
ANALISA POTENSI DAN HAMBATAN PENERAPAN *SOLAR PHOTOVOLTAIC* TERHADAP PROGRAM *NET-ZERO EMISSION* DI INDONESIA

Andy Wijaya

Program Studi Magister Manajemen, Universitas Tarumanagara
andy.117211023@stu.untar.ac.id (*corresponding author*)

Sawidji Widodoatmodjo

Program Studi Magister Manajemen, Universitas Tarumanagara

Masuk: 12-12-2022, revisi: 18-12-2022, diterima untuk diterbitkan: 19-12-2022

Abstract: The Climate Summit in Paris in 2015 called for a net-zero emission target by 2050. With many various potentials, Indonesia should be able to lead the solar energy development in the Southeast Asia region by decarbonizing the electricity system, however, Indonesia is lagging compared to other countries. Therefore, this research was conducted to find potentials and barriers, understand the causes of lagging, and explore methods that support the growth of Solar PV in Indonesia. Methodologically, this research is field research with qualitative methods. As a result of the SWOT Analysis, participant observation, focus group discussions, and in-depth interviews, can be concluded that Indonesia has a large potential for solar resources and a large area of land to potentially collaborate with other countries through the grid interconnection network. While the barriers to the implementation of Solar PV in Indonesia are less tech and equipment savvy, and less demand due to stereotypes of lack of understanding, limited financing, unsystematic incentive policies, low-priced fossil fuels, and the impact of Covid19. The application of Solar PV in Indonesia is lagging compared to other countries due to various causes which are classified into four categories: social, economic, technological, and regulatory barriers. Hence, methods to support the application of solar panels in Indonesia are raising public awareness of sustainable development, implementing strong and systematic incentive policies, cultivating Solar PV technology, and seeking opportunities through international cooperation.

Keywords: Solar Energy, Renewable Energy, Solar Panels, Solar PV, Net-Zero Emission

Abstrak: Konferensi Tingkat Tinggi Iklim di Paris pada 2015 mewajibkan pencapaian *net-zero emission* pada tahun 2050. Dengan berbagai potensi yang dimiliki, Indonesia seharusnya dapat memimpin pengembangan energi surya di kawasan Asia Tenggara untuk melakukan dikarbonisasi sistem kelistrikan, namun Indonesia justru tertinggal dibandingkan dengan negara lain. Penelitian ini dilakukan karena keinginan untuk menemukan potensi dan hambatan, memahami penyebab tertinggalnya, dan mengeksplorasi langkah-langkah yang mendukung penerapan Solar PV di Indonesia. Secara metodologis, penelitian ini termasuk dalam lingkup penelitian lapangan (*field research*) dengan metode kualitatif. Dari hasil penelitian dengan analisa SWOT, partisipasi berperan serta kelompok diskusi terarah dan wawancara mendalam, dapat disimpulkan bahwa Indonesia memiliki potensi sumber daya matahari yang besar dan lahan yang luas sehingga bisa memanfaatkan potensi yang dimiliki dengan bekerja sama dengan negara lain melalui jaringan interkoneksi *grid*. Sedangkan, hambatan penerapan Solar PV di Indonesia adalah kurangnya penguasaan teknologi dan peralatan utama, stereotip kurang paham sehingga permintaan masih kecil, pendanaan yang terbatas, kebijakan insentif yang tidak sistematis, dominasi bahan bakar fosil dengan harga murah serta dampak Covid-19 masih dirasakan. Penerapan Solar PV di Indonesia tertinggal dibandingkan dengan negara lain karena berbagai penyebab yang diklasifikasikan oleh peneliti menjadi 4 kategori, yaitu hambatan sosial, ekonomi, teknologi, dan peraturan. Langkah-langkah untuk mendukung penerapan solar panel di Indonesia adalah membangkitkan

kesadaran masyarakat akan pembangunan berkelanjutan, implementasi kebijakan insentif yang kuat dan sistematis, menumbuhkan teknologi Solar PV, dan mencari peluang melalui kerja sama internasional.

Kata Kunci: Energi Matahari, Energi Baru Terbarukan, Solar Panel, Solar PV, *Net-zero Emission*

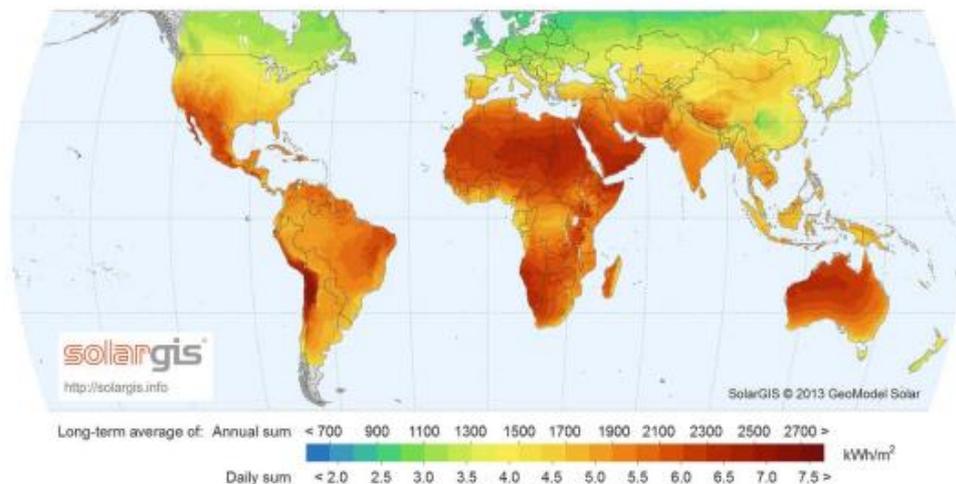
PENDAHULUAN

Latar Belakang

Istilah *net-zero emission* kian mendapat sorotan karena Konferensi Tingkat Tinggi Iklim di Paris pada 2015 mewajibkan negara industri dan maju mencapai *net-zero emission* pada 2050 (United Nations Climate Change (UNCC), 2015). *Net-zero emission* adalah suatu kondisi di mana emisi karbon sepenuhnya diserap oleh Bumi melalui berbagai kegiatan manusia dan bantuan teknologi sehingga tidak menimbulkan *global warming* (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2018). Konferensi tersebut merupakan implementasi dari Konvensi Kerangka Kerja PBB untuk Perubahan iklim atau *United Nation Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), dan merupakan pertemuan bersejarah dengan kesepakatan yang mengikat (*legally binding*) yang pertama, di mana setiap negara perlu memberikan komitmen mengenai berapa banyak emisi karbon dioksida yang akan dikurangi. Berbagai negara-negara besar telah menunjukkan niat mereka untuk melakukan dikarbonisasi pada tahun 2050 atau 2060 dengan mengupayakan pemangkasan emisi karbon yang membentuk emisi gas rumah kaca yang menyebabkan perubahan iklim hingga mencapai nol persen atau dinamakan *zero carbon*, dengan beralih dari penggunaan bahan bakar fosil ke *renewable energy* atau energi terbarukan.

