



PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP UNTUK RENEWABLE ENERGY BERBASIS ANGIN DI INDONESIA

Anisa Rahmawati¹⁾; Raldin Alif Al Hazmi²⁾

¹⁾ anisarahmawati@gmail.com, Politeknik Keuangan Negara STAN

²⁾ raldinalif@gmail.com, Politeknik Keuangan Negara STAN

Abstract

Climate change is a serious concern worldwide. In 2023, the highest temperature was recorded in the last 174 years. Energy production, still heavily reliant on fossil fuels, is a major contributing factor to the ongoing climate change. A shift in energy use can enhance sustainability and address climate change. Renewable energy is a hopeful solution for reducing global carbon emissions. Wind energy has the potential to generate 60,647 MW of energy. However, only 135 MW of wind power plants are currently installed, with 75 MW in Sidrap and 60 MW in Janeponto. Learning from the success of other countries in implementing Public-Private Partnership (PPP) schemes in the renewable energy sector, such as South Africa, India, China, and Sri Lanka, can serve as a benchmark for Indonesia in promoting wind-based renewable energy implementation. The implementation of PPP schemes in developing wind-based renewable energy infrastructure offers several advantages, including competition among private entities, more economical execution of PPP mechanisms compared to other procurement schemes, synergy between the public and private sectors, the use of modern technology and equipment, public oversight that can reduce conflicts of interest, and a reduction in public financial burden. The PPP scheme in wind-based renewable energy infrastructure development can be an effective approach for renewable energy project development. However, the implementation of PPP schemes in renewable energy faces several obstacles, including regulatory, political, and financial barriers.

Keywords: Public-Private Partnership, Renewable energy, Wind

Abstrak

Perubahan iklim menjadi perhatian serius seluruh dunia. Pada 2023, suhu paling hangat tercatat selama 174 tahun terakhir. Produksi energi yang masih bergantung pada bahan bakar berbasis fosil, menjadi faktor utama penyebab perubahan iklim yang terjadi. Pergeseran penggunaan energi dapat meningkatkan keberlanjutan dan mengatasi perubahan iklim yang terjadi. Energi terbarukan menjadi sebuah harapan bagi penurunan emisi karbon dunia. Energi angin berpotensi dapat menghasilkan 60.647 MW energi. Namun, PLT Angin baru terpasang sebesar 135 MW dengan 75 MW di Sidrap dan 60 MW di Janeponto. Berkaca pada keberhasilan negara lain dalam menerapkan skema KPBU dalam sektor energi terbarukan seperti Afrika Selatan, India, China, dan Srilanka dapat menjadi sebuah benchmarking bagi Indonesia dalam mendorong implementasi energi terbarukan berbasis angin. Pelaksanaan skema KPBU dalam pembangunan infrastruktur energi terbarukan berbasis angin memiliki beberapa kelebihan diantaranya kompetisi antar pihak swasta, pelaksanaan mekanisme KPBU lebih ekonomis daripada skema pengadaan lain, sinergi antara sektor publik dan swasta, penggunaan teknologi dan peralatan modern, pengawasan publik yang dapat mengurangi konflik kepentingan, dan pengurangan beban keuangan publik. Skema KPBU dalam pembangunan infrastruktur energi terbarukan berbasis angin dapat menjadi skema yang efektif untuk pengembangan proyek energi terbarukan. Namun, pelaksanaan skema KPBU dalam energi terbarukan menemui hambatan diantaranya hambatan regulasi, hambatan politik, dan hambatan finansial.

Kata Kunci: Angin, Energi Baru Terbarukan, Kerjasama Pemerintah dengan Badan Usaha.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim menjadi perhatian serius seluruh dunia. Pada 2023, suhu paling hangat tercatat selama 174 tahun terakhir. Suhu rata-rata global pada tahun 2023 adalah $1,45 \pm 0,12$ °C di atas rata-rata tahun 1850–1900 (World Meteorological Organization, 2024b). Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terdapat banyak wilayah yang mengalami panas ekstrem pada tahun 2023. Jepang mengalami musim panas terpanas yang pernah tercatat (World Meteorological Organization, 2024a).

Telah dilakukan banyak konferensi untuk mengatasi perubahan iklim. Sejak 12 Desember 2015 hingga 19 Januari 2018, 172 negara telah meratifikasi Paris Agreement. Indonesia



menandatangani Paris Agreement pada 2015 yang kemudian diratifikasi menjadi Undang-undang (UU) Nomor 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan Paris Agreement to The United Nations Framework Convention On Climate Change (Persetujuan Paris Atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa mengenai Perubahan Iklim). Konvensi perubahan iklim yang akan dicapai antara lain melalui sektor kehutanan, energi termasuk transportasi, limbah, proses industri, penggunaan produk, dan pertanian (Daryanti & Charnade, 2022). Ratifikasi atas Paris Agreement memberikan keuntungan bagi Indonesia diantaranya perlindungan wilayah Indonesia yang sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim, peningkatan pengakuan atas komitmen nasional dalam menurunkan emisi dari berbagai sektor, pelestarian hutan, peningkatan energi terbarukan dan peran serta masyarakat, memiliki hak suara dalam pengambilan keputusan termasuk dalam pengembangan modalitas, prosedur dan pedoman pelaksanaan Paris Agreement, dan memperoleh kemudahan untuk mengakses sumber pendanaan, teknologi transfer, peningkatan kapasitas bagi implementasi aksi mitigasi dan adaptasi. Setidaknya terdapat sepuluh permasalahan lingkungan hidup yang terjadi di Indonesia yang masih menjadi memerlukan solusi. Permasalahan lingkungan termasuk pencemaran sungai, pemanasan global, perusakan hutan, sampah, banjir, kerusakan ekosistem laut, polusi udara, masalah air bersih, abrasi, dan pencemaran tanah masih memerlukan solusi penanganan (Novita, 2021).

Produksi energi yang masih bergantung pada bahan bakar berbasis fosil, menjadi faktor utama penyebab perubahan iklim yang terjadi (de Coninck et al., 2018). Oleh karena itu, pergeseran penggunaan energi dapat meningkatkan keberlanjutan dan mengatasi perubahan iklim yang terjadi. Energi terbarukan menjadi sebuah harapan bagi penurunan emisi karbon dunia. Sumber energi terbarukan memainkan peran penting dalam upaya mencapai netralitas karbon dan merupakan strategi mitigasi utama untuk mengurangi dampak perubahan iklim terhadap masyarakat dan lingkungan (European Commission, 2018). Energi terbarukan yang dikonsumsi harus meningkat dari 19% pada tahun 2017 menjadi 65% pada tahun 2050 agar dapat membatasi kenaikan suhu global di bawah 2°C (Irena, 2018). Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, target bauran energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050.

Hal tersebut sejalan dengan Sustainable Development Goals yang telah diadopsi Indonesia. Salah satu indikator dalam SDGs Metadata energi bersih dan terjangkau adalah bauran energi terbarukan (Bappenas, 2024). Bauran energi terbarukan (%) merupakan hasil penghitungan antara total konsumsi final energi terbarukan terhadap total konsumsi energi. Bauran energi terbarukan digunakan untuk melihat seberapa besar proporsi penggunaan energi terbarukan terhadap energi total.

