



PENGEMBANGAN TEKNOLOGI DALAM MEMANFAATKAN ENERGI TERBARUKAN DI IBU KOTA NUSANTARA DENGAN PROGRAM SMART CITY

Cyrilla Daveiaha Quisha Belva ¹⁾; Bintang Raspati ²⁾

¹⁾ *belvacyrilla1@gmail.com, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta*

²⁾ *bintang80e@gmail.com, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta*

Abstract

The development of technology in utilizing renewable energy in urban areas is a crucial focus in achieving Sustainable Development Goal 11, which aims to create inclusive, safe, disaster-resilient, and sustainable cities and settlements. This study aims to explore the potential of technology in supporting the utilization of renewable energy in urban environments within the Smart City program. The research method used is a literature study and secondary data analysis from sources related to renewable energy technology development and the Smart City program implementation in the new capital city (IKN). Data collection techniques include document searches, content analysis, and information synthesis. The results show that although the Smart City program in IKN aims to improve quality of life and infrastructure, its implementation faces criticism due to deforestation that contradicts climate conservation efforts. This can threaten biodiversity, exacerbate climate change, and increase the risk of natural disasters. However, there are significant opportunities for applying innovative technologies like solar, wind, and biomass energy to reduce environmental impacts. Collaboration between the government, private sector, and community is essential to ensure that this smart city development is sustainable and supports environmental conservation. This study emphasizes the importance of a holistic approach in developing IKN as an environmentally friendly and globally competitive smart city.

Keywords: *Capital City of Nusantara, Energy Utilization, Renewable Energy, Smart City, Sustainable Development*

Abstrak

Pengembangan teknologi dalam memanfaatkan energi terbarukan di perkotaan menjadi salah satu fokus penting dalam mewujudkan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan ke-11, yaitu menciptakan kota dan permukiman yang inklusif, aman, tahan bencana, dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi teknologi dalam mendukung pemanfaatan energi terbarukan di lingkungan perkotaan dalam konteks program Smart City. Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur dan analisis data sekunder dari sumber-sumber yang terkait dengan pengembangan teknologi energi terbarukan dan implementasi program Smart City di Ibu Kota Nusantara (IKN). Teknik pengumpulan data meliputi pencarian dokumen, analisis konten, dan sintesis informasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun program Smart City di IKN bertujuan untuk meningkatkan kualitas hidup dan infrastruktur, implementasinya menuai kritik karena penebangan hutan yang tidak sejalan dengan upaya pelestarian iklim. Tindakan ini dapat mengancam keragaman hayati, memperburuk perubahan iklim, dan meningkatkan risiko bencana alam. Namun, terdapat peluang besar bagi penerapan teknologi inovatif seperti energi surya, angin, dan biomassa untuk mengurangi dampak lingkungan negatif. Kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat sangat diperlukan untuk memastikan bahwa pengembangan kota pintar ini benar-benar berkelanjutan dan mendukung konservasi lingkungan. Penelitian ini menekankan pentingnya pendekatan holistik dalam pengembangan IKN sebagai kota pintar yang ramah lingkungan dan berdaya saing global.

Kata Kunci: Energi terbarukan, Ibu Kota Nusantara, Kota Pintar, Pemanfaatan energi, Pembangunan berkelanjutan

PENDAHULUAN

Pemindahan ibu kota Indonesia dari Jakarta ke Ibu Kota Nusantara (IKN) di Kalimantan Timur merupakan salah satu proyek strategis nasional yang bertujuan untuk mengurangi beban Jakarta, mendorong pemerataan pembangunan, dan menciptakan pusat pemerintahan yang modern dan berkelanjutan. IKN dirancang sebagai kota pintar (*smart city*) yang berkelanjutan dan ramah lingkungan, di mana teknologi dan inovasi memainkan peran kunci dalam pengelolaan sumber daya dan peningkatan kualitas hidup penduduknya.

Seiring dengan meningkatnya urbanisasi kebutuhan akan energi di perkotaan juga semakin meningkat. di Indonesia sebagian besar kebutuhan energi masih dipenuhi oleh sumber energi fosil yang jumlahnya terbatas, mahal dan berdampak negatif terhadap lingkungan karena



memicu emisi gas rumah kaca. Fakta di lapangan menunjukkan bahwa penggunaan energi fosil di kota-kota besar Indonesia berkontribusi signifikan terhadap polusi udara dan perubahan iklim.

Dalam pembangunan IKN, energi terbarukan menjadi salah satu fokus utama dalam pembangunan IKN. Pemerintah berencana untuk mengintegrasikan sumber energi terbarukan sebagai solusi untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil energi. Pemanfaatan sumber energi terbarukan seperti matahari, turbin angin, dan biomassa diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan menyediakan energi yang berkelanjutan untuk mengurangi emisi karbon, sehingga mendukung target Indonesia untuk mencapai netralitas karbon pada 2060.

Namun, tantangan dalam implementasi teknologi ini cukup signifikan dikarenakan infrastruktur yang diperlukan untuk mendukung teknologi energi terbarukan masih belum sepenuhnya tersedia. Selain itu, adanya masalah di anggaran yakni tingginya biaya awal untuk pemasangan dan pengoperasian teknologi energi terbarukan menjadi hambatan utama. Tantangan lainnya seperti proses administrasi terkait perizinan yang masih sulit, yang menyebabkan banyak investor masih berpikir ulang untuk berinvestasi.

Di penelitian sebelumnya mengenai pengembangan rencana Program Smart City di IKN oleh Rifaid et al. (2023), terdapat kurangnya penelitian yang secara khusus menyoroti pengembangan smart city dengan fokus pada penerapan energi terbarukan dalam pembangunan kota pintar di ibu kota baru Indonesia. Meskipun membahas prioritas penggunaan energi terbarukan sebagai salah satu sistem pendukung smart city, namun tidak terdapat analisis yang mendalam mengenai implementasi konkret energi terbarukan, seperti panel surya atau sistem energi angin, dan dampaknya terhadap keseluruhan pembangunan kota pintar di ibu kota baru tersebut. Selain itu, pengembangan strategi atau model spesifik terkait pengelolaan energi terbarukan dalam konteks smart city di Indonesia juga merupakan gap penelitian yang perlu dieksplorasi lebih lanjut untuk mendukung pencapaian tujuan pembangunan kota pintar yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Penelitian selanjutnya mengenai dampak pembangunan berkelanjutan IKN yang dilakukan oleh Syailendra & Hanggono (2024), meskipun program IKN menyoroti pentingnya kelestarian lingkungan, inklusivitas sosial, dan penerapan teknologi ramah lingkungan, penjelasan rinci tentang pelaksanaan program-program tersebut belum memadai. Diperlukan informasi yang lebih mendetail tentang langkah-langkah konkret, strategi, dan rencana aksi untuk merealisasikan visi tersebut secara efektif. Selain itu, meskipun aspek kelestarian lingkungan, inklusivitas sosial, dan teknologi ramah lingkungan dibahas secara terpisah, tidak dijelaskan secara jelas bagaimana ketiga aspek ini saling berhubungan dan mendukung dalam menciptakan kota pintar yang berkelanjutan. Penjelasan tentang integrasi ketiga aspek ini akan memperkuat dan memperjelas keseluruhan program IKN.