Menurut International Energy Outlook (2013), permintaan energi global akan meningkat 56 persen antara tahun 2010 dan 2040 (Azad et al., 2014). Karena pengendalian emisi karbon sangat penting dalam menghadapi perubahan iklim, energi terbarukan adalah cara yang tepat untuk memenuhi permintaan energi tanpa merusak ekosistem (Hua et al., 2016). Selain membawa kelestarian lingkungan, energi terbarukan menawarkan keuntungan lain, yaitu kemampuan untuk menyediakan listrik bahkan bagi masyarakat yang paling tidak mampu yang tinggal di daerah terpencil di mana listrik tradisional belum tersedia (Rawat & Sauni, 2015). Kebutuhan listrik diperkirakan akan meningkat tajam 1,5-3,0 kali lipat pada tahun 2050 (Dinçer & Zamfirescu, 2012) sehingga tidak dapat dihindari untuk mencari sumber energi yang lestari dan sekaligus ramah lingkungan. Oleh karena itu, peralihan ke energi terbarukan di negara berkembang sangat penting untuk mencapai tujuan *net-zero emission* pada tahun 2050 (United Nations Environmental Program (UNEP), 2016). Energi matahari memiliki potensi terbesar di antara semua sumber daya terbarukan dan dikenal sebagai "*mother renewable energy source*", karena ketersediaan universal yang tanpa biaya dan tanpa henti, bebas polusi dan tidak mungkin terpengaruh oleh bencana alam apa pun (Ozoegwu, 2018). Distribusi energi matahari yang dapat diserap oleh Bumi juga berbeda-beda di setiap negara atau area (**Gambar 1**).

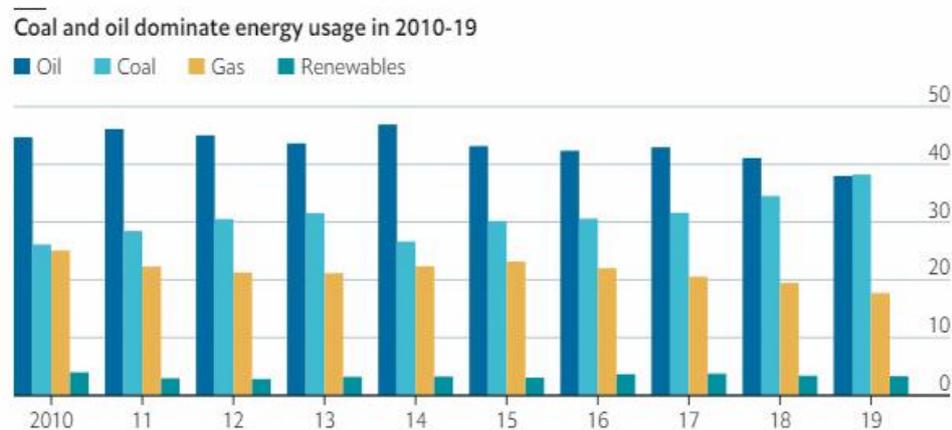
Gambar 1
Distribution Area of Energy of The World



Sumber: SolarGIS (2013)

Seperti yang terlihat pada Gambar 1, ada beberapa warna di gambar. Daerah merah memiliki sumber energi matahari yang cukup, tetapi di daerah warna terang, energi matahari tidak baik dalam penyerapan energi matahari. Indonesia merupakan negara tropis di garis khatulistiwa sehingga potensi energi matahari cukup tinggi dengan rata-rata penyinaran 6-7 jam per hari untuk menghasilkan energi listrik melalui Solar PV selama 5-6 jam per hari. Solar PV dengan *Solar Tracker* menghasilkan keluaran yang lebih besar hingga 39,7% (Utama et al., 2010). Namun, ketergantungan pada energi yang berasal dari fosil (*non-renewable energy*), seperti minyak mentah, batu bara, dan gas alam, memperkecil peluang untuk mengembangkan sumber energi yang berasal dari sumber energi baru dan terbarukan. Indonesia sebagai salah satu negara berkembang, adalah penyumbang emisi karbon terbesar di Asia Tenggara dan penghasil emisi gas rumah kaca urutan ke-8 terbesar di dunia (**Gambar 2**). Karena populasinya yang tinggi dan proyeksi pertumbuhan konsumsi energi yang cepat, masa depan energi Indonesia akan berdampak signifikan terhadap emisi rumah kaca secara global.

Gambar 2
Energy Mix in Indonesia
Energy mix in Indonesia
(%)



Sumber: EIU (2021)

Data pada Gambar 2 menunjukkan bahwa selama tahun 2010-2019, batu bara dan minyak mendominasi pemakaian energi di Indonesia sehingga sulit untuk membayangkan bahwa target emisi Konferensi Tingkat Tinggi Iklim di Paris dapat dipenuhi pada tahun 2050. Oleh sebab itu, Indonesia telah berkomitmen untuk mengurangi emisi karbon sebesar 29% dan dengan pendanaan internasional dan transfer teknologi bahkan akan bisa mengurangi emisi karbon sebesar 41% (The Financial Express (FE), 2021). Untuk itu, Indonesia telah menyusun dokumen *Long-Term Strategy on Low Carbon and Climate Resilience 2050 (LTS-LCCR 2050)* pada tahun 2021 (United Nations Climate Change (UNCC), 2021), yang dalam mewujudkannya memerlukan dukungan dari PT Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan sektor swasta yang tertarik untuk bekerja sama dengan pemerintah dalam proyek infrastruktur energi terbarukan. PT Perusahaan Listrik Negara (PLN) sendiri telah berencana untuk menghapus 50 GW tenaga batu bara pada tahun 2025-2055. Pada tahun 2058, semua pembangkit batu bara yang ada direncanakan akan dihapus. Tenaga batu bara harus digantikan oleh sumber energi terbarukan, seperti salah satunya, yaitu energi matahari (The Economist Intelligence Unit (EIU), 2021).

Pemanfaatan energi matahari menggunakan *Solar Photovoltaic* (Solar PV), yaitu teknologi yang berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik menggunakan konverter energi yang dinamakan *solar cell*. *Solar Cell* adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *Photovoltaic*. Yang dimaksud dengan efek *Photovoltaic* adalah suatu fenomena di mana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Efek *Photovoltaic* ini ditemukan oleh Henri Becquerel pada tahun 1839.