Indonesia memiliki garis pantai sepanjang 99.093 km² dan berada di urutan ketiga negara dengan garis pantai terpanjang di dunia (Badan Informasi Geospasial, 2022). Hal tersebut memberikan potensi Indonesia memiliki kecepatan angin yang dapat dikonversi menjadi energi. Potensi energi angin di Indonesia telah diidentifikasi dengan nilai sekitar 978 MW dengan rata-rata kecepatan angin berkisar antara 3,5 – 7 m/s. Wilayah dengan potensi terbesar adalah di Sulawesi Selatan, di mana energi listrik yang dihasilkan dapat mencapai lebih dari 200 MW (Adistia et al., 2020). Kecepatan angin yang tinggi (6 - 8 m/s) di onshore terjadi di pesisir selatan pulau Jawa, Sulawesi Selatan, Maluku, dan NTT. Sementara kecepatan angin di daerah offshore menunjukkan angka lebih dari 8 m/s terjadi di Offshore Banten, offshore Sukabumi, offshore Kupang, offshore Pulau Wetar, dan offshore Kab Jeneponto, dan offshore Kab Kepulauan Tanimbar (Balai Besar Survei Dan Pengujian Ketenagalistrikan, 2021).



Target kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Angin pada tahun 2025 sebesar 255 MW. Padahal sampai dengan 2021, PLT Angin baru terpasang sekitar 135 MW dengan 75 MW di Sidrap dan 60 MW di Janeponto (Balai Besar Survei Dan Pengujian Ketenagalistrikan, 2021). Pengembangan energi angin di Indonesia masih menjadi tantangan nasional. Proyek pembangkit listrik tenaga angin memakan banyak biaya dalam manufaktur dan penyediaan infrastruktur (Energy Efficiency & Renewable Energy, 2024). Oleh karena itu, diperlukan inovasi pembiayaan infrastruktur terkait Pembangkit Listrik Tenaga Angin untuk mencapai target bauran energi baru dan terbarukan.

Keterlibatan pihak swasta sebagai inovasi dalam pembangunan infrastruktur akan memberikan peningkatan infrastruktur yang lebih baik. Pemerintah Indonesia memperkenalkan skema Kerjasama Pemerintah dengan Badan Usaha (KPBU) dalam penyediaan infrastruktur untuk memberikan ruang bagi pemerintah untuk bekerjasama dengan swasta berdasarkan prinsip alokasi risiko yang proporsional. Sektor infrastruktur KPBU mencakup energi dan kelistrikan serta konservasi energi. Pelaksanaan skema pembiayaan dengan KPBU, telah memperoleh hasil yang menggembirakan dalam sektor air minum. Skema KPBU menyediakan pasokan air minum bagi masyarakat Indonesia melalui enam SPAM yang tersebar di Indonesia (Direktorat Pengelolaan Dukungan Pemerintah dan Pembiayaan Infrastruktur, 2024). Menurut (Al Hazmi, 2024), pembangunan infrastruktur di Indonesia masih berfokus pada pembangunan yang berkaitan dengan masalah perekonomian dan infrastruktur pendukungnya. Sehingga dengan begitu dengan mempertimbangkan isu keberlanjutan, sejatinya Indonesia juga harus mengembangkan pembangunan infrastruktur di sektor energi terbarukan. Dengan banyaknya cara untuk mencapai keberhasilan dalam pelaksanaan pembangunan melalui skema KPBU, diharapkan dapat diadopsi juga dalam pembangunan di sektor energi terbarukan. Hal ini dikarenakan KPBU dapat mengefesienkan pembangunan dengan kerja sama sektor swasta dan dapat dioptimalkan untuk mengalihkan risiko kepada sektor swasta (Othman & Khallaf, 2023). Penelitian ini menganalisis terkait pelaksanaan KPBU dalam sektor *renewable energy* berbasis angin di Indonesia. Diharapkan dalam penelitian ini dapat menambah wawasan terkait pelaksanaan KPBU di Indonesia serta untuk Pemerintah Indonesia dapat melakukan evaluasi terkait dengan pelaksanaan KPBU di Indonesia agar proyek pembangunan infrastruktur dapat berjalan dengan efisien.

KAJIAN PUSTAKA

Transaction Cost Theory

Transaction Cost Theory didefinisikan sebagai teori yang berfokus pada upaya, sumber daya, atau biaya yang dibutuhkan dua pihak untuk menyelesaikan pertukaran di luar biaya produk atau layanan (Williamson, 1979). Tujuan dari transaction cost adalah untuk memaksimalkan kinerja transaksi dan meminimalkan biaya dalam berbagai transaksi bisnis. Teori biaya transaksi menganggap transaksi sebagai unit pengukuran paling dasar dan berfokus pada seberapa banyak upaya, sumber daya, atau biaya yang diperlukan bagi dua pihak untuk menyelesaikan pertukaran (Williamson, 1979). Biaya transaksi didefinisikan sebagai biaya di luar biaya produk atau layanan yang diperlukan untuk mempertukarkan produk atau layanan antara dua entitas (Sarkis et al., 2011).

Teori Biaya Transaksi digunakan untuk menjelaskan partisipasi swasta dalam KPBU (Wang et al., 2018). Teori ini menghubungkan tingkat risiko yang akan diambil oleh pihak swasta tergantung pada manfaat masa depan yang diterima (Fleta-Asín et al., 2020). Risiko terkait biaya dan manfaat bergantung pada karakteristik transaksi (Williamson, 1979), serta lingkungan transaksi (Fleta-Asín et al., 2020). Secara umum, semakin rendah biaya partisipasi, semakin tinggi partisipasi swasta dalam pembiayaan KPBU (Wang et al., 2018).



KPBU

Skema kerjasama pemerintah dan badan usaha di Indonesia diatur melalui Peraturan Presiden Nomor 38 Tahun 2015 tentang Kerjasama Pemerintah dengan Badan Usaha dalam Penyediaan Infrastruktur, Peraturan Menteri Perencanaan Pembangunan Nasional/Kepala Bappenas Nomor 2 Tahun 2020, dan Peraturan Kepala Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah Nomor 29 Tahun 2018. Kerjasama Pemerintah dan Badan Usaha yang selanjutnya disebut sebagai KPBU adalah kerjasama antara pemerintah dan Badan Usaha dalam Penyediaan Infrastruktur untuk kepentingan umum dengan mengacu pada spesifikasi yang telah ditetapkan sebelumnya oleh Menteri/Kepala Lembaga/Kepala Daerah/Badan Usaha Milik Negara/Badan Usaha Milik Daerah, yang sebagian atau seluruhnya menggunakan sumber daya Badan Usaha dengan memperhatikan pembagian risiko diantara para pihak.