Penelitian dari Purwanto et al. (2023) memiliki kekurangan pada minimnya analisis mendalam terkait kelayakan dan kepraktisan penerapan solusi energi angin, serta kurangnya diskusi mengenai kelayakan ekonomi, penilaian dampak lingkungan, dan tantangan teknis, menjadi kelemahan utama penelitian ini. Fokus yang terbatas pada potensi angin di daerah pesisir, tanpa mempertimbangkan lokasi lain dan sumber energi terbarukan alternatif, membatasi cakupan studi ini. Tidak adanya keterlibatan dengan pemangku kepentingan dan komunitas menyebabkan pengabaian wawasan dan kekhawatiran lokal yang penting. Rekomendasi yang diberikan hanya bersifat umum tanpa strategi implementasi yang rinci, kerangka peraturan, atau kebutuhan infrastruktur yang spesifik. Selain itu, penelitian ini tidak mengulas keberlanjutan jangka panjang, risiko potensial, tantangan operasional, atau strategi pemeliharaan untuk pembangkit listrik tenaga angin. Analisis kebijakan terkait pengembangan energi terbarukan di Kalimantan Timur juga kurang memadai, tanpa membahas implikasi



kebijakan atau hambatan regulasi yang perlu diatasi. Akhirnya, kurangnya pandangan ke depan tentang skalabilitas dan potensi proyek energi angin menunjukkan perlunya diskusi yang lebih mendalam tentang perencanaan jangka panjang dan jalur integrasi untuk pengembangan energi terbarukan yang berkelanjutan di wilayah ini.

Penelitian yang dilakukan Sidik et al. (2023), mengungkapkan beberapa kelemahan yang perlu diperbaiki, seperti kurangnya analisis mendalam mengenai teknologi energi terbarukan tertentu dan cakupan geografis yang terbatas hanya pada sistem tenaga di Jawa-Bali dan Sulawesi Selatan. Kurangnya perhatian terhadap dampak lingkungan yang lebih luas dan faktor keberlanjutan, serta tidak adanya penilaian ekonomi yang mendetail terkait penerapan energi terbarukan, juga merupakan masalah. Studi ini tidak cukup mengeksplorasi lebih dalam pada dampak sosial dan komunitas dari integrasi energi terbarukan, yang sangat penting untuk keberhasilan implementasi jangka panjang.

Pada penelitian dari Latifah et al. (2021), kurangnya dari pengumpulan data langsung di lapangan membatasi kedalaman dan kekayaan wawasan penelitian. Data dari studi sebelumnya atau dokumen terkait mungkin tidak memberikan informasi terbaru atau spesifik yang dibutuhkan. Fokus penelitian pada pemanfaatan energi terbarukan di area tertentu di Kalimantan Timur juga dapat membatasi penerapan hasilnya di wilayah lain.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi teknologi energi terbarukan yang akan diterapkan di IKN. Selain itu, penelitian ini akan menganalisis tantangan dan peluang dalam penerapan teknologi tersebut serta merumuskan strategi yang efektif untuk mendukung program Smart City yang berkelanjutan di IKN melalui pemanfaatan energi terbarukan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pembangunan IKN sebagai kota pintar yang berkelanjutan. Hal yang membedakan pada penelitian sebelumnya yaitu penelitian ini menghadirkan pendekatan baru dengan fokus pada integrasi energi terbarukan dalam pembangunan yang sesuai dengan program Smart City di IKN. Berbeda dengan studi sebelumnya, penelitian ini akan memberikan analisis mendalam tentang penerapan teknologi energi terbarukan seperti panel surya dan sistem energi angin serta dampaknya terhadap pembangunan kota pintar. Penelitian ini juga akan memberikan penjelasan rinci tentang langkah-langkah konkret, strategi, dan rencana aksi untuk mewujudkan visi IKN secara efektif, serta mengintegrasikan aspek kelestarian lingkungan, inklusivitas sosial, dan teknologi ramah lingkungan.

Penelitian ini mencakup analisis kelayakan dan kepraktisan penerapan solusi energi terbarukan, diskusi mengenai penilaian dampak lingkungan, dan tantangan teknis. Fokusnya tidak hanya terbatas pada daerah pesisir, tetapi juga mencakup lokasi lain dan sumber energi terbarukan alternatif. Penelitian ini juga akan melibatkan pemangku kepentingan dan komunitas untuk memastikan wawasan lokal diakomodasi, serta memberikan rekomendasi rinci mengenai strategi implementasi, kerangka peraturan, dan kebutuhan infrastruktur spesifik.

Penelitian ini memperluas cakupan geografis, mencakup seluruh wilayah IKN untuk memastikan kedalaman dan kekayaan wawasan penelitian. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi energi terbarukan dan mendukung pembangunan kota pintar yang berkelanjutan di IKN.

KAJIAN PUSTAKA

Energi Terbarukan

Energi terbarukan salah satu sumber daya alam yang mampu menghasilkan energi dalam berjangka waktu pendek. Energi terbarukan sebagai kunci untuk mencapai tujuan dalam menjaga iklim global dan memastikan keamanan energi. Di Indonesia, energi terbarukan yang paling potensial berasal dari matahari, air, panas bumi, dan biomassa (Jumina & Wijaya, 2012). Indonesia berkomitmen untuk mengurangi emisi, dengan tujuan untuk berkontribusi lebih cepat



terhadap pencapaian *Net-Zero Emission global*. Salah satu langkah nyata yang diambil untuk menurunkan emisi adalah dengan mendiversifikasi energi fosil ke energi terbarukan, sesuai target yang telah ditetapkan, yaitu mencapai 23% pada tahun 2025 mendatang (Kementerian ESDM, 2021).