Menjadi negara tropis dan berada di garis khatulistiwa merupakan salah satu anugerah bagi bangsa Indonesia. Dengan potensi kedudukan geografis, sumber daya yang cukup besar dan wilayah yang luas, Indonesia seharusnya dapat memimpin pengembangan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menggunakan Solar PV di kawasan Asia Tenggara, untuk melakukan dikarbonisasi sistem kelistrikan. Namun kenyataannya, Indonesia justru tertinggal dibandingkan dengan negara-negara tetangga, seperti Malaysia, Thailand, Filipina, bahkan negara kecil seperti Singapura. Tentu hal itu menjadi permasalahan bagi Indonesia.

Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menemukan potensi dan hambatan penerapan Solar PV di Indonesia, memahami penyebab tertinggalnya penerapan Solar PV di Indonesia dibandingkan negara-negara tetangga, dan mengeksplorasi langkah-langkah yang mendukung pertumbuhan Solar PV di Indonesia.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Langer et al. (2021) dengan judul "*Review of Renewable Energy Potentials in Indonesia and Their Contribution to a 100% Renewable Electricity System*", mengulas tentang potensi sembilan Energi Baru Terbarukan (EBT) di Indonesia dan menganalisis dampaknya dalam hal cakupan wilayah dan permintaan. Studi ini menyimpulkan bahwa Indonesia menampung sejumlah besar sumber energi terbarukan baik di darat maupun di laut.

Penelitian oleh Abril et al. pada tahun 2020, mengumpulkan informasi tentang kelebihan dan kekurangan penggunaan Solar PV di Kolombia dan membahas mengenai rencana energi sebagai usulan perbaikan manajemen energi di masa mendatang. Penelitian ini menyebutkan bahwa transisi dari sumber energi fosil ke sumber energi terbarukan memerlukan biaya transisi yang tinggi. Namun, energi matahari sebagai salah satu energi terbarukan memiliki prospek yang lebih baik karena teknologi fotovoltaik yang meningkat dengan pesat menyebabkan biaya yang semakin menurun tajam. Serupa dengan Indonesia, rata-rata indeks radiasi di Kolombia lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata indeks radiasi di dunia sehingga menguntungkan

untuk menggunakan Solar PV. Secara teknis, waktu penyinaran dan radiasi matahari di tempat tertentu diperlukan untuk desain dan pemasangan sistem fotovoltaik (Abril et al., 2021).

Penelitian Seetharaman et al. (2019) di India menyajikan dampak hambatan sosial, ekonomi, teknologi, dan peraturan pada penyebaran energi terbarukan dan bagaimana hambatan ini saling terkait. Hambatan sosial memiliki dampak positif, sedangkan hambatan teknologi dan peraturan memiliki dampak yang sangat signifikan pada penyebaran energi terbarukan. Namun, penelitian ini menunjukkan bahwa hambatan ekonomi tidak secara langsung berdampak pada pemanfaatan energi terbarukan, tetapi saling terkait dengan hambatan sosial, teknologi, dan regulasi sehingga secara tidak langsung memengaruhi pemanfaatan energi terbarukan.

METODOLOGI PENELITIAN

Secara metodologis, penelitian ini termasuk dalam lingkup penelitian lapangan (*field research*) dengan metode kualitatif. Penelitian *field research*, yaitu penelitian yang dilakukan dengan cara peneliti terjun langsung ke kancah penelitian atau di tempat fenomena terjadi. Penelitian dengan metode kualitatif adalah prosedur penelitian yang menghasilkan data deskriptif berupa kata-kata tertulis atau lisan dari orang-orang dan perilaku yang diamati (Margono, 2005). Metode penelitian kualitatif dipilih karena hambatan-hambatan penerapan Solar PV di Indonesia masih belum jelas, kompleks, dan dinamis, di balik data potensial yang tampak.

Dalam penelitian kualitatif ini, pengumpulan data dilakukan pada kondisi yang alamiah, sumber data primer dan sekunder, serta teknik pengumpulan data menggunakan observasi berperan serta (*participation observation*), wawancara mendalam (*in-depth interview*), kelompok diskusi terarah (*focus group discussion*), dan dokumentasi (Sugiyono, 2016).

Untuk menjawab rumusan masalah, digunakan teknis analisis data sebagai berikut:

1. Potensi apa saja yang mendukung dan hambatan apa saja yang menghambat penerapan Solar PV di Indonesia? (deskriptif).

Untuk menjawab rumusan masalah yang pertama, digunakan analisis SWOT.

2. Mengapa dengan potensi besar yang dimiliki, Indonesia justru tertinggal dalam penerapan Solar PV dibandingkan negara-negara tetangga? (komparatif).

Untuk menjawab, digunakan Studi Kasus saat melakukan Kelompok Diskusi Terarah atau *Focus Group Discussion* (FGD dengan Kementerian Perindustrian dan Kementerian ESDM dan Asosiasi Panel Modul Surya Indonesia (APAMSI).

3. Bagaimana cara meningkatkan penerapan Solar PV untuk mendukung *net-zero emission* di Indonesia? (asosiatif-resiprokal/interaktif).

Untuk menjawab rumusan masalah yang ketiga, digunakan Wawancara Mendalam atau *In-depth Interview* (IDI) dengan Ketua APAMSI.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa SWOT Digunakan untuk Mengetahui Potensi Apa Saja yang Mendukung dan Hambatan Apa Saja yang Menghambat Penerapan Solar PV di Indonesia

Analisa *Strength* (S)

Kekuatan atau *Strength* dari Indonesia dalam penerapan solar panel adalah:

- a. Sumber radiasi matahari yang besar

Global Solar Atlas (versi 2.0) menunjukkan bahwa total radiasi matahari tahunan negara-negara ASEAN berkisar antara 1460 kWh/m² hingga 1892 kWh/m² (ESMAP, 2020). Intensitas radiasi di Indonesia rata-rata lebih besar dari 1750 kWh/m². Sangat cocok dan menguntungkan untuk pengembangan pembangkit listrik Solar PV.

- b. Lahan yang besar yang belum dimanfaatkan

Lahan 1 km² diperkirakan akan memasang pembangkit listrik tenaga surya 43,65 MW (Ruiz et al., 2020). Pembangkit listrik Solar PV skala utilitas dengan kapasitas 500 MW dapat menempati lahan seluas 11,5 km². Indonesia memiliki luas keseluruhan 1905 juta

km² sehingga memiliki keunggulan yang sangat besar jika dibandingkan dengan negara-negara yang menjadi pionir di bidang pengembangan pembangkit listrik tenaga surya namun dengan sumber daya lahan yang terbatas, seperti Singapura dan Jepang.

c. Aplikasi fleksibel dari semua jenis solar panel

Diklasifikasikan berdasarkan kapasitas, pembangkit listrik Solar PV diidentifikasi sebagai pembangkit listrik *Centralized Solar Panel System* (CSPS) dan *Distributed Solar Panel System* (DSPS) (Boamah, 2020). Diklasifikasikan berdasarkan terhubung ke *grid* atau tidak, ada pembangkit listrik tenaga surya *on-grid* atau pembangkit listrik tenaga surya *off-grid* (Okedu et al., 2015). Solar PV terkadang terintegrasi dengan solar (Quansah et al., 2017) atau dengan jenis energi lainnya. Hal ini disebut pembangkit listrik Solar PV murni atau sistem Solar PV hibrida (Fahmi et al., 2014). Selain itu, pembangkit listrik tenaga surya juga dapat dibangun di permukaan air. Indonesia mempunyai potensi PLTS terapung yang besar di perairan Indonesia yang cukup luas, termasuk Provinsi Jawa Tengah. Terlebih, Jawa Tengah berkomitmen untuk menjadi provinsi energi surya pertama di Indonesia (Damayanti et al., 2019). Karena jenis aplikasi pembangkit listrik Solar PV beragam, Indonesia dapat memilih jenis sistem Solar PV sesuai dengan tujuan penggunaannya, anggaran investasi, ketersediaan lahan, dan manfaat yang diharapkan.