Tujuan dari pelaksanaan skema KPBU di Indonesia dilakukan untuk mencukupi kebutuhan pendanaan berkelanjutan melalui pengeralahan dana swasta, mewujudkan penyediaan infrastruktur yang berkualitas, efektif, efisien, tepat sasaran, dan tepat waktu, menciptakan iklim investasi yang mendorong keikutsertaan Badan Usaha, mendorong prinsip pengguna membayar pelayanan yang diterima atau mempertimbangkan kemampuan membayar pengguna, dan memberikan kepastian pengembalian investasi melalui mekanisme pembayaran secara berkala. KPBU di Indonesia dilakukan dengan menjunjung prinsip kemitraan, kemanfaatan, bersaing, pengendalian dan pengelolaan risiko, efektif, dan efisien.

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) merupakan pembangkit listrik yang mengubah angin sebagai sumber energi menjadi energi listrik (Laksana et al., 2021). PLTB mengkonversi energi angin menjadi energi listrik menggunakan turbin angin. Turbin angin yang digunakan dalam PLTB berupa wind turbine poros horizontal yang memiliki shaft rotor dan generator pada puncak tower dan harus diarahkan ke arah angin bertiup dan wind turbine poros vertical yang memiliki bilah yang memanjang dengan tinggi 100 meter dengan lebar 50 kaki dengan sumbu vertical (Rifai et al., 2021).

Pembangkit listrik tenaga bayu dapat menghasilkan energi listrik dengan keadaan angin yang memutar turbin angin. Kondisi angin ditentukan oleh kecepatan angin. Energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga bayu ditentukan oleh jenis rotor, kecepatan angin dan jenis generator listrik. Daya listrik yang dihasilkan oleh generator memiliki nilai yang sebanding dengan diameter rotor. Semakin besar diameternya, maka semakin besar daya listrik yang dihasilkan (Hamdi, 2016).

Komponen yang terdapat pada pembangkit listrik tenaga angin diantaranya anemometer sebagai pengukur kecepatan angin dan mengirim data ke controller, blades atau bilah kipas, controller sebagai pengontrol yang dihidupkan dan dimatikan sesuai kecepatan angin, generator yang berfungsi mengonversi putaran turbin menjadi Listrik, nacelle atau rumah mesin yang berisi gearbox, generator, alat pengontrol, dan alat pengereman, dan tower.

PLTB merupakan pembangkit dengan sumber energi intermittent yang menghasilkan energi listrik dalam jumlah fluktuatif (Perusahaan Listrik Negara, 2022). Dibutuhkan pembangkit cadangan sebagai pembangkit pendukung yang berfungsi untuk mengantisipasi ketika terjadi penurunan kecepatan angin di bawah batasan desain turbin. Hal tersebut dilakukan pada setiap daerah dengan karakter sistem berbeda.



METODE

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dalam membahas topik yang menjadi tujuan penelitian. Menurut (Abdussamad, 2021) metode penelitian kualitatif muncul karena terjadi perubahan paradigma dalam memandang suatu realitas/fenomena/gejala. Selain itu, penelitian ini memanfaatkan pendekatan studi kasus, yang memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi subjek atau item tertentu secara mendalam dan menyeluruh (Nasution, 2023). Pendekatan ini sangat efektif dalam memberikan wawasan yang komprehensif tentang berbagai aspek dari subjek yang diteliti, dengan mempertimbangkan konteks spesifik dan unik dari setiap kasus. Studi kasus memungkinkan analisis yang mendetail mengenai dinamika yang ada, termasuk faktor-faktor yang mungkin terlalu kompleks untuk ditangkap melalui metode penelitian lainnya. Dalam konteks penelitian perpustakaan yang dijelaskan oleh (Sari & Asmendri, 2020), pendekatan ini melibatkan proses pengumpulan pengetahuan dan data dari beragam sumber informasi yang tersedia di dalam perpustakaan itu sendiri. Sumber-sumber tersebut mencakup buku, majalah, dan publikasi berkala lainnya, serta catatan, catatan sejarah, dan dokumen arsip yang sering kali menyediakan konteks historis yang penting. Dengan demikian, penelitian perpustakaan berfungsi sebagai basis pengembangan hipotesis dan teori yang lebih matang, berkat kekayaan informasi dan perspektif yang ditawarkan oleh bahan-bahan yang tersedia. Kombinasi dari pendekatan studi kasus dan penggalian informasi dari sumber yang luas memungkinkan penelitian ini menghasilkan pemahaman yang lebih holistik dan terarah.

Dalam penelitian ini, jenis data yang digunakan adalah data sekunder, yang berarti informasi dikumpulkan secara tidak langsung tanpa melibatkan pengumpulan data langsung dari objek studi penelitian itu sendiri. Data sekunder dapat melibatkan analisis mendalam serta pendahuluan dari berbagai sumber terpercaya untuk mendapatkan informasi yang diperlukan. Beberapa contoh sumber data sekunder meliputi literatur yang diterbitkan, peraturan perundang-undang yang berlaku, statistik yang tersedia secara publik, buku-buku referensi, serta berbagai sumber digital seperti internet dan basis data online (Sahir, 2021). Peneliti dalam studi ini telah memanfaatkan sumber yang relevan dan kredibel yang diambil dari jurnal-jurnal akademis, situs web, dan peraturan perundang-undangan yang berlaku terkait dengan topik penelitian. Fokus utama dari penelitian ini adalah pertimbangan hambatan dan tantangan dalam implementasi KPBU di sektor energi baru dan terbarukan. Dengan menggunakan data tersebut, peneliti bertujuan untuk menganalisis pelaksanaan skema KPBU di Indonesia dalam pembangunan infrastruktur sector energi baru dan terbarukan. Penemuan ini sangat penting bagi kesuksesan implementasi skema KPBU di masa depan dan memberikan wawasan tentang bagaimana memitigasi risiko yang ada.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi PLTB

Indonesia memiliki berbagai sumber energi baru terbarukan yang tersebar di wilayah Indonesia. Perusahaan Listrik Negara berkomitmen untuk memasok listrik menggunakan pembangkit listrik terbarukan milik PLN maupun swasta. Potensi energi baru dan terbarukan yang tersebar di Indonesia ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Potensi Energi Baru Terbarukan di Indonesia

Jenis Energi	Potensi	Kapasitas Terpasang	Pemanfaatan
Panas Bumi	29.544 MW	1.438,5 MW	4,9%
Hydro	75.091 MW	4.826,7 MW	6,4%



Mini-micro Hydro	19.385 MW	197,4 MW	1%
Bioenergi	32.654 MW	1.671 MW	5,1%
Surya	207.898 MW	78,5 MW	0,04%
Angin	60.647 MW	135 MW	0,22%
Gelombang Laut	17.989 MW	0,3 MW	0,002%

Sumber : (Perusahaan Listrik Negara, 2022)

Berdasarkan potensi atas energi baru terbarukan tersebut, energi angin memiliki potensi paling besar diantara sumber energi terbarukan yang lain. Energi angin berpotensi dapat menghasilkan 60.647 MW energi. Namun, PLT Angin baru terpasang sebesar 135 MW dengan 75 MW di Sidrap dan 60 MW di Janeponto (Balai Besar Survei Dan Pengujian Ketenagalistrikan, 2021). PLT Angin tersebut baru memanfaatkan 0,022% potensi angin yang dimiliki Indonesia. Masih terdapat potensi angin yang sangat besar yang belum dimanfaatkan. Potensi energi angin di Indonesia telah teridentifikasi di wilayah Sumatera, Jawa, Sulawesi Selatan, Nusa Tenggara dan Maluku. Beberapa pengembang telah mengusulkan pembangunan PLTB di beberapa lokasi seperti: Aceh Besar, Padang Sidempuan, Sukabumi, Garut, Banten, Sidrap, Tanah Laut, Kupang, Soe-Oelbubuk, Ambon, Nusa Saumlaki, Kei kecil, Tuban dan Jeneponto. Pembangunan PLTB di Lokasi tersebut masih membutuhkan kajian lebih lanjut. Salah satu hal yang perlu dicermati dalam masuknya PLTB ke sistem adalah stabilitas sistem menerima masuknya unit PLTB.