Ibu Kota Nusantara (IKN)

Ibu Kota Nusantara (IKN) yaitu ibu kota baru Indonesia yang akan diresmikan di hari kemerdekaan ke-79 yaitu pada 17 Agustus 2024 nanti di Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur. Wacana pemindahan ibu kota sudah ada sejak Orde Lama pada tahun 1957, mulai direalisasikan pada tahun 2019. Ibu kota saat ini, Jakarta memiliki beberapa masalah yang membuat adanya pemindahan ibu kota. di Pulau Jawa, menghadapi tantangan berat pada jumlah penduduk yang padat, yang menyebabkan masalah seperti kemacetan, polusi udara makin memburuk, dan terancam tenggelam akibat kelebihan beban bangunan pada tompangan tanah (Mokhtar & Rahadiana, 2022). Pulau Jawa juga memberikan kontribusi terbesar sekitar 57,7% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB), menunjukkan adanya ketidakseimbangan ekonomi dengan daerah-daerah lain di Indonesia (BPS, 2024).

Akibat dari permasalahan ini, pemerintah memutuskan untuk memindahkan ibu kota ke Kalimantan Timur. Pemilihan Kalimantan Timur sebagai lokasi baru didasarkan pada pertimbangan bahwa wilayah ini strategis secara geografis, terletak di pusat Indonesia dan relatif bebas dari risiko gempa bumi dan tsunami, dengan pemindahan ibu kota ke pulau Kalimantan dapat mendorong pertumbuhan ekonomi yang lebih merata di seluruh Indonesia (Kominfo, 2019).

Program Smart City

Kota pintar (*smart city*) adalah konsep perkotaan yang menggabungkan teknologi untuk meningkatkan efisiensi, kualitas hidup, dan pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan. Konsep ini melibatkan pengumpulan dan analisis data dari berbagai sumber menggunakan sensor dan *Internet of Things* (IoT), sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik oleh pemerintah dan melibatkan partisipasi aktif dari masyarakat (Peris-Ortiz et al., 2016). Konsep *smart city* pertama kali diperkenalkan oleh IBM, perusahaan komputer dari Amerika Serikat pada tahun 2008. IBM menciptakan konsep kota pintar untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat perkotaan. Untuk mewujudkan kota pintar ini, IBM menetapkan enam indikator utama yang harus dicapai. Indikator tersebut meliputi masyarakat kota, lingkungan, infrastruktur, ekonomi, mobilitas, dan konsep *smart living*. Dengan mengoptimalkan keenam indikator ini, konsep *smart city* menjadi lebih mudah dicapai. Meskipun begitu, fokus atau maksimalisasi pada salah satu indikator dapat dilakukan untuk mencapai hasil yang diinginkan (Gavin, 2022).

Di Indonesia, *smart city* telah menjadi fokus utama dalam mengatasi kompleksitas perkotaan dengan mengembangkan infrastruktur TIK seperti jaringan *broadband* dan Wifi publik, serta sistem transportasi cerdas untuk mengelola lalu lintas. Ada upaya dalam manajemen sampah dan lingkungan yang lebih efisien menggunakan teknologi sensor, serta promosi layanan publik digital seperti *e-government* untuk memudahkan akses masyarakat terhadap layanan administratif. Maka dari itu, pemerintah menyediakan program yang bernama “Gerakan Menuju 100 Smart City” untuk 514 kabupaten atau kota (Devega, 2017).

Seiring dengan itu, konsep *Smart Forest City* akan diterapkan di IKN dengan memadukan elemen-elemen *smart city* dengan keberlanjutan ekosistem hutan. Program ini mengintegrasikan kebijakan konservasi hutan, perlindungan biodiversitas, dan pengelolaan sumber daya alam secara cerdas. Melalui penggunaan teknologi sensor untuk monitoring hutan, sistem pengelolaan air dan energi yang ramah lingkungan, serta pendekatan inovatif dalam pertanian perkotaan, *Smart Forest City* tidak hanya bertujuan untuk transformasi digital kota



tetapi juga untuk mempertahankan keanekaragaman hayati dan sumber daya alam demi masa depan yang berkelanjutan (Ichwan et al., 2022).

METODE

Penelitian ini menggunakan studi literatur dan analisis data sekunder dari berbagai sumber yang relevan dengan pengembangan teknologi energi terbarukan dan implementasi program Smart City di IKN. Penelitian literatur dilakukan dengan teliti untuk mengumpulkan dan mensintesis temuan-temuan terbaru dalam literatur ilmiah, laporan pemerintah, artikel berita, dan sumber-sumber lainnya yang berkaitan dengan topik penelitian.

Proses pengumpulan data melibatkan pencarian dokumen-dokumen yang signifikan dan relevan dengan pengembangan teknologi energi terbarukan serta program Smart City di IKN. Dokumen-dokumen tersebut mencakup berbagai publikasi, jurnal ilmiah, laporan riset, dan dokumen kebijakan yang relevan dengan konteks penelitian. Selanjutnya, data yang terkumpul dianalisis dengan menggunakan teknik analisis konten untuk mengidentifikasi pola, tren, dan temuan kunci yang muncul dari literatur yang dikaji.

Teknik sintesis informasi digunakan untuk mengintegrasikan dan menyusun informasi dari berbagai sumber yang telah dikumpulkan. Hal ini bertujuan untuk membentuk pemahaman yang komprehensif tentang isu-isu terkait dengan pengembangan teknologi energi terbarukan dan implementasi program Smart City di IKN. Dengan demikian, pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan wawasan yang mendalam dan menyeluruh tentang topik penelitian yang kompleks dan multidimensi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

IKN akan menggunakan program sebagai "Smart Forest City" yang inovatif. Ini berarti IKN akan menjadi kota modern dengan teknologi canggih, namun tetap mengedepankan kelestarian lingkungan. Rencananya, 75% dari total wilayah IKN akan berupa kawasan hijau, termasuk 65% yang akan tetap menjadi hutan tropis alami. Pembangunan gedung dan infrastruktur lainnya hanya akan dilakukan di 25% sisanya. Dengan konsep ini, masyarakat IKN bisa hidup berdampingan dengan alam serta menikmati udara yang sejuk dan bersih. Teknologi smart city akan dimanfaatkan untuk mewujudkan efisiensi energi dan pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan. Dengan kata lain, IKN bercita-cita menjadi kota yang tidak hanya modern tapi juga ramah lingkungan.