Analisa Weakness (W)

Kelemahan atau *Weakness* (W) dalam penerapan solar panel di Indonesia adalah:

a. Tidak menguasai teknologi dan peralatan utama

Negara-negara ASEAN relatif tertinggal dalam hal pengembangan EBT (Erdiwansyah et al., 2019), teknologi, manufaktur peralatan, dan kemampuan konstruksi infrastruktur pembangkit listrik belum membina rantai industri Solar Panel yang lengkap (BloombergNEF, 2022). Kekurangan negara-negara ASEAN termasuk Indonesia yang disebutkan di atas tidak hanya meningkatkan biaya pengembangan pembangkit listrik tenaga surya di Indonesia, tetapi juga tidak kondusif bagi pembangunan pembangkit listrik tenaga surya yang berkelanjutan.

b. Dana tidak cukup untuk berinvestasi dalam Solar PV

Pembangkit listrik Solar PV adalah industri bermodal besar dan padat teknologi. Ini membutuhkan jumlah investasi awal yang besar dan dana perlu dikumpulkan dalam waktu singkat. Pembiayaan proyek adalah jalan pintas yang jelas (Steffen, 2018). Meskipun kuota investasi pembangkit listrik PV surya telah menurun secara dramatis dalam dekade terakhir, di mana investasi per W mencapai sekitar USD 0.65-0.70 atau bahkan lebih rendah (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2020), namun mengatasi kesenjangan pendanaan tampaknya menjadi penghalang utama dalam pengembangan Solar PV di Indonesia.

c. Ketidaksiharian permintaan dan stereotip kurang paham

Kepedulian dan antusiasme masyarakat terhadap pembangunan hijau dan berkelanjutan berkaitan dengan tahapan dan tingkat pembangunan ekonomi lokal (Joshi et al., 2019). Saat ini, Indonesia belum membentuk atmosfer untuk pengembangan EBT dan pengetahuan tentang Solar PV masih kurang di kalangan masyarakat. Sebagian besar masyarakat Indonesia belum mencapai pandangan mengejar pembangunan hijau dan berkelanjutan karena ketika berbicara tentang Solar PV, itu juga terkait dengan kebutuhan dasar kehidupan sehari-hari (Dufo-López et al., 2012).

d. Kerentanan koneksi *grid*

Karena pembangkit listrik tenaga surya memiliki karakteristik yang sama dengan pembangkit listrik tenaga angin, seperti karakteristik intermiten, acak, dan volatil. Ketidakstabilannya akan menyebabkan fluktuasi tegangan jaringan. Arus dan frekuensi setelah terhubung ke jaringan, akibatnya akan memengaruhi kualitas daya dan keamanan jaringan (Tavakoli et al., 2020). Di sisi lain, sebagian besar rumah tangga yang tidak memiliki akses listrik berada di pulau-pulau terpencil dan daerah pedesaan yang terpencil

(ASEAN Centre for Energy (ACE) & China Renewable Energy Engineering Institute (CREEI), 2020). Sebagai contoh, penduduk yang tidak memiliki akses listrik di Indonesia tinggal di pulau terpencil Maluku dan Nusa Tenggara. Biaya membangun saluran transmisi untuk memperluas listrik ke daerah-daerah tanpa akses listrik sangat mahal. Tanpa subsidi, sebagian besar pembangkit listrik maupun perusahaan jaringan tidak memiliki motivasi untuk melakukan investasi bahkan perusahaan raksasa milik negara, seperti Perusahaan Listrik Negara (PLN) di Indonesia.

Analisa Opportunity (O)

Peluang atau *Opportunity* (O) dalam penerapan solar panel di Indonesia adalah:

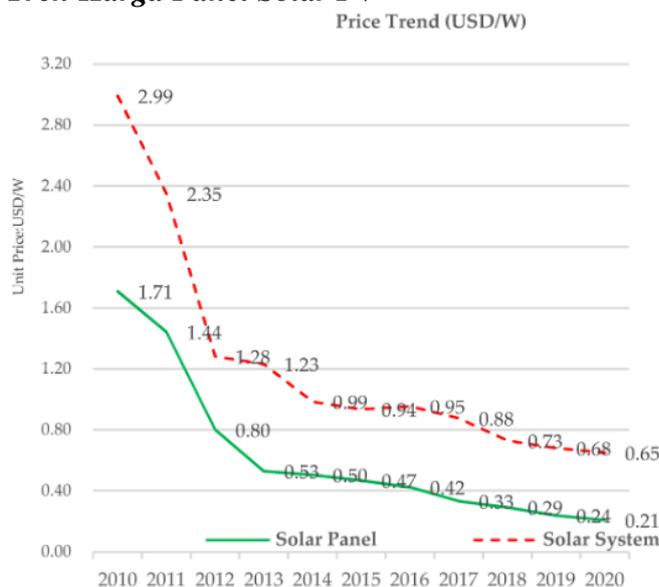
a. Permintaan listrik yang tumbuh cepat

Dari segi jumlah pelanggan, Kementerian ESDM mencatat jumlah pelanggan listrik per September 2021 telah melebihi target, yakni mencapai 81,229 juta pelanggan. Angka itu setara dengan 102,6% dari target sepanjang 2021 sebanyak 79,187 juta pelanggan. Penanggulangan untuk mengisi kesenjangan antara pasokan dan permintaan listrik mencakup setidaknya tiga rutinitas: peningkatan efisiensi energi, teknologi baru, dan adopsi sumber daya energi baru terbarukan (EBT), seperti tenaga angin, tenaga air, dan Solar PV yang menjadi solusi alternatif pilihan untuk memenuhi permintaan listrik yang terus meningkat.

b. Pengurangan biaya membuat Solar PV terjangkau

Dari 2010 hingga 2019, *Levelized Cost of Energy* (LCOE) energi EBT turun drastis. Biaya listrik tenaga angin dan listrik Solar PV telah turun sebesar 39% dan 82%, didorong oleh peningkatan teknologi, skala ekonomi, dan rantai pasokan yang kompetitif. LCOE Solar PV telah mencapai USD 0,068/kWh (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2020). Di banyak negara, Solar PV yang baru dipasang telah mencapai tingkat paritas jaringan, atau bahkan lebih rendah dari energi bahan bakar fosil (Zhang et al., 2020). Oleh karena itu, Solar Panel telah mampu bersaing dengan listrik berbahan bakar batu bara. Tren harga Solar PV ditunjukkan pada Gambar 3.