(Safrizal et al., 2021) melakukan analisis potensi pembangkit listrik tenaga angin menggunakan satelit ASCAT. Kecepatan angin rata-rata pada ketinggian 120 meter mencapai 9,24 m/s, sedangkan rata-rata power density sebesar 955,64 W/m². Kecepatan angin paling tinggi tercatat di Samudera Hindia dan Laut Arafura. Dengan memperhitungkan jumlah turbin yang dapat dibangun di wilayah ZEE Indonesia sebanyak 4.800.292 unit maka dapat menghasilkan energi listrik sebesar 10.080 GW.

Potensi energi angin yang sangat besar memberikan peluang untuk pemanfaatan energi terbarukan. Hal tersebut dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, menurunkan emisi gas rumah kaca, dan mendukung keberlanjutan energi di masa depan. Dengan pengembangan yang tepat, energi angin dapat menjadi pilar utama dalam upaya Indonesia mencapai target energi terbarukan.

KPBU dalam *Renewable Energy* di Negara Lain

Afrika Selatan

Pemerintah Afrika Selatan mengadopsi sistem penawaran kompetitif untuk pengadaan proyek energi terbarukan yang disebut Renewable Energy Independent Power Procurement Program (REIPPP). Program tersebut tidak termasuk sistem penawaran nonkompetitif yang diterapkan sebelumnya (Othman & Khallaf, 2022). Selain itu, department of energy (DOE) dan the national treasury's PPP bersatu dan membentuk unit baru yang disebut "DOE-IPP" untuk menjalankan dan memantau proyek dengan anggota dari kedua belah pihak. Unit DOE-IPP berperan sebagai pemecah masalah bukan sebagai regulator dengan tujuan untuk membangun kepercayaan antara sektor publik dan swasta. REIPPP berhasil mendapatkan investasi lebih dari \$16 miliar dolar untuk kapasitas 5.037 MW pada tahun 2014. Hal ini membuat program tersebut menjadi salah satu dari sepuluh program energi terbarukan yang didanai swasta selama beberapa tahun terakhir. Selain itu, proyek ini dianggap sebagai upaya publik yang paling berhasil untuk menarik investasi swasta di Afrika (Rajpurkar, 2015). Enam faktor utama yang mengantarkan keberhasilan proyek yaitu personel yang berpengalaman, kemandirian program, transfer



pengetahuan, sistem penawaran kompetitif, pengecualian dari peraturan, dan perbankan yang mampu berperan dalam proyek KPBU (Todd & McCauley, 2021).

India

India mengadopsi Gandhinagar Photovoltaic Rooftop Program dengan tujuan menjadikan ibu kota Gandhinagar menjadi kota bertenaga surya. Program ini mengadopsi skema KPBU dengan pendekatan penawaran kompetitif untuk memilih sektor swasta. Sektor swasta bertanggung jawab untuk membangun, membiayai, memiliki, mengoperasikan, dan memelihara sistem, sementara pemilik atap menerima biaya bulanan sebagai kompensasi dalam penggunaan atapnya. Faktor keberhasilan program yaitu fokus pemerintah India pada pengurangan biaya pembangkit listrik tenaga surya, rencana dan kebijakan energi surya yang lebih baik dan lebih cepat, sehingga menarik investor dalam dan luar negeri, pemerintah menerapkan sistem penawaran kompetitif yang menghasilkan penurunan tarif secara signifikan, sistem atap mudah dipasang, dan sistem atap memanfaatkan atap bangunan tempat tinggal dan pemerintahan (Asian Development Bank, 2021).

Tiongkok

Tiongkok mengadopsi model peningkatan teknologi dan pengembangan pasar. Tiongkok melakukan Renewable Energy Development Project (REDP) dalam peningkatan energi terbarukan. Dari tahun 2002 hingga 2007, lebih dari 400.000 SHS (solar house system) dijual melalui REDP senilai \$316 juta yang didukung oleh Bank Dunia (D'Agostino et al., 2011). REDP dianggap sebagai contoh praktik terbaik dalam penerapan solar house system karena skalanya luas dan kombinasi komponen teknologi. Komponen Peningkatan teknologi dalam REDP dirancang untuk mempercepat inovasi teknologi yang bertujuan untuk mengurangi biaya peralatan sekaligus menyediakan produk dan kinerja berkualitas tinggi. Komponen TI mencakup investasi dan penguatan kelembagaan yang terdiri dari Competitive Grant Facility (CGF) dan Quick Response Facility (QRF) untuk mendukung produksi prototipe dan pengujian lapangan peralatan baru (D'Agostino et al., 2011).

Srilanka

Energy Services Delivery Project dikembangkan di Srilanka. Bagian dari proyek ini berfokus pada peningkatan partisipasi sektor swasta dalam penyebaran teknologi energi terbarukan untuk tujuan elektrifikasi pedesaan serta pembangkit listrik tambahan. Target program ini mencakup kebutuhan untuk memasang 30.000 SHS, 250 kW melalui 20 sistem pembangkit listrik tenaga air desa, dan 21 MW mini-hydro systems yang terhubung ke jaringan listrik (Sovacool, 2013). Proyek ESD dimaksudkan untuk memfasilitasi transisi sektor pembangkit listrik di Sri Lanka yang masih didominasi oleh monopoli sektor publik yang tidak efisien ke sektor swasta. Kebutuhan akan energi terbarukan memainkan peran penting.

KPBU dalam Renewable Energy

Menurut Peraturan Presiden RI Nomor 38 Tahun 2015, KPBU didefinisikan sebagai kerjasama antara Pemerintah dan Badan Usaha dalam Penyediaan Infrastruktur bertujuan untuk kepentingan umum dengan mengacu pada spesifikasi yang telah ditetapkan sebelumnya oleh Menteri/Kepala Lembaga/Kepala Daerah/BUMN/BUMD, yang sebagian atau seluruhnya menggunakan sumber daya Badan Usaha dengan memperhatikan pembagian risiko diantara para pihak. Karena potensi manfaatnya, KPBU dipromosikan secara luas di sektor listrik dan energi di seluruh dunia. Tekanan untuk mengubah model pengadaan publik yang diterima untuk infra energi diperluas secara signifikan setelah resesi ekonomi pada akhir tahun 1970an (Sovacool, 2013). Prinsip dasar skema KPBU dalam sektor energi antara lain kebutuhan pelanggan menggerakkan penyediaan tenaga listrik berbasis energi baru terbarukan, persaingan mengurangi tarif sesuai



dengan willingness to pay, dan monopoli natural memerlukan regulasi (Cory & Lewis, 1997). KPBU dalam penyediaan infrastruktur energi terbarukan memainkan peranan penting. KPBU akan meningkatkan efisiensi, transfer teknologi, dan memobilisasi pembiayaan tambahan (Owusu-Manu et al., 2020).