Gambar 1. Data Potensi Pembangkit Listrik Dengan Menggunakan Energi Terbarukan di IKN

Tipe Energi Terbarukan	Potensi Teknis
Surya ¹	1.100 GW
PLTS Atap ²	2,5-8,5 GW
Air ($\leq 10\text{ MW}$) ³	0,25 GW
Angin ⁴	0,83 GW di ketinggian 100m
Biomassa ⁵	2,3 GW

Sumber: IESR (2022)



Pada di Gambar 1, IKN memiliki potensi besar dalam memanfaatkan berbagai jenis energi terbarukan untuk pembangkit listrik, yang sejalan dengan program Smart City yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Salah satu sumber energi utama adalah energi surya, dengan potensi teknis mencapai 1.100 GW. Ini mencerminkan potensi besar dari penggunaan panel surya skala besar yang memanfaatkan intensitas sinar matahari tinggi di Indonesia sepanjang tahun. Selain itu, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap menawarkan solusi tambahan dengan potensi teknis antara 2,5 hingga 8,5 GW. PLTS Atap memanfaatkan ruang atap bangunan untuk instalasi panel surya, sehingga mengoptimalkan penggunaan ruang yang ada dan mengurangi beban jaringan listrik utama.

Energi air juga berkontribusi dengan potensi sebesar 0,25 GW melalui pembangkit listrik tenaga air skala kecil. Ini cocok untuk daerah yang memiliki aliran sungai atau bendungan kecil, meskipun potensi ini relatif kecil dibandingkan dengan energi surya dan PLTS Atap. Selain itu, energi angin dengan potensi teknis 0,83 GW pada ketinggian 100 meter dapat dimanfaatkan dengan turbin angin di daerah dengan kecepatan angin yang cukup tinggi, melengkapi sumber energi terbarukan lainnya. Biomassa, dengan potensi teknis sebesar 2,3 GW, memanfaatkan bahan organik seperti limbah pertanian, kayu, dan sampah organik untuk menghasilkan listrik. Teknologi ini tidak hanya membantu dalam produksi energi tetapi juga dalam pengelolaan limbah, mendukung kebersihan dan keberlanjutan lingkungan.

Penelitian dari Sidik et al. (2023), mengungkapkan bahwa potensi EBT non-hidro tersebar di seluruh Indonesia, khususnya di Kabupaten Penajam Paser Utara, Provinsi Kalimantan Timur. Sumber EBT non-hidro ini meliputi energi matahari, angin, bioenergi, dan gelombang laut. Untuk melistriki daerah yang belum terlayani distribusinya, sumber energi terbarukan lokal ini juga dapat digabungkan dengan memanfaatkan sistem *microgrid* dan infrastruktur pendukung lainnya. Energi matahari, yang memiliki akses sepanjang tahun, digunakan untuk menghasilkan energi listrik melalui sel fotovoltaik, yang mengubah energi primer dari sinar matahari menjadi listrik. Di Indonesia, pembangkit listrik tenaga surya, disebut PLTS, digunakan secara luas. PT. PLN (Persero) saat ini melayani sebagian besar wilayah Kabupaten Penajam Paser Utara, Provinsi Kalimantan Timur. Memasang, menggunakan, dan memelihara teknologi PLTS relatif mudah, menjadikannya solusi yang praktis dan efisien untuk memenuhi kebutuhan listrik lokal.

Gambar 2. Pembangunan PLTS di Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur



Sumber: Antara (2024)

Potensi yang sangat besar dan kondisi lahan yang mendukung, PLTS menjadi alternatif utama untuk dikembangkan di Provinsi Kalimantan Timur, baik sebagai sumber energi utama maupun pendukung. PLTS sebagai pembangkit listrik tenaga energi baru terbarukan (PLT EBT) yang diprioritaskan di wilayah calon IKN di Provinsi Kalimantan Timur. Berdasarkan penelitian Pranitha & Lubis (2018), potensi energi matahari di Indonesia sangat besar,



mencapai 4,8 kWh/m²/hari. Rasio elektrifikasi Indonesia baru mencapai 92,79%, sedangkan di Kalimantan Utara baru mencapai 73,48%. Di Desa Long Berang, Kecamatan Mentarang Hulu, Kabupaten Malinau, Kalimantan Utara, terdapat 300 rumah yang belum memiliki akses listrik, dengan konsumsi energi listrik masyarakat sebesar 151,7 kWh/hari. Sistem Pusat Listrik Tenaga Surya di desa Long Berang dengan kapasitas 50,4 kWp direncanakan mampu menyediakan listrik bagi masyarakat setempat. Sistem PLTS Off Grid dengan sistem AC Coupling ini terdiri dari 168 modul surya berkapasitas 300 Wp, dan energi disimpan dalam baterai dengan total kapasitas 808 kWh yang mampu memasok listrik selama 4 hari. Perencanaan ideal untuk posisi arah hadap modul surya adalah ke arah selatan dengan kemiringan 10°. Oleh karena itu, potensi untuk pembangunan PLTS di Kalimantan Timur khususnya untuk penyediaan energi baru terbarukan di kawasan IKN.

Saat ini, pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Penajam Paser Utara, IKN seluas 80 hektar dengan kapasitas 50 megawatt (MW) menunjukkan komitmen Indonesia terhadap penggunaan energi terbarukan dan berkelanjutan. PLTS IKN diharapkan mampu menghasilkan 93 Gigawatt hour (GWh) energi listrik per tahun serta membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan polusi udara.

PLTS IKN akan dibangun secara bertahap, dengan tahap pertama berkapasitas 10 MW yang telah selesai sejak Agustus 2023 dan mulai beroperasi sejak Maret 2024. Pembangunan akan berlanjut hingga mencapai kapasitas penuh 50 MW. Pada tahap kedua ini ditargetkan akan selesai di perkiraan bulan November 2024. Proyek ini didanai oleh PT PLN (Persero) dengan skema pendanaan mandiri dan diperkirakan menelan biaya investasi sebesar Rp 1 triliun. Namun, terdapat beberapa tantangan yang perlu dihadapi, antara lain akuisisi lahan, biaya tinggi, fluktuasi energi matahari, dampak lingkungan, keterbatasan tenaga kerja, regulasi yang belum mendukung, dan rendahnya kesadaran masyarakat. Tantangan-tantangan ini menjadi hambatan yang harus diatasi untuk keberhasilan proyek ini.