Gambar 3
Tren Harga Panel Solar PV



Sumber: Zhang et al. (2020)

c. Target aspirasi untuk energi terbarukan dalam *energy mix*

Semua negara ASEAN, termasuk Indonesia telah mengajukan *National Determined Contributions* (NDC) dan merumuskan target pengurangan emisi karbon dioksida.

Rencana Kerjasama ASEAN (APAEC) Tahap II: 2016-2025 telah menetapkan target untuk meningkatkan komponen EBT menjadi 23% dalam bauran energi ASEAN pada tahun 2025 (ASEAN Centre for Energy (ACE) & Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ), 2020). Untuk merealisasikan ASEAN Progressive Scenario (APS), kapasitas terpasang PLTS harus meningkat hingga 40% dari total kapasitas terpasang (ASEAN Centre for Energy (ACE) & Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ), 2020), atau sangat sulit atau tidak masuk akal bagi negara-negara ASEAN untuk memenuhi NDC atau APS mereka (Overland et al., 2021). Oleh karena itu, ada banyak ruang untuk penyebaran pembangkit listrik Solar PV.

d. Prospek interkoneksi yang lebih berkembang dengan negara tetangga

Letak geografis khusus negara-negara ASEAN memfasilitasi kemungkinan interkoneksi jaringan transmisi jaringan ASEAN dengan anggota internalnya. Ini akan membantu meningkatkan kelayakan *grid* untuk integrasi energi terbarukan (Huang et al., 2019). Proyek APG telah menghubungkan Laos-Thailand-Malaysia-Singapura dengan kapasitas transmisi 7.645 MW dan kumulatif 30,2 KWh listrik yang diperdagangkan. Tahap kedua sedang dibangun (ASEAN Centre for Energy (ACE) & Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ), 2020). Kelayakan interkoneksi dengan negara tetangga lainnya sedang dipelajari. Ada juga potensi dan kemungkinan untuk membangun interkoneksi dengan Australia (Halawa et al., 2018) dan wilayah Lingkaran Pasifik lainnya di seberang laut (Gulagi et al., 2017). Jika interkoneksi Indonesia benar-benar bisa dibangun dengan negara tetangganya, maka fleksibilitas sistem jaringan listrik ASEAN dapat ditingkatkan, dan jendela baru untuk pengembangan Solar PV dapat dibuka.

Analisa Threat (T)

Ancaman atau *Threat* (T) dalam penerapan solar panel di Indonesia adalah:

a. Sumber energi didominasi oleh bahan bakar fosil

Peraturan perundang-undangan dan sistem kelembagaan yang diundangkan oleh pemerintah cenderung mendukung pemanfaatan energi bahan bakar fosil dan melindungi hak dan kepentingan pemangku kepentingan energi bahan bakar fosil. Penetrasi dan pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) yang belum memadai membuat para pelaku usaha dan investor tidak antusias dalam memanfaatkan sumber energi alternatif tersebut. Dari 2008-2018, bahan bakar fosil menyumbang 85% dari pertumbuhan TPES dan pangsa EBT tampaknya stagnan (International Energy Agency (IEA), 2019).

b. Kebijakan insentif yang tidak sistematis dan tidak berkelanjutan

Menurut temuan yang diperoleh dari literatur sebelumnya, negara-negara yang berada di posisi terdepan di bidang pengembangan Solar PV telah menerapkan serangkaian kebijakan berkelanjutan dan insentif, termasuk *Feed-in Tariff* atau FiT (Sahu, 2015), preferensi pajak, subsidi *Research and Development* (R&D) (Abdmouleh et al., 2015), dan suku bunga keuangan yang menguntungkan (White et al., 2013). Meskipun beberapa negara ASEAN juga telah menerapkan berbagai program insentif, hambatan terkait kebijakan juga ditemukan di negara-negara anggota ASEAN, antara lain lambatnya penerapan kebijakan yang mendukung, kurangnya kebijakan di beberapa negara anggota, proses perizinan yang ada rumit, dan kebijakan yang tidak sistematis (Erdiwansyah et al., 2019). Contohnya adalah Indonesia ingin gencar mempromosikan pembangkit listrik Solar PV di dalam negeri, tetapi perusahaan milik negara setempat mungkin menentang dan beberapa tender pemerintah harus dibatalkan (Kennedy, 2018).

c. Fluktuasi harga solar panel

Investasi awal pembangkit listrik tenaga surya meliputi biaya pengembangan, biaya teknik, biaya peralatan, biaya konstruksi, dan biaya pemasangan. Di antara semua faktor, panel surya PV memainkan porsi besar, terhitung sekitar 30%-35% dari keseluruhan

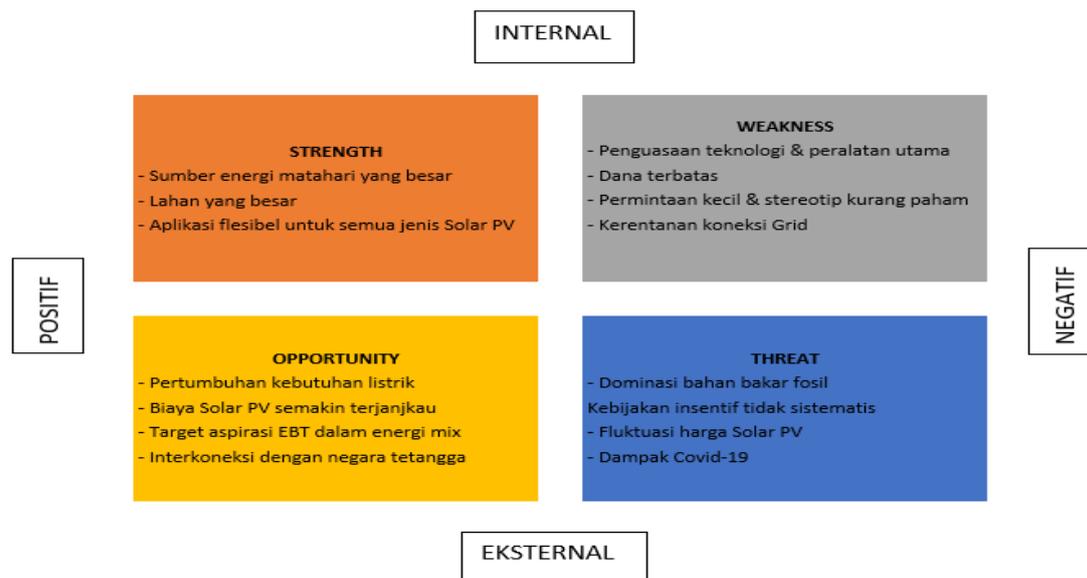
investasi. Oleh karena itu, fluktuasi harga panel surya PV dapat sangat memengaruhi tingkat pengembalian internal (IRR) dari pembangkit listrik Solar PV.

d. Dampak Covid-19

Hampir seluruh sektor terdampak, tak hanya kesehatan. Sektor ekonomi juga mengalami dampak serius akibat pandemi virus Corona. Pembatasan aktivitas masyarakat berpengaruh pada aktivitas bisnis yang kemudian berimbas pada perekonomian (Yulianto et al., 2020).

