, M., Dargusch, P., Ashworth, P., Ardiansyah, F. (2022). *Rethinking renewable energy targets and electricity sector reform in Indonesia: A private sector perspective.* *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 101, 231-247. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.005>
- Reyseliani, N., Purwanto, W.W. (2022). *Pathway towards 100 Renewable energy in Indonesia power system by 2050.* *Renewable Energy*, 176, 305-321. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.118> 0960-1481

- Syahputra, Ramadani., Soesanti, Indah. (2022). *Renewable energy systems based on micro-hydro and solar photovoltaic for rural areas: A case study in Yogyakarta, Indonesia*. *Energy Reports*, 7, 472-490. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.01.015>
- Solarin, S.A., Bello, M.O., Tiwari, A.K., (2022). *The impact of technological innovation on renewable energy production: accounting for the roles of economic and environmental factors using a method of moments quantile regression*. *Heliyon*, 8(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09913>
- Tri Sambodo, M., Yuliana, C.I., Hidayat, S., Novandra, R., Handoyo, F.W., Farandy, A.R., Inayah, I., Yuniarti, P.I. (2022). *Breaking barriers to low-carbon development in Indonesia: deployment of renewable energy*. *Heliyon*, 8 (7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09304>
- Wang, Weisheng., Li, Guanghui., Guo, Jianbo. (2022). *Large-scale renewable energy transmission by HVDC: Challenges and proposals*. *Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2022.04.017>
- Xu, Jian., Akhtar, M., Haris, M., Muhammad, S., Abban, O. Joseph., Taghizadeh-Hesary, F. (2022). *Energy crisis, firm profitability, and productivity: An emerging economy perspective*. *Energy Strategy Reviews*, 41. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100849>