Dengan potensi yang sangat besar dan kondisi lahan yang mendukung, PLTS menjadi alternatif utama untuk dikembangkan di Provinsi Kalimantan Timur, baik sebagai sumber energi utama maupun pendukung. PLTS memperoleh penilaian akhir sebagai pembangkit listrik tenaga energi baru terbarukan (PLT EBT) yang diprioritaskan di wilayah calon IKN di Provinsi Kalimantan Timur.

Gambar 3. Rencana Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Kayan Cascade di Kalimantan Utara



Sumber: Republika (2021)

Selanjutnya ada proyek pembangkit listrik tenaga air (PLTA) Kayan Cascade. Kompleks bendungan yang akan dibangun secara bertahap ini, diproyeksikan menjadi pembangkit listrik tenaga air yang terbesar di Asia tenggara dan akan menyuplai listrik hijau untuk seluruh Pulau Kalimantan, termasuk ibukota Nusantara (IKN). PLTA ini akan dibagi menjadi 5 tahap. Di mana tahap pertama berkapasitas 900 Megawatt (MW), sebagian besar



listrik daya PLTA tahap pertama akan dialirkan ke IKN hingga ke kawasan industri hijau Indonesia (KIHI) di Kalimantan Utara. Tahap kedua sebesar 1.200 MW, tahap ketiga dan keempat masing-masing 1.800 MW, dan tahap kelima mengalirkan sebesar 3.300 MW sehingga total kapasitas mencapai 9.000 MW.

PLTA ini meliputi pembangunan bendungan yang akan dibangun di beberapa lokasi di sepanjang sungai Kayan, dan semakin tinggi airnya nanti semakin besar potensi energi yang dihasilkan. Di area belakang bendungan juga dibangun waduk untuk menyimpan air sehingga kapasitas waduk PLTA akan sangat besar dan mencapai miliar kubik. Listrik yang dialirkan ke ibukota Nusantara IKN menjadi target utama sesuai dengan kebijakan pemerintah untuk mengembangkan IKN dalam memanfaatkan energi hijau dan terbarukan.

PLTA Kayan diproyeksikan mampu memenuhi kebutuhan energi IKN dan Kalimantan Utara, dan mendorong transisi energi. Namun, pembangunannya tak luput dari tantangan. Saat ini, PLTA Kayan masih dalam tahap awal, dengan studi kelayakan yang telah selesai dan izin usaha sedang diproses. Pembangunan Bendungan Kayan 1 ditargetkan dimulai pada tahun 2024, dengan target operasi pada tahun 2027.

Penelitian lain yang mendukung proyek ini adalah penelitian dari Tamrin (2018). Dalam penelitian ini, Tamrin menjelaskan bahwa Sungai Kayan memiliki arus deras di bagian hulunya, dengan grade 1/2 atau tingkat kesulitan di atas rata-rata, sehingga bisa digunakan untuk objek wisata arung jeram. Sungai ini melewati lebih dari 20 desa. Peneliti kemudian menghitung potensi Sungai Kayan untuk dijadikan PLTA dengan parameter aliran permukaan, aliran dasar tinggi muka air, dan keadaan DAS. Dari hasil pengukuran yang ditransmisikan ke pusat kontrol operasi PLTA, diketahui berapa besar listrik yang dapat dihasilkan berdasarkan debit air yang dialirkan melalui pintu saluran air ke turbin. Tamrin juga menghitung potensi energi air Sungai Kayan dan menyimpulkan bahwa dapat dibuat 5 PLTA bersusun dengan debit rata-rata 25 m³ untuk daya turbin. Karena lokasinya luas, PLTA Sungai Kayan dapat dibuat di 5 lokasi pada sungai yang sama, sehingga potensi air yang dihasilkan dengan debit rata-rata 30 m³/detik dan tinggi rencana 10 m memungkinkan daya listrik yang bisa dihasilkan sebesar 1.706,94 MW/PLTA. Jika dibangun 5 PLTA, total energi yang dihasilkan akan mencapai sekitar 8.5 MW.

Gambar 4. Rancangan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu di Kalimantan Timur dan Kalimantan Selatan



Sumber: MC Portal Kalimantan Selatan (2021)

Selain pembangunan PLTS dan PLTA, yang memiliki dampak bagus untuk memberikan energi terbarukan menjadi listrik hijau ke kawasan IKN. PLN juga melakukan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di IKN yang menyimpan potensi besar untuk menjadi sumber energi terbarukan yang efisien dan ramah lingkungan.

PLTB di IKN diproyeksikan mampu memenuhi kebutuhan energi IKN yang dalam waktu dekat ini akan menggunakan PLTS sebagai pemasok utama energi listrik terbarukan, PLTB akan menjadi pemasok listrik cadangan untuk IKN di masa yang akan datang. Beberapa proyek PLTB di IKN yang telah dicanangkan yaitu PLTB Pesisir Kutai Kartanegara (5 MW)



dan PLTB Tanah laut yang besarnya volume listrik keseluruhan diprediksi mampu menghasilkan hingga 196 MW. Pembangkit Energi Terbarukan (EBT) itu merupakan PLTB pertama di Indonesia yang dilengkapi dengan teknologi sistem penyimpanan energi baterai atau battery energy storage system (BESS) sebesar 10 megawatt hour (MWh) di Tanah Laut.

Untuk saat ini, rencananya pembangunan PLTB Tanah Laut ini akan dilaksanakan di pegunungan Meratus dan sedang dilakukan studi kelayakan potensial untuk dapat menghasilkan tenaga listrik dominan di kawasan pantai lepas Tanah Laut. Namun, pembangunan PLTB Tanah laut di IKN ini juga memiliki beberapa tantangan yang perlu diatasi, seperti kecepatan angin yang fluktuatif, biaya investasi yang tinggi, dan ketersediaan lahan. Dengan perencanaan matang, mitigasi dampak yang efektif, dan partisipasi aktif semua pihak, PLTB di IKN berpotensi menjadi sumber energi yang berkelanjutan dan pendorong kemajuan ekonomi dan sosial di wilayah tersebut.

Berdasarkan penelitian oleh Purwanto et al. (2023), dalam penelitiannya mengenai PLTB disimpulkan bahwa potensi angin yang berada di Kalimantan Timur masuk dalam kategori lembut (*gentle breeze*), sehingga potensi pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) sangat kecil dan berpusat pada daerah pesisir saja. Oleh karena itu, di perlukan pengembangan PLTB yang direkomendasikan adalah skala mikro dengan sistem hybrid yang menggabungkan sumber tenaga listrik lainnya. PLTB ini akan berfungsi sebagai pembangkit listrik sekunder dengan daya berkisar antara 300-700 W per turbin, yang didukung oleh sumber daya listrik primer untuk digunakan saat kondisi angin tidak mencukupi. Dengan demikian, meskipun ada potensi energi angin, kontribusinya terhadap capaian pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) di Kalimantan Timur akan tetap terbatas dan membutuhkan dukungan dari sumber energi lain.