Dengan demikian rumusan masalah yang pertama, perihal potensi apa saja yang mendukung dan hambatan apa saja yang menghambat penerapan Solar PV di Indonesia dapat dianalisis dan dijelaskan dengan matriks SWOT yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4
Matriks SWOT Solar PV di Indonesia



Sumber: Peneliti (2022)

Studi Kasus yang Dilakukan saat Kelompok Diskusi Terarah, Membahas Mengenai Mengapa dengan Potensi Besar yang Dimiliki, Indonesia Justru Tertinggal dalam Penerapan Solar PV Dibandingkan Negara-negara Tetangga

USA:

1. Investigasi *safeguard* (Bagian 201) memberlakukan tarif 30% pada modul surya impor (<https://www.greentechmedia.com/articles/read/breaking-trump-admin-issues-a-30-solar-tariff>).
2. USTR mencatat bahwa perencanaan industri China telah mencakup fokus pada peningkatan kapasitas dan produksi sel surya dan modul, menggunakan insentif negara, subsidi, dan tarif untuk mendominasi rantai pasokan global.
3. Sebagai hasil dari inisiatif yang diarahkan negara ini, pangsa produksi sel surya global Tiongkok meroket dari 7 persen pada 2005 menjadi 61 persen pada 2012. China saat ini memproduksi 60 persen sel surya dunia dan 71 persen modul surya, menurut lembar fakta. Selama periode ini, industri manufaktur surya AS “hampir menghilang” USTR menyatakan, dengan 25 perusahaan tutup sejak 2012.

EROPA:

1. Uni Eropa pertama kali kembali memberlakukan tarif produk surya impor pada tahun 2013 ketika solar panel China mulai membanjiri pasar Eropa. Penyelidikan yang diluncurkan pada September 2012 menunjukkan bahwa beberapa perusahaan China ini menjual barang-barang surya di bawah nilai pasar-menyakiti produsen lokal Eropa.
2. Anti-dumping Solar PV dimulai pada Desember 2013. Sejak saat itu, importir Solar PV China diwajibkan membayar bea masuk anti dumping kepada Bea Cukai jika harganya di atas Harga Impor Minimum. Pada tahun 2016, Uni Eropa memutuskan untuk memperpanjang bea masuk *anti-dumping* pada modul fotovoltaik silikon kristal dan komponen dari China untuk impor serupa dari Malaysia dan Taiwan.
3. Uni Eropa mengumumkan pada 16 September 2020, bahwa mereka akan secara progresif mengurangi harga minimum yang diizinkan oleh pembuat Solar PV Cina untuk menjual produk mereka di Eropa. Perusahaan China yang menjual di bawah harga minimum yang ditetapkan ini dikenakan bea masuk hingga 64,9 persen.

INDIA:

1. India telah meluncurkan penyelidikan anti-dumping terhadap impor EVA (Etilen Vinil Asetat) bahan enkapsulan untuk modul surya dari Cina, Malaysia, Korea Selatan, Thailand dan Arab Saudi (<https://www.pv-tech.org/news/india-launches-anti-dumping-investigation-into-imports-of-eva-sheets-for-pv>).
2. Sementara langkah-langkah anti-dumping dievaluasi di India, pada awal Januari 2019, Direktorat Jenderal Perlindungan mengusulkan *Provisional Safeguard Duty* (PSD) sebesar 70% pada sel dan modul PV dari China dan Malaysia yang berlaku selama 200 hari. Tujuannya untuk melindungi industri manufaktur PV domestik dari cedera serius. Proposal ini muncul setelah lima pabrikan India mengajukan permohonan pada 5 Desember 2017, yaitu Adani Group, Indosolar, Jupiter Solar, Helios Photovoltaic, dan Websol Energy. Pada akhir tahun 2019, bea cukai 7,5% berlaku untuk semua modul PV (<https://technology.ihs.com/600126/safeguard-duty-investigation-on-pv-imports-clouds-india-outlook>).
3. Pengembang PV harus membayar bea cukai 7,5% yang berlaku untuk modul PV per akhir 2017. Hal ini menyebabkan kontainer pengiriman modul itu menumpuk di berbagai pelabuhan di seluruh India.
4. Setelah intervensi MNRE, kontainer ini sekarang dirilis, untuk menutupi instalasi PV pada kuartal pertama 2018. Importir tidak dapat menghindari kewajiban, tetapi alih-alih membayar di muka, mereka dapat meninggalkan jaminan bank 7,5%, atau di beberapa pelabuhan bahkan menandatangani obligasi 7,5%.

INDONESIA:

Implementasi TKDN tidak konsisten. Bea Masuk 5,0% berlaku untuk semua modul PV yang diimpor. Namun, eksekusi tidak konsisten. Volume modul impor ~ 40-50MW per tahun ke Indonesia dari China 0% Bea dikenakan pada Impor Solar Cell.

Penerapan Solar PV di Indonesia mengalami keterlambatan dibandingkan dengan negara lain karena:

1. Masyarakat Indonesia belum memahami pentingnya penggunaan energi baru terbarukan (EBT) terhadap lingkungan.
2. Regulasi, penerapan regulasi dan konsistensi implementasi TKDN menghambat perkembangan industri perakitan Solar PV di Indonesia.
3. Saat ini baru industri PV Modul dan Solar PV Systems yang sudah ada di Indonesia.
4. Ketergantungan akan sumber energi fosil masih sangat tinggi di Indonesia karena bahan bakar fosil dan listrik yang masih disubsidi oleh pemerintah juga menyebabkan lambatnya penerapan Solar PV di Indonesia.

Wawancara mendalam dengan ketua APAMSI digunakan untuk menjawab cara meningkatkan penerapan Solar PV untuk mendukung *net-zero emission* di Indonesia.