Pelaksanaan skema KPBU dalam pembangunan infrastruktur energi terbarukan berbasis angin memiliki beberapa kelebihan sehingga hal tersebut layak dan menjadi urgensi dalam penerapannya. Pertama, kompetisi antar pihak swasta (Ferk & Ferk, 2017). Dalam melakukan pemilihan pihak swasta, pemerintah akan memilih pihak yang menawarkan keuntungan bagi pemerintah paling besar. Hal ini sejalan dengan (Wicaksono & Karniawati, 2023) yang menyebutkan bahwa pihak swasta dapat memperoleh keuntungan dari skema KPBU karena proyek yang dilaksanakan akan menghasilkan pendapatan. Selain itu, kompetisi pihak swasta menjadi sebuah hal yang dapat dipantau oleh pemerintah dalam penyediaan pembangkit listrik tenaga angin. Dengan adanya KPBU, pemerintah dapat memastikan bahwa kompetisi antar perusahaan swasta dalam pengembangan PLTB terjadi secara sehat dan efisien yang akan membawa manfaat besar bagi sektor energi terbarukan di Indonesia.

Kedua, pelaksanaan mekanisme KPBU lebih ekonomis daripada skema pengadaan lain yang tercermin dengan investasi yang lebih kecil untuk mencapai kualitas yang sama atau lebih tinggi (Ferk & Ferk, 2017). Dalam (Suhendra, 2017) bahwa sektor swasta dapat menawarkan layanan publik yang lebih unggul dan membentuk kemitraan yang seimbang, yang meningkatkan kemampuannya dalam mengelola struktur pengembalian risiko. Dalam skema KPBU, risiko proyek seperti risiko keuangan, teknis, dan operasional dapat dibagi antara sektor publik dan swasta. Pembagian risiko ini dapat mengurangi beban finansial pada pemerintah dan meningkatkan keberlanjutan proyek.

Dalam pelaksanaan KPBU di sektor energi terbarukan, salah satu keuntungan utamanya adalah pengalihan risiko ke mitra swasta. Risiko proyek, seperti risiko keuangan, teknis, dan operasional dapat lebih efektif dikelola oleh pihak swasta yang memiliki keahlian dan pengalaman yang lebih baik dalam mengelola proyek-proyek energi terbarukan. KPBU memungkinkan pemerintah untuk mendefinisikan proyek berdasarkan hasil yang diharapkan dengan standar kualitas. Proyek energi terbarukan dapat dirancang untuk mencapai kinerja tertentu dan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Pendekatan ini mendorong inovasi dan efisiensi karena pihak swasta diberi kebebasan untuk menemukan cara terbaik mencapai hasil yang diinginkan sambil mematuhi standar yang ketat. KPBU dirancang sebagai kemitraan jangka panjang yang memfasilitasi implementasi proyek dengan mempertimbangkan biaya keseluruhan selama masa hidup proyek (whole-life cost). Tidak hanya biaya awal yang diperhitungkan tetapi juga biaya operasional dan pemeliharaan jangka panjang. Kemitraan jangka panjang ini memungkinkan adanya perencanaan yang lebih baik dan pengelolaan yang lebih efisien dari sumber daya energi terbarukan yang pada akhirnya mengarah pada proyek yang berkelanjutan dan ekonomis dalam jangka panjang.

Ketiga, KPBU memainkan peran penting dalam pengembangan proyek energi terbarukan dengan menciptakan sinergi antara sektor publik dan swasta (Ferk & Ferk, 2017). KPBU memungkinkan penggunaan infrastruktur bersama yang dapat mengurangi duplikasi dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Proyek energi terbarukan seperti pembangkit listrik tenaga angin memerlukan infrastruktur tambahan seperti jaringan transmisi dan jalan akses. Melalui KPBU, infrastruktur tersebut dapat dibangun secara terpadu.

Keempat, penggunaan teknologi dan peralatan modern. Sektor swasta memiliki teknologi yang lebih baik. Dalam kerangka KPBU, sektor swasta dapat mengintegrasikan teknologi ke dalam



proyek energi terbarukan. Penggunaan teknologi dapat meningkatkan efisiensi energi yang dihasilkan dan mengurangi biaya operasional. Dengan akses ke teknologi modern, proyek energi terbarukan yang dilaksanakan melalui KPBU akan memiliki standar kualitas yang lebih tinggi. Teknologi yang lebih canggih dapat meningkatkan kinerja sistem energi terbarukan berbasis angin dan memastikan bahwa energi yang dihasilkan lebih stabil dan dapat diandalkan. Selain itu, penerapan teknologi dapat mengurangi frekuensi dan biaya pemeliharaan.

Kelima, pengawasan publik dapat mengurangi konflik kepentingan. Dalam skema KPBU, sektor publik mempertahankan peran pengawasan dan regulasi atas proyek. Pemerintah bertanggung jawab untuk memastikan bahwa proyek energi terbarukan sesuai dengan standar dan peraturan yang telah ditetapkan. Menurut (Haqq & Gultom, 2022) Konflik kepentingan yang sering terjadi dalam pembangunan infrastruktur dapat meningkatkan biaya pembangunan. Sehingga diperlukan pengawasan untuk mengurangi politisasi dan perilaku oportunistik. Perilaku oportunistik akan memberikan dampak negatif terhadap kelangsungan dan kualitas proyek yang ditangani. Perilaku oportunistik bisa dilakukan oleh pemerintah maupun pihak swasta dalam suatu kontrak KPBU (Haqq & Gultom, 2022). Sementara itu, peran penyedia layanan dialihkan kepada pihak swasta sementara sektor publik fokus pada pengawasan dan regulasi. Hal tersebut dapat menghilangkan konflik internal dan memungkinkan sektor publik untuk mengawasi proyek dengan lebih objektif dan efektif. Pengawasan dari pemerintah memungkinkan proyek energi terbarukan dapat dijalankan dengan lebih transparan dan berkelanjutan.

Keenam, pengurangan beban keuangan publik. Proyek energi terbarukan yang direalisasikan melalui skema KPBU menarik sektor swasta. Pembangunan dan operasional proyek energi terbarukan berasal dari investasi swasta bukan dari anggaran pemerintah. Hal tersebut mengurangi tekanan pada keuangan publik dan menghindari peningkatan utang pemerintah.