Potensi PLTB skala mikro di Kalimantan

Untuk meningkatkan diversitas EBT, pembangunan PLTB skala mikro menjadi sangat diperlukan. PLTB skala mikro adalah jenis pembangkit listrik angin dengan kapasitas daya yang sangat kecil, biasanya di bawah 100 kilowatt (kW). Pembangkit ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang lebih terbatas, seperti rumah tangga, peternakan, atau bangunan komersial kecil. Terdapat dua jenis PLTB Mikro yang bisa dipertimbangkan, yaitu perlu dibuatnya PLTB berbasis mikro *hybrid*.

Gambar 5. PLTB di Kampung Kalihi



Sumber: Max FM Waingapu

Pembangkit listrik tenaga angin *hybrid* merujuk pada sistem yang memanfaatkan energi angin sebagai sumber utama, namun juga menggabungkan elemen-elemen lain untuk meningkatkan efisiensi, keandalan, dan ketersediaan energi. Tujuan hybridisasi ini adalah untuk mengatasi tantangan yang berkaitan dengan sifat fluktuatif energi angin, seperti perubahan kecepatan angin dan ketidakpastian cuaca. Contoh di Indonesia adalah PLTB Off-grid di kampung Kalihi yang hybrid dengan PLTS. Di kampung Kalihi, Kamanggi, Kabupaten Sumba Timur, Nusa Tenggara Timur terdapat 20 kincir angin, masing-masing menghasilkan daya 500



watt, dengan total output 10 kilowatt. PLTB ini hybrid dengan PLTS berkapasitas 1 KW, sehingga ketika angin berhenti, listrik tetap mengalir.

Tantangan dalam Pembangunan PLTB Skala Mikro

Dalam penentuan lokasi, diperlukan survei yang memadai mengenai kondisi angin di daerah tersebut, meskipun tidak serumit survei untuk PLTB skala besar. Lokasi biasanya juga berada di daerah terpencil di mana jaringan listrik utama (Grid) tidak dapat menjangkau. Perawatan fasilitas PLTB skala kecil biasanya dilakukan secara swadaya oleh masyarakat sekitar. Oleh karena itu, diperlukan edukasi kepada masyarakat mengenai perawatan fasilitas yang ada, termasuk juga beberapa perbaikan yang bisa dikerjakan secara mandiri. Dari sisi skala ekonomi, pembangkit listrik angin skala kecil mungkin menghadapi tantangan dalam mencapai skala ekonomi yang memadai. Karena produksi listrik yang lebih rendah, biaya per kWh yang dihasilkan dapat lebih tinggi dibandingkan dengan pembangkit skala besar. Hal ini juga bisa berpengaruh terhadap ketertarikan investor untuk ikut menanamkan investasi di proyek ini.

Pembahasan

Konsep KPI KIPP IKN memiliki tiga pilar utama yang mencakup kesejahteraan masyarakat, ekologis dan preservasi lingkungan alami, serta konektivitas kawasan atau transportasi (Republik Indonesia, 2022). Dalam aspek kesejahteraan masyarakat, upaya dilakukan untuk memastikan akses pelayanan dasar dalam waktu 10 menit, alokasi hunian yang seimbang untuk berbagai kelompok pendapatan, serta adanya ruang publik yang inklusif dan responsif terhadap keberagaman gender dan budaya. Sedangkan dalam upaya menjaga ekologis dan lingkungan alami, tujuan utamanya adalah memperluas ruang terbuka dan area hijau, melakukan konservasi tanaman lokal dengan persentase yang ditetapkan, memastikan populasi yang dilayani dengan akses taman kota, dan mencapai target net zero emisi dengan optimasi iklim mikro. Terakhir, dalam hal konektivitas kawasan dan transportasi, fokusnya adalah meningkatkan penggunaan transportasi publik, memastikan konektivitas yang baik antara pengembangan kota dengan layanan transportasi publik, serta meminimalkan jarak antara kawasan perkotaan dengan titik transportasi publik. Selain itu, integrasi fisik, jadwal, informasi, dan pembiayaan melalui sistem transportasi cerdas juga menjadi prioritas dalam mencapai tujuan ini.

Kebutuhan energi di Kalimantan akan meningkat signifikan setelah wilayah tersebut ditetapkan sebagai Ibu Kota Negara baru Indonesia. Kebutuhan ini akan muncul seiring dengan dimulainya proyek pembangunan ibu kota baru dan akan terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan aktivitas kota, industri, dan pembangunan lainnya, termasuk di daerah sekitarnya. Kebutuhan listrik di kota pemerintahan baru akan dipicu oleh aktivitas perkantoran dan pemukiman pegawai pemerintah, serta layanan pendukung seperti pendidikan, rumah sakit, pusat perbelanjaan, dan lain-lain. Sebelum industri manufaktur berkembang pesat dan mendekati Kalimantan, selain karena fungsinya sebagai ibu kota, posisi geografisnya yang strategis dekat dengan negara-negara industri di Asia Timur juga menjadi faktor penting. Kebutuhan industri untuk mengoperasikan infrastruktur ibu kota baru seperti pelabuhan, bandara, dan fasilitas lainnya juga akan meningkat dengan cepat.