- a. Perlu dilakukan peningkatan mutu pelayanan pembangunan dan pemasangan sistem pembangkit listrik tenaga surya atap.
- b. Penyesuaian peraturan telah dan akan mendukung peningkatan penerapan solar PV di Indonesia, seperti: aturan baru pada Pasal 6 disebutkan bahwa PLN yang sebelumnya hanya membeli 65%, wajib membeli 100% harga listrik yang dijual pelanggan PLTS Atap artinya PLN harus membeli listrik seharga Rp 1.440 per kWh dari pelanggan PLTS Atap. Hasilnya, *Break Even Point* (BEP) yang semua 9-10 tahun sekarang turun menjadi 5-6 tahun saja.
- c. Dibukanya peluang perdagangan *carbon* dari PLTS Atap.
- d. Memperkenalkan sejumlah insentif dan mekanisme baru bagi para *investor* dan *developer* dalam proyek tenaga surya.
- e. Penerapan *Feed-in Tariff* (FiT), untuk berbagai proyek tenaga surya nasional, baik *floating solar power project*, *ground mounted solar power project*, maupun *rooftop solar power system*.
- f. Dukungan dari pihak perbankan lokal, regional hingga pendanaan asing yang dapat memberikan skema pinjaman dana yang menarik, seperti *soft loan*, yang meningkatkan minat para developer atau investor swasta
- g. Penerapan beberapa program seperti:
 - Skema *Capital Expenditure*
 - *Direct/Corporate Power Purchase Agreement* (PPA)
 - Skema *Solar Leasing*

KESIMPULAN & SARAN

Penulisan jurnal ini mengajukan permasalahan, pertama potensi apa saja yang mendukung dan hambatan apa saja yang menghambat penerapan Solar PV di Indonesia, kedua mengapa dengan potensi besar yang dimiliki, Indonesia justru tertinggal dalam penerapan Solar PV dibandingkan negara-negara tetangga dan ketiga bagaimana cara meningkatkan penerapan Solar PV untuk mendukung *net-zero emission* di Indonesia.

Permasalahan ini sudah dikaji di bagian pembahasan, kemudian dari hasil pembahasan dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Tantangan yang dihadapi penerapan solar PV di Indonesia adalah kurangnya penguasaan teknologi dan peralatan utama, stereotip kurang paham sehingga permintaan masih kecil, pendanaan yang terbatas, kebijakan insentif yang tidak sistematis, bahan bakar fosil dengan harga murah yang masih mendominasi serta dampak Covid-19 yang masih dirasakan. Sedangkan kesempatannya adalah potensi sumber daya matahari yang besar dan lahan yang luas yang sangat mendukung penerapan berbagai jenis solar panel, perkembangan ekonomi dan sosial Indonesia yang pesat membawa permintaan energi yang terus meningkat, selain itu Indonesia bisa memanfaatkan potensi yang dimiliki dengan bekerja sama dengan negara lain, misalnya melalui jaringan interkoneksi *grid*.
2. Penerapan Solar PV di Indonesia justru mengalami keterlambatan dibandingkan dengan negara lain disebabkan karena hambatan sosial, hambatan ekonomi, hambatan teknologi, dan hambatan peraturan
3. Cara meningkatkan penerapan Solar PV untuk mendukung *net-zero emission* di Indonesia, pertama membangkitkan kesadaran masyarakat akan pembangunan berkelanjutan, kedua kebijakan insentif yang kuat dan sistematis harus diimplementasikan, ketiga menumbuhkan teknologi Solar PV untuk memastikan pembangunan berkelanjutan, keempat mencari peluang melalui kerja sama internasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdmouleh, Z., Alammari, R. A. M., & Gastli, A. (2015). Review of policies encouraging renewable energy integration & best practices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 249–262. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.035>
- Abril, S. O., Pabón León, J. A., & García Mendoza, J. O. (2021). Study of the benefit of solar energy through the management of photovoltaic systems in Colombia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(2), 96–103. <https://doi.org/10.32479/ijeep.10706>
- ASEAN Centre for Energy (ACE), & China Renewable Energy Engineering Institute (CREEI). (2020). *Practical experience and prospects for electricity accessibility in ASEAN*. <https://aseanenergy.org/practical-experience-and-prospects-for-electricity-accessibility-in-asean/>
- ASEAN Centre for Energy (ACE), & Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ). (2020). *The 6th ASEAN Energy Outlook*. <https://aseanenergy.org/the-6th-asean-energy-outlook/>
- Azad, A. K., Khan, M. M. K., Ahasan, T., & Ahmed, S. F. (2014). Energy scenario: Production, consumption and prospect of renewable energy in Australia. *Journal of Power and Energy Engineering*, 2(4), 19–25. <https://doi.org/10.4236/jpee.2014.24004>
- BloombergNEF. (2022). *New energy outlook 2022*. <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>
- Boamah, F. (2020). Desirable or debatable? Putting Africa’s decentralised solar energy futures in context. *Energy Research and Social Science*, 62, 101390. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101390>
- Damayanti, H., Tumiwa, F., & Citraningrum, M. (2019). *Residential rooftop solar potential in 34 provinces in Indonesia*. <https://iesr.or.id/pustaka/residential-rooftop-solar-potential-in-34-provinces-in-indonesia>
- Dinçer, İ., & Zamfirescu, C. (2012). Sustainable energy systems and applications. In *Sustainable Energy Systems and Applications*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-95861-3>
- Dufo-López, R., Zubi, G., & Fracastoro, G. V. (2012). Tecno-economic assessment of an off-grid PV-powered community kitchen for developing regions. *Applied Energy*, 91(1), 255–262. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.09.027>
- Erdiwansyah, Mahidin, Mamat, R., Sani, M. S. M., Khoerunnisa, F., & Kadarohman, A. (2019). Target and demand for renewable energy across 10 ASEAN countries by 2040. *The Electricity Journal*, 32(10), 106670. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2019.106670>
- ESMAP. (2020). *Global photovoltaic power potential by country*. <https://www.esmap.org/Global-Photovoltaic-Power-Potential-by-Country>
- Fahmi, M. I., Rajkumar, R., Arelhi, R., Rajkumar, R., & Isa, D. (2014). Solar hybrid PV system for off-grid electrification in Semenyih, Malaysia. *Applied Mechanics and Materials*, 704, 195–198. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.704.195>
- Gulagi, A., Bogdanov, D., & Breyer, C. (2017). A cost optimized fully sustainable power system for Southeast Asia and the Pacific Rim. *Energies*, 10(5), 583–607. <https://doi.org/10.3390/en10050583>
- Halawa, E., James, G., Shi, X. R., Sari, N. H., & Nepal, R. (2018). The prospect for an australian-asian power grid: A critical appraisal. *Energies*, 11(1), 200–222. <https://doi.org/10.3390/en11010200>
- Hua, Y., Oliphant, M., & Hu, E. J. (2016). Development of renewable energy in Australia and China: A comparison of policies and status. *Renewable Energy*, 85, 1044–1051. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.060>
- Huang, Y. W., Kittner, N., & Kammen, D. M. (2019). ASEAN grid flexibility: Preparedness for grid integration of renewable energy. *Energy Policy*, 128, 711–726. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.01.025>