Berdasar uraian tersebut, skema KPBU dalam pembangunan infrastruktur energi terbarukan berbasis angin dapat menjadi skema yang efektif untuk pengembangan proyek energi terbarukan. Hal tersebut dikarenakan adanya kolaborasi yang produktif antara sektor publik dan swasta dalam mengatasi tantangan finansial dan teknis. Pemanfaatan keahlian dan sumber daya dari kedua sektor dapat mempercepat implementasi energi terbarukan berbasis angin, meningkatkan efisiensi operasional, dan mengurangi risiko investasi. Selain itu, skema KPBU dapat memfasilitasi inovasi dan penerapan praktik terbaik yang diperlukan untuk mencapai tujuan keberlanjutan jangka panjang. Dengan skema KPBU, energi terbarukan berbasis angin dapat dikembangkan dengan lebih cepat dan efektif sehingga diharapkan dapat memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan yang signifikan.

Hambatan

Salah satu hambatan yang terjadi dalam pembangunan infrastruktur adalah faktor regulasi yang berbelit di Indonesia. Faktor regulasi menjadi penghambat dalam pelaksanaan KPBU di sektor energi baru dan terbarukan. Pembangunan pembangkit listrik energi baru dan terbarukan dilakukan pada berbagai titik di wilayah Indonesia memungkinkan adanya regulasi pemerintah daerah yang menghambat pembangunan infrastruktur. Hal ini meningkatkan paparan ketidakpastian yang diterima sektor private. Regulasi di Indonesia terkait dengan energi baru dan terbarukan mengacu pada Undang-Undang No. 30 Tahun 2007 tentang Energi, Peraturan Presiden No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 4 Tahun 2020 tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor 50 Tahun 2017 Tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik, dan Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik.



Regulasi yang diberlakukan memberikan hambatan karena belum dirumuskan secara komprehensif (Cui et al., 2018). Hal ini juga diungkapkan oleh (Sajida & Kusumasari, 2023) bahwa salah satu kunci keberhasilan penerapan skema KPBU di Indonesia adalah menyederhanakan proses perizinan dan regulasi terkait KPBU agar lebih efisien. Belum terdapat pengaturan secara spesifik terkait dengan sasaran strategis energi baru dan terbarukan berbasis angin yang dilakukan dengan skema KPBU. Diperlukan perumusan regulasi yang komprehensif untuk memitigasi risiko pelaksanaan penyediaan infrastruktur PLTB di Indonesia.

Hambatan regulasi merupakan hambatan yang umum dihadapi oleh negara di dunia dalam pelaksanaan KPBU di sektor renewable energy. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Cui et al., 2018; Furumo & Lambin, 2020; Gupta et al., 2017; Khahro et al., 2021; Komendantova et al., 2012; Leigland, 2018; M. Khodeir, 2018; Mamine & Farès, 2020; Smith et al., 2019; Thum-Thysen et al., 2019; Xu et al., 2010). Disisi lain, faktor politik juga dapat menghambat pembangunan infrastruktur. Ketergantungan Indonesia terhadap industri batu bara dalam penggunaan energi menjadi sebuah faktor politik yang dapat mendistorsi dukungan pemerintah dalam penggunaan energi baru dan terbarukan. Kemauan politik yang kuat dari pemerintah dengan menunjukkan komitmen atas energi baru dan terbarukan sektor angin dapat menurunkan risiko politik yang dapat mengurangi minat swasta (Helmy et al., 2020). Pelaksanaan pembangkit listrik tenaga bayu memerlukan dokumen kebijakan yang eksplisit, program yang jelas, prosedur penilaian dan penentuan prioritas, dan kontrak standar untuk implementasi KPBU dalam sektor energi baru dan terbarukan berbasis angin (Helmy et al., 2020). Masih diperlukan peningkatan dukungan politik yang harus ditunjukkan dalam pembangunan energi baru dan terbarukan berbasis angin dengan skema KPBU. Hambatan politik merupakan hambatan yang masif yang dialami oleh negara di Asia, Afrika, Eropa, maupun Amerika (Komendantova et al., 2012).

Sejatinya pembangunan di Indonesia memerlukan dana yang cukup besar. Sehingga memerlukan Skema Alternatif untuk tetap melanjutkan pembangunan infrastruktur. Menurut (Cheung et al., 2009) pemerintah dianggap kurang mampu mengumpulkan dana dalam jumlah yang signifikan untuk proyek-proyek infrastruktur besar. Pelaksanaan energi baru dan terbarukan berbasis angin memerlukan pembagian risiko antara pemerintah dan badan usaha. Dalam alokasi risiko yang dilakukan, diperlukan analisis cost yang dikeluarkan dalam sebuah proyek (Furumo & Lambin, 2020). Proyek pembangunan pembangkit listrik tenaga bayu dengan mekanisme KPBU menemui tantangan dalam hal finansial. Hal ini disebabkan adanya investasi awal yang cukup besar. Namun, dalam pemberian tarif layanan nantinya, *willingness to pay* dari masyarakat akan sulit untuk menemui nominal yang menguntungkan. Hal ini disebabkan pemakaian listrik masyarakat perlu digeser ke pemakaian energi listrik tenaga angin. Dalam pelaksanaannya, akan menimbulkan biaya pemasangan jaringan listrik ke rumah-rumah masyarakat. Kondisi ini dapat mengurangi minat swasta untuk berinvestasi dalam proyek KPBU PLTB. Sesuai dengan Transaction Cost Theory bahwa berfokus pada upaya, sumber daya, atau biaya yang dibutuhkan dua pihak untuk menyelesaikan pertukaran di luar biaya produk atau layanan (Williamson, 1979). Tujuan dari transaction cost adalah untuk memaksimalkan kinerja transaksi dan meminimalkan biaya dalam berbagai transaksi bisnis. Sehingga dalam pembangunan infrastruktur di sektor energi terbarukan memerlukan dana yang maksimal serta pelaksanaan KPBU yang optimal.

PLTB merupakan pembangkit dengan sumber energi intermittent yang menghasilkan energi listrik dalam jumlah fluktuatif (Perusahaan Listrik Negara, 2022). Dibutuhkan pembangkit cadangan sebagai pembangkit pendukung yang berfungsi untuk mengantisipasi ketika terjadi penurunan kecepatan angin di bawah batasan desain turbin. Hal tersebut akan menjadi



pertimbangan swasta dalam melakukan investasi melalui skema KPBU dalam proyek PLTB. Hambatan finansial ini ditemui oleh beberapa negara di dunia. Hal ini sejalan dengan penelitian (Cui et al., 2018; Furumo & Lambin, 2020; Helmy et al., 2020; Leigland, 2018; Mamine & Farès, 2020; Smirnova et al., 2021; Smith et al., 2019; Thum-Thysen et al., 2019).