Ketika Kalimantan menjadi pusat pemerintahan Republik Indonesia, ini akan menimbulkan permintaan besar untuk berbagai jenis energi. Tantangan untuk memenuhi kebutuhan energi di Kalimantan harus diatasi. Namun, perlu diperhatikan persyaratan pengembangan dan pemanfaatan energi yang semakin berkembang, seperti yang ditetapkan dalam kebijakan Pembangunan Rendah Karbon, Tujuan Pembangunan Berkelanjutan, Kalimantan Hijau, dan sebagainya. Persyaratan ini harus diterapkan dalam hal pasokan energi, terutama dalam pembangkitan dan transformasi energi, bahkan di sektor-sektor lain seperti transportasi, industri, rumah tangga, kantor, dan sebagainya. Dalam mendukung kebijakan transfer IKN, strategi peningkatan energi yang spesifik diperlukan. seperti, pengembangan



pembangkit listrik tenaga air skala besar di Kalimantan dapat dimulai dengan memanfaatkan Sungai Kayan di Kalimantan Utara dan membangun jaringan transmisi yang menghubungkannya dengan sistem transmisi Kalimantan. Sungai besar lainnya seperti Kapuas, Mahakam, dan Barito juga bisa dikembangkan untuk mendukung kelistrikan di IKN dan kawasan industri di Kalimantan, pembangunan dan penggunaan energi bersih sangat diperlukan. Kalimantan harus membangun banyak pembangkit listrik dari sumber energi terbarukan seperti biomassa dari hutan luas dan tenaga surya yang melimpah. Gas alam, yang lebih efisien dan ramah lingkungan, juga perlu dikembangkan lebih intensif untuk rumah tangga, industri, dan pembangkit listrik, dan penguatan jaringan transmisi listrik interkoneksi di Kalimantan sangat penting. Jaringan Kalimantan Timur perlu dihubungkan dengan Kalimantan Barat untuk membentuk jaringan interkoneksi yang kuat, mengurangi ketergantungan impor listrik dari Sarawak. Jaringan jalan raya dan pelayaran Trans Kalimantan juga bisa dimanfaatkan sebagai infrastruktur distribusi energi, terutama batu bara dan minyak bumi (Friederich & van Leeuwen, 2017).

Implementasi program dan pembangunan pembangkit listrik di IKN Nusantara menghadapi sejumlah tantangan yang perlu diatasi. Salah satu permasalahan utama adalah aksesibilitas dan ketersediaan sumber daya. Misalnya, pengembangan PLTA skala besar memerlukan pembangunan infrastruktur seperti bendungan dan jaringan transmisi di daerah terpencil di Kalimantan yang memakan waktu lama dan biayanya sangat mahal. Selain itu, pembangunan bendungan besar juga memiliki dampak lingkungan yang signifikan, seperti hilangnya habitat alami dan perpindahan penduduk, yang harus dipertimbangkan dengan sangat hati-hati. Kalimantan memang memiliki potensi besar untuk energi terbarukan seperti biomassa dan tenaga surya, tetapi teknologi untuk memanfaatkan sumber daya ini secara efisien dan ekonomis masih dalam tahap pengembangan. Fluktuasi dari sumber energi terbarukan seperti tenaga surya dan angin dapat menjadi tantangan dalam menjaga stabilitas pasokan listrik. Selain itu, infrastruktur pipa gas alam yang diperlukan untuk mendistribusikan gas alam ke IKN dan wilayah sekitarnya belum tersedia, dan ketersediaan serta harga gas alam di masa depan masih belum pasti.

Koordinasi dan integrasi antara berbagai lembaga juga menjadi tantangan signifikan. Implementasi program dan pembangunan pembangkit listrik membutuhkan koordinasi yang kuat antara berbagai lembaga pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat lokal. Perencanaan tata ruang yang matang juga diperlukan untuk mengintegrasikan pembangunan pembangkit listrik dengan infrastruktur lainnya, seperti transportasi dan permukiman. Selain itu, penting untuk mendapatkan dukungan dan partisipasi masyarakat lokal dalam proses pengambilan keputusan terkait pembangunan pembangkit listrik.

Tantangan lainnya adalah terkait pembiayaan dan investasi. Pembangunan pembangkit listrik, terutama PLTA skala besar, membutuhkan investasi awal yang besar, yang menarik investasi dari sektor swasta menjadi sangat menantang, terutama di daerah terpencil seperti Kalimantan. Oleh karena itu, diperlukan mekanisme pendanaan yang inovatif dan berkelanjutan untuk memastikan pembiayaan jangka panjang program dan pembangunan pembangkit listrik.

Dampak lingkungan juga merupakan isu kritis yang harus diperhatikan. Pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil seperti batu bara dan gas alam dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca dan polutan udara lainnya. Teknologi pengolahan emisi yang efektif perlu diterapkan untuk meminimalkan dampak lingkungan ini. Selain itu, perubahan iklim dapat mempengaruhi ketersediaan sumber daya air untuk PLTA dan menyebabkan fluktuasi sumber energi terbarukan. Oleh karena itu, strategi adaptasi perubahan iklim perlu diintegrasikan dalam perencanaan pembangunan pembangkit listrik.

Ketahanan energi juga menjadi perhatian penting. Membangun infrastruktur energi yang mandiri dan tahan terhadap gangguan eksternal, seperti ketergantungan pada impor energi



dari negara lain, sangatlah penting. Diversifikasi sumber energi dan pengembangan penyimpanan energi dapat membantu meningkatkan ketahanan energi IKN Nusantara, memastikan pasokan energi yang stabil dan berkelanjutan untuk mendukung pemindahan IKN ke Kalimantan.

PENUTUP

Simpulan

Pemanfaatan energi terbarukan dalam pembangunan IKN sangat krusial untuk mewujudkan visi kota pintar yang inklusif, aman, tahan bencana, dan berkelanjutan. Meskipun demikian, upaya ini menghadapi berbagai tantangan, seperti infrastruktur yang belum sepenuhnya tersedia dan biaya pemasangan yang tinggi. Selain itu, integrasi sumber energi terbarukan menjadi kunci untuk mencapai target netralitas karbon pada tahun 2060, menjadikan hal ini sebagai prioritas utama dalam perencanaan dan pembangunan IKN.