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018). *Global warming of 1.5°C*.
<https://www.ipcc.ch/sr15/>
- International Energy Agency (IEA). (2013). *World energy outlook 2013*.
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2013>
- International Energy Agency (IEA). (2019). *World energy outlook 2019*.
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2020). *Renewable power generation costs in 2019*. <https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019>
- Joshi, L., Choudhary, D., Kumar, P., Venkateswaran, J., & Solanki, C. S. (2019). Does involvement of local community ensure sustained energy access? A critical review of a solar PV technology intervention in rural India. *World Development*, 122, 272–281.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.05.028>
- Kennedy, S. F. (2018). Indonesia's energy transition and its contradictions: Emerging geographies of energy and finance. *Energy Research and Social Science*, 41, 230–237.
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.04.023>
- Langer, J., Quist, J., & Blok, K. (2021). Review of renewable energy potentials in indonesia and their contribution to a 100% renewable electricity system. *Energies*, 14(21), 7033.
<https://doi.org/10.3390/en14217033>
- Margono, S. (2005). *Metodologi penelitian pendidikan: Komponen MKDK*. Rineka Cipta.
- Okedu, K., Uhunmwangho, R., & Basse, N. (2015). Comparative study of on and off grid tied integrated diesel/solar (PV) battery generation system. *International Journal of Engineering Technologies IJET*, 1(1), 19–25. <https://doi.org/10.19072/ijet.105703>
- Overland, I., Sagbakken, H. F., Chan, H.-Y., Merdekawati, M., Suryadi, B., Utama, N. A., & Vakulchuk, R. (2021). The ASEAN climate and energy paradox. *Energy and Climate Change*, 2, 100019. <https://doi.org/10.1016/j.egycc.2020.100019>
- Ozoegwu, C. G. (2018). The solar energy assessment methods for Nigeria: The current status, the future directions and a neural time series method. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 146–159. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.050>
- Quansah, D. A., Woangbah, S. K., Anto, E. K., Akowuah, E. K., & Adaramola, M. S. (2017). Techno-economics of solar pv-diesel hybrid power systems for off-grid outdoor base transceiver stations in Ghana. *International Journal of Energy for a Clean Environment*, 18(1), 61–78. <https://doi.org/10.1615/InterJEnerCleanEnv.2017019537>
- Rawat, D., & Sauni, P. (2015). Importance and prospects of renewable energy: Emerging issues in India. *International Journal of Art & Humanity Science*, 2(4), 11–18.
<https://www.ijahs.com/view/importance-and-prospects-of-renewable-energy-emerging-issues-in-india.pdf>
- Ruiz, H. S., Sunarso, A., Ibrahim-Bathis, K., Murti, S. A., & Budiarto, I. (2020). GIS-AHP multi criteria decision analysis for the optimal location of solar energy plants at Indonesia. *Energy Reports*, 6, 3249–3263. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.11.198>
- Sahu, B. K. (2015). A study on global solar PV energy developments and policies with special focus on the top ten solar PV power producing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 621–634. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.058>
- Seetharaman, Moorthy, K., Patwa, N., Saravanan, & Gupta, Y. (2019). Breaking barriers in deployment of renewable energy. *Heliyon*, 5(1), e01166.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01166>
- SolarGIS. (2013). *Photovoltaic electricity potential*. SolarGIS. <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/world>
- Steffen, B. (2018). The importance of project finance for renewable energy projects. *Energy Economics*, 69, 280–294. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.11.006>
- Sugiyono. (2016). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

- Tavakoli, A., Saha, S., Arif, M. T., Haque, M. E., Mendis, N., & Oo, A. M. T. (2020). Impacts of grid integration of solar PV and electric vehicle on grid stability, power quality and energy economics: A review. *IET Energy Systems Integration*, 2(3), 215–225. <https://doi.org/10.1049/iet-esi.2019.0047>
- The Economist Intelligence Unit (EIU). (2021). *Indonesia to stop building new coal plants after 2023*. <http://country.eiu.com/ArticleIndustry.aspx?articleid=411093224&Country=Indonesia&topic=Industry&subtopic=Energy>
- The Financial Express (FE). (2021, October 20). Developed countries should commit to climate funding goals, Indonesia says. *The Financial Express*. <https://thefinancialexpress.com.bd/world/asia/developed-countries-should-commit-to-climate-funding-goals-indonesia-says-1634654769>
- United Nations Climate Change (UNCC). (2015). *The Paris agreement*. United Nations Climate Change. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- United Nations Climate Change (UNCC). (2021). *Long-term strategy for low carbon and climate resilience 2050 (Indonesia LTS-LCCR 2050)*. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Indonesia_LTS-LCCR_2021.pdf
- United Nations Environmental Program (UNEP). (2016). *Renewable energy and energy efficiency in developing countries: Contributions to reducing global emissions*. <https://www.unep.org/resources/report/renewable-energy-and-energy-efficiency-developing-countries-contributions-reducing>
- Utama, H. S., Setyaningsih, E., & Son, J. (2010). Design and implementation of solar tracker in solar energy conversion systems. *Proceedings of ICGC-RCICT 2010*, 205–208. [http://repository.untar.ac.id/32360/1/Proceedings IGCT RCICT 2010 Solar Tracker.pdf](http://repository.untar.ac.id/32360/1/Proceedings%20IGCT%20RCICT%202010%20Solar%20Tracker.pdf)
- White, W., Lunnan, A., Nybakk, E., & Kulisic, B. (2013). The role of governments in renewable energy: The importance of policy consistency. *Biomass and Bioenergy*, 57, 97–105. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.12.035>
- Yulianto, H., Widoatmodjo, S., Silitonga, S., Anwar, A. I., Saifuloh, N. I., Syaiful, Karina, A., Utina, D. A., Ikawidjaja, N., Muhani, Mustakim, Ronny, Andry, Reviane, I. T. A., Praditha, R., Awaloedin, D. T., Waluyo, T., Taan, H., Halik, J. B., ... Bakhtiar, S. (2020). *Problematika ekonomi dan pandemi Covid-19* (A. I. Anwar, M. A. Rahman, S. Hutabarat, M. Galib, & M. Muchlis (eds.)). Program Doktor Ilmu Ekonomi-FEB Unhas. [http://repositori.uin-alauddin.ac.id/17575/1/Buku bunga rampai 25 Tahun PDIE FEB-UNHAS 2020 %281%29.pdf](http://repositori.uin-alauddin.ac.id/17575/1/Buku%20bunga%20rampai%2025%20Tahun%20PDIE%20FEB-UNHAS%202020%281%29.pdf)
- Zhang, H., Wu, K., Qiu, Y., Chan, G., Wang, S., Zhou, D., & Ren, X. (2020). Solar photovoltaic interventions have reduced rural poverty in China. *Nature Communications*, 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15826-4>