PENUTUP

Simpulan

Energi angin di Indonesia berpotensi dapat menghasilkan 60.647 MW energi. Potensi energi angin yang sangat besar memberikan peluang untuk pemanfaatan energi terbarukan. Hal tersebut dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, menurunkan emisi gas rumah kaca, dan mendukung keberlanjutan energi di masa depan. Namun, PLT Angin baru terpasang sebesar 135 MW. Berkaca pada keberhasilan negara lain dalam menerapkan skema KPBU dalam sektor energi terbarukan seperti Afrika Selatan, India, China, dan Srilanka dapat menjadi sebuah benchmarking bagi Indonesia dalam mendorong implementasi energi terbarukan berbasis angin. Pelaksanaan skema KPBU dalam pembangunan infrastruktur energi terbarukan berbasis angin, memiliki beberapa kelebihan diantaranya kompetisi antar pihak swasta, pelaksanaan mekanisme KPBU lebih ekonomis daripada skema pengadaan lain, sinergi antara sektor publik dan swasta, penggunaan teknologi dan peralatan modern, pengawasan publik yang dapat mengurangi konflik kepentingan, dan pengurangan beban keuangan publik. skema KPBU dalam pembangunan infrastruktur energi terbarukan berbasis angin dapat menjadi skema yang efektif untuk pengembangan proyek energi terbarukan. Melalui skema KPBU, energi terbarukan berbasis angin dapat dikembangkan dengan lebih cepat dan efektif sehingga diharapkan dapat memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan yang signifikan. Namun, pelaksanaan skema KPBU dalam energi terbarukan menemui hambatan diantaranya hambatan regulasi, hambatan politik, dan hambatan finansial.

Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan pendekatan kualitatif dengan metode wawancara kepada pihak terkait agar dapat memperoleh hasil yang lebih merepresentasikan kondisi pelaksanaan KPBU dalam energi baru dan terbarukan. Pemerintah diharapkan dapat mengkaji lebih lanjut peningkatan implementasi energi terbarukan berbasis angin sebagai sumber energi untuk mencapai bauran energi. Pemerintah perlu untuk melakukan analisis lebih lanjut terkait dengan pembagian risiko yang dapat dilakukan dalam skema KPBU dalam implementasi energi terbarukan berbasis angin. Selain itu, pemerintah diharapkan dapat memitigasi dan meminimalkan hambatan pelaksanaan KPBU dalam renewable energy untuk mencapai pembangunan infrastruktur berbasis energi terbarukan yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdussamad, Z. (2021). *Metode Penelitian Kualitatif* (P. Rapanna, Ed.; 1st ed., Vol. 1). CV. syakir Media Press.
- Adistia, N. A., Nurdiansyah, R. A., Fariko, J., Vincent, V., & Simatupang, J. W. (2020). POTENSI ENERGI PANAS BUMI, ANGIN, DAN BIOMASSA MENJADI ENERGI LISTRIK DI INDONESIA. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(2). <https://doi.org/10.24912/tesla.v22i2.9107>
- Al Hazmi, R. A. (2024). Kerjasama pemerintah dengan badan usaha: Harapan baru pembangunan infrastruktur di Indonesia. *Journal of Law, Administration, and Social Science*, 4(6), 1101–1118. <https://doi.org/10.54957/jolas.v4i6.1010>



- Asian Development Bank. (2021). Financing clean energy in developing Asia. In *Nature Climate Change*.
- Badan Informasi Geospasial. (2022). *Pentingnya Informasi Geospasial Untuk Menata Laut Indonesia*. <https://www.big.go.id/content/berita/pentingnya-informasi-geospasial-untuk-menata-laut-indonesia>.
- Balai Besar Survei Dan Pengujian Ketenagalistrikan, E. B. T. D. K. E. (2021). *Potensi Energi Angin Indonesia 2020*.
- Bappenas. (2024). *SDGs Metadata*. <https://sdgs.bappenas.go.id/metadata-indikator-sdgs/>.
- Cheung, E., Chan, A. P. C., & Kajewski, S. (2009). Reasons for implementing public private partnership projects. *Journal of Property Investment & Finance*, 27(1), 81–95. <https://doi.org/10.1108/14635780910926685>
- Cory, B., & Lewis, P. (1997). Reorganisation of the electricity supply industry - a critical review. *Power Engineering Journal*, 11(2). <https://doi.org/10.1049/pe:19970201>
- Cui, C., Liu, Y., Hope, A., & Wang, J. (2018). Review of studies on the public–private partnerships (PPP) for infrastructure projects. *International Journal of Project Management*, 36(5). <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2018.03.004>
- D’Agostino, A. L., Sovacool, B. K., & Bambawale, M. J. (2011). And then what happened? A retrospective appraisal of China’s Renewable Energy Development Project (REDP). *Renewable Energy*, 36(11). <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.017>
- Daryanti, D., & Charnade, R. S. V. (2022). Corruption Potential Of Environmental Funds In Overcoming Climate Change In Indonesia. *Corruptio*, 3(2). <https://doi.org/10.25041/corruptio.v3i2.2737>
- de Coninck, H., Revi, A., Babiker, M., Bertoldi, P., Buckridge, M., Cartwright, A., Dong, W., Ford, J., Fuss, S., Hourcade, J.-C., Ley, D., Mechler, R., Newman, P., Revokatova, A., Schultz, S., Steg, L., & Sugiyama, T. (2018). Strengthening and Implementing the Global Response Supplementary Material. *Global Warming of 1.5°C, October*.
- Direktorat Pengelolaan Dukungan Pemerintah dan Pembiayaan Infrastruktur. (2024). *Daftar Proyek KPBU*.
- Energy Efficiency & Renewable Energy. (2024). *Advantages and Challenges of Wind Energy*. <https://www.energy.gov/eere/wind/advantages-and-challenges-wind-energy>.
- European Commission. (2018). A Clean Planet for all. A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. *Com(2018) 773*.
- Ferk, B., & Ferk, P. (2017). Top 10 Reasons Why (Not) and How (Not) to Implement PPPs in the Developing and Emerging Economies. In *The Emerald Handbook of Public–Private Partnerships in Developing and Emerging Economies*.
- Fleta-Asín, J., Muñoz, F., & Rosell-Martínez, J. (2020). Public-private partnerships: determinants of the type of governance structure. *Public Management Review*, 22(10). <https://doi.org/10.1080/14719037.2019.1637014>
- Furumo, P. R., & Lambin, E. F. (2020). Scaling up zero-deforestation initiatives through public-private partnerships: A look inside post-conflict Colombia. *Global Environmental Change*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102055>
- Gupta, A. K., Trivedi, M., & Kansal, R. (2017). Risk Variation Assessment of Indian Road PPP Projects. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 2(5).
- Hamdi. (2016). *Energi Terbarukan*. Prenada Media.
- Haqq, A. M., & Gultom, Y. M. L. (2022). The challenge of implementing public-private partnerships: a transaction costs perspective on waste to energy projects in Indonesia. *Journal*