Saran

Peningkatan kesadaran masyarakat terkait pemanfaatan energi terbarukan dan keberlanjutan dalam pembangunan IKN sangat penting. Edukasi publik tentang manfaat jangka panjang energi terbarukan dan dampaknya terhadap lingkungan dapat mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam mendukung transisi energi ini. Selain itu, pemerintah dan pemangku kepentingan lainnya perlu bekerja sama untuk mengatasi berbagai tantangan, seperti infrastruktur yang belum sepenuhnya tersedia dan biaya pemasangan teknologi energi terbarukan yang tinggi. Kolaborasi ini bisa melibatkan penyediaan insentif finansial, pengembangan teknologi yang lebih terjangkau, serta investasi dalam penelitian dan pengembangan untuk menciptakan solusi inovatif yang mendukung keberlanjutan jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Augesti, A., Wibisono, G., Rayyan, & Vikry, R. (2024). Melihat lebih dekat PLTS di IKN berkekuatan 50 megawatt. Antara. antaranews.com/video/3967185/melihat-lebih-dekat-plts-di-ikn-berkekuatan-50-megawatt
- Baharuddin, T., Nurmandi, A., Qodir, Z., & Jubba, H. (2022). Bibliometric Analysis of Socio-Political Research on Capital Relocation: Examining Contributions to the Case of Indonesia. *Journal of Local Government Issues (LOGOS)*, 5(1), 17–31. <https://doi.org/10.22219/logos.v5i1.19468>
- BPS. (2024). Ekonomi Indonesia Triwulan I-2024 Tumbuh 5,11 Persen (Y-on-Y) dan Ekonomi Indonesia Triwulan I-2024 Terkontraksi 0,83 Persen (Q-to-Q). <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2024/05/06/2380/ekonomi-indonesia-triwulan-i-2024-tumbuh-5-11-persen--y-on-y--dan-ekonomi-indonesia-triwulan-i-2024-terkontraksi-0-83-persen--q-to-q-.html>
- Devega, E. (2017). Langkah Menuju “100 Smart City”. Kominfo. https://www.kominfo.go.id/content/detail/11656/langkahmenuju-100-smart-city/0/sorotan_media
- Friederich, M. C., & van Leeuwen, T. (2017). A review of the history of coal exploration, discovery and production in Indonesia: The interplay of legal framework, coal geology and exploration strategy. *International Journal of Coal Geology*, 178, 56-73. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2017.04.007>
- Gavin. (2022). Smart City: Smart Story?. Smart City Hub. <https://smartcityhub.com/governance-economy/smart-city-smart-story/>



- Ichwan, M., Reskiani, U., & Makmur, A. N. A. F. (2022). Green Economy: Bentuk Pengoptimalan Konsep Forest City dalam Rencana Pembangunan Ibu Kota Negara. *Jurnal Legislatif*, 5(2), 115–125. <https://doi.org/10.20956/jl.v5i2.21100>.
- Jumina & Wijaya, K. (2012). RENEWABLE ENERGY RESOURCES (RES). Pusat Studi Energi Universitas Gadjah Mada. <https://pse.ugm.ac.id/renewable-energy-resources/>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2021). Menteri ESDM : Perlu Upaya Konkrit dan Terencana Capai Target Bauran 23% Di Tahun 2025. Direktorat Jendral Energi Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE). <https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/12/15/3038/menteri.esdm.perlu.upaya.konkrit.dan.terencana.capai.target.bauran.23.di.tahun.2025>
- Kementerian Komunikasi dan Informatika. (2019). Ibu Kota Negara Pindah ke Wilayah Penajam Paser Utara dan Kutai Kartanegara. Kominfo. <https://www.kominfo.go.id/content/detail/20899/ibu-kota-negara-pindah-ke-wilayah-penajam-paser-utara-dan-kutai-kartanegara/0/berita>
- Latifah, A. J., Boedoyo, M. S., & Yoegiantoro, D. (2021). Analisis Pemanfaatan Energi Terbarukan di Calon Ibukota Negara Provinsi Kalimantan Timur dengan Metode Analytical Hierarchy Proess untuk Ketahanan Energi. *Jurnal Ketahanan Energi*, 7(2), 77–84.
- Mokhtar, F., & Rahadiana, R. (2022). Indonesia Breaks Ground on Nusantara as Jakarta Sinks. Bloomberg. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-08-02/indonesia-breaks-ground-on-nusantara-as-jakarta-sinks>
- Peris-Ortiz, M., Bennett, D. R., & Yábar, D. P.-B. (2016). *Sustainable Smart Cities: Creating Spaces for Technological, Social and Business Development*. Springer.
- Permatasari, T. Dwimawanti, H. I., & Herawati, R. A. (2023). Analysis of the Policy of Moving the National Capital (IKN) with an Energy Increase Strategy: Readiness of Economic and Public Administration Aspects. *International Journal of Sustainable Development & Future Society*, 1 (1), 30-36. <https://doi.org/10.62157/ijstdfs.v1i1.5>
- Pranitha, G. A. D. A., & Lubis, N. (2018). Studi Perencanaan Pusat Listrik Tenaga Surya Off Grid 50 kWp. *SINUSOIDA*, 20(3), 14-20.
- Purwanto, A., Yulianti, D., Sulastri, Y., & Wijayaingtyas, C. T. (2023). EVALUASI ENERGI BARU & TERBARUKAN (EBT) BERBASIS BAYU UNTUK KALIMANTAN TIMUR. *Jurnal Analis Kebijakan*, 7(2), 136-152. <https://doi.org/https://doi.org/10.37145/jak.v7i2.656>
- Raharjo, B. (2021). PLTA Kayan Cascade Segera Dikembangkan. *Republika*. <https://news.republika.co.id/berita/qy0ttz415/plta-kayan-cascade-segera-dikembangkan>.
- Republik Indonesia. (2022). Peraturan Presiden No.63 Tahun 2022 tentang Perincian Rencana Induk Ibu Kota Nusantara. Jakarta.
- Rifaid, R., Abdurrahman, A., Baharuddin, T., & Kusuma, B. M. A. (2023). Smart city development in the new Capital City: Indonesian government plans. *Journal of Contemporary Governance and Public Policy*, 4(2), 115-130. <https://doi.org/10.46507/jcgpp.v4i2.141>
- Sidik, A. Lumbantobing, H., Indrawan, B., Edwinanto, E. Putra, Y., Imamulhak, Y., Rinaldi, R. (2023). Studi Potensi Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) untuk Mendukung Sistem Ketenagalistrikan di Wilayah IKN. *Jurnal Sistem Komputer dan Kecerdasan Buatan*, 6(2), 137-144. <https://doi.org/10.47970/siskom-kb.v6i2.379>
- Syailendra, M., & Hanggono, A. S. (2024). Analysis of the Impact Study of the Inclusive and Sustainable Development of the Smart City of the Indonesian



- Archipelago Capital (IKN): Mix Methods Study. *Arkus*, 10(2), 542-547.
<https://doi.org/10.37275/arkus.v10i2.541>
- Suwarsono, So, A. Y.. (1991). *Perubahan Sosial dan Pembangunan di Indonesia: Teori-teori Modernisasi, Dependensi dan Sistem Dunia*. Lembaga Penelitian, Pendidikan dan Penerangan Ekonomi dan Sosial.
- Tamrin, T. (2018, January). KAJIAN POTENSI ENERGI SUNGAI KHAYAN SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR DI KALIMANTAN UTARA. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi, Inovasi dan Aplikasi di Lingkungan Tropis* (Vol. 1, No. 1, pp. 46-52).