- of *Financial Management of Property and Construction*, 27(3), 365–386.
<https://doi.org/10.1108/JFMPC-09-2020-0058>
- Helmy, R., Khourshed, N., Wahba, M., & El Bary, A. A. (2020). Exploring critical success factors for public private partnership case study: The educational sector in egypt. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(4).
<https://doi.org/10.3390/joitmc6040142>
- Irena. (2018). Global Energy Transformation a Roadmap to 2050. *International Renewable Energy Agency*.
- Khahro, S. H., Ali, T. H., Hassan, S., Zainun, N. Y., Javed, Y., & Memon, S. A. (2021). Risk severity matrix for sustainable public-private partnership projects in developing countries. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/su13063292>
- Komendantova, N., Patt, A., Barras, L., & Battaglini, A. (2012). Perception of risks in renewable energy projects: The case of concentrated solar power in North Africa. *Energy Policy*, 40(1).
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.12.008>
- Laksana, A., Sutisna, S., & Nursuwars, F. M. S. (2021). KONTROL SISTEM CHARGING PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU PT. LENTERA BUMI NUSANTARA BERBASIS INTERNET of THINGS (IoT). *Journal of Energy and Electrical Engineering*, 3(1). <https://doi.org/10.37058/jee.v3i1.3390>
- Leigland, J. (2018). Public-private partnerships in developing countries: The emerging evidence-based critique. *World Bank Research Observer*, 33(1). <https://doi.org/10.1093/wbro/lkx008>
- M. Khodeir, L. (2018). EVALUATING THE ROLE OF PROJECT MANAGEMENT EDUCATION TOWARDS ENHANCING ARCHITECTURE STUDENTS COMPETENCY SKILLS. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 46(6).
<https://doi.org/10.21608/jesaun.2018.115009>
- Mamine, F., & Farès, M. (2020). Barriers and levers to developing wheat-pea intercropping in Europe: A review. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 17).
<https://doi.org/10.3390/SU12176962>
- Nasution, A. F. (2023). *Metode Penelitian Kualitatif* (M. Albina, Ed.; Vol. 1). CV. Harfa Creative.
- Novita, A. A. (2021). Environmental Governance and Climate Change Adaptation in Indonesia. *Jurnal Ilmiah Administrasi Publik*, 007(01). <https://doi.org/10.21776/ub.jiap.2021.007.01.6>
- Othman, K., & Khallaf, R. (2022). A REVIEW OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIPS FOR RENEWABLE ENERGY PROJECTS IN DEVELOPING COUNTRIES. *Proceedings of International Structural Engineering and Construction*, 9(1).
[https://doi.org/10.14455/10.14455/isec.2022.9\(1\).enr-01](https://doi.org/10.14455/10.14455/isec.2022.9(1).enr-01)
- Othman, K., & Khallaf, R. (2023). Renewable energy public-private partnership projects in Egypt: Perception of the barriers and key success factors by sector. *Alexandria Engineering Journal*, 75. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.06.009>
- Owusu-Manu, D. G., Adjei, T. K., Sackey, D. M., Edwards, D. J., & Hosseini, R. M. (2020). Mainstreaming sustainable development goals in Ghana's energy sector within the framework of public-private partnerships: challenges, opportunities and strategies. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 19(3). <https://doi.org/10.1108/JEDT-06-2020-0255>
- Perusahaan Listrik Negara. (2022). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik*.
- Rajpurkar, N. (2015). *Identifying Best Practices in Public-Private Partnerships in Renewable Energy*. MIT Sloan School of Management.



- Rifai, T., Gunadi, G. G. R., & Ridwan, E. (2021). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin) Mikro Turbin Savonius pada Jalan Tol Jatiasih. *Jurnal Mekanik Terapan*, 2(2). <https://doi.org/10.32722/jmt.v2i2.4423>
- Safrizal, S., Ardiansyah, H., & Dailami, D. (2021). Pemetaan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu di Perairan Indonesia Berdasarkan Data Satelit ASCAT. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi*, 7(2). <https://doi.org/10.35308/jmkn.v7i2.4137>
- Sahir, S. H. (2021). *Metodologi Penelitian* (T. Koryati, Ed.; 1st ed., Vol. 1). PENERBIT KBM INDONESIA.
- Sajida, & Kusumasari, B. (2023). Critical success factors of Public-Private Partnerships in the education sector. *Public Administration and Policy*, 26(3), 309–320. <https://doi.org/10.1108/PAP-11-2022-0127>
- Sari, M., & Asmendri. (2020). Penelitian Kepustakaan (Library Research) dalam Penelitian Pendidikan IPA. *Jurnal Penelitian Bidang IPA Dan Pendidikan IPA*, 6(1), 41–52.
- Sarkis, J., Zhu, Q., & Lai, K. H. (2011). An organizational theoretic review of green supply chain management literature. In *International Journal of Production Economics* (Vol. 130, Issue 1). <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.11.010>
- Smirnova, E., Kot, S., Kolpak, E., & Shestak, V. (2021). Governmental support and renewable energy production: A cross-country review. *Energy*, 230. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120903>
- Smith, G., Sochor, J., & Karlsson, I. C. M. A. (2019). Public–private innovation: barriers in the case of mobility as a service in West Sweden. *Public Management Review*, 21(1). <https://doi.org/10.1080/14719037.2018.1462399>
- Sovacool, B. K. (2013). Expanding renewable energy access with pro-poor public private partnerships in the developing world. *Energy Strategy Reviews*, 1(3). <https://doi.org/10.1016/j.esr.2012.11.003>
- Suhendra, M. (2017). PENYEDIAAN INFRASTRUKTUR DENGAN SKEMA KERJASAMA PEMERINTAH DAN BADAN USAHA (PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP) DI INDONESIA. *JURNAL MANAJEMEN KEUANGAN PUBLIK*, 1(1), 41–46. <https://doi.org/10.31092/jmkp.v1i1.97>
- Thum-Thysen, A., Voigt, P., Bilbao-Osorio, B., Maier, C., & Ognyanova, D. (2019). Investment dynamics in Europe: Distinct drivers and barriers for investing in intangible versus tangible assets? *Structural Change and Economic Dynamics*, 51. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2019.06.010>
- Todd, I., & McCauley, D. (2021). Assessing policy barriers to the energy transition in South Africa. *Energy Policy*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112529>
- Wang, H., Chen, B., Xiong, W., & Wu, G. (2018). Commercial investment in public-private partnerships: The impact of contract characteristics. *Policy and Politics*, 46(4). <https://doi.org/10.1332/030557318X15200933925414>
- Wicaksono, Z. A., & Karniawati, N. (2023). IMPLEMENTASI KEBIJAKAN PUBLIC PRIVATE PARTNERSHIP (PPP) DALAM MENINGKATKAN INFRASTRUKTUR RISET DI INDONESIA. *Jurnal Ilmu Pemerintahan*, 2(2), 28–33. <https://doi.org/10.54895/jipu.v2i2.2039>
- Williamson, O. E. (1979). Transaction-Cost Economics : The Governance of Contractual Relations TRANSACTION-COST ECONOMICS : THE GOVERNANCE OF CONTRACTUAL RELATIONS. *Journal of Law and Economics*, 22(2).
- World Meteorological Organization. (2024a). *State of the Climate in Asia 2023*.



World Meteorological Organization. (2024b). *State of the Global Climate 2023*.

Xu, Y., Yeung, J. F. Y., Chan, A. P. C., Chan, D. W. M., Wang, S. Q., & Ke, Y. (2010). Developing a risk assessment model for PPP projects in China-A fuzzy synthetic evaluation approach. *Automation in Construction*, 19(7). <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.06.006>