

Kontribusi Energi Hijau terhadap Bio-Ekonomi: Analisis Aspek Finansial dan Lingkungan

Cut Rusmina¹, Syaifuddin Yana^{2*}, Khairuna³, Ulfia⁴, Rahmi⁵, Nelly⁶

^{1,3,4,5}Program Studi Akuntansi, Fakultas Ekonomi, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

^{2,6}Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

*Koresponden email: syaifuddin.yana@serambimekkah.ac.id

Diterima: 25 Maret 2024

Disetujui: 2 April 2024

Abstract

This article examines green energy's financial and environmental impact on the bio-economy. Renewable energy sources like solar, wind, and biomass can address climate change and fossil fuel dependence. This article uses literature analysis, case studies of green energy implementation in various nations, and empirical data on green energy's financial and environmental implications. Long-term operational cost savings from green energy technology investments and their investment potential and economic advantages. Other benefits of renewable energy include lowering greenhouse gas emissions and improving air quality. The long-term implications of green energy adoption on the bio-economy are unknown, and more research is needed to determine the best strategies to promote green energy adoption. Thus, this review on green energy, bi-economics, and financial and environmental analysis should be instructive. This study should reveal how green energy can boost the bio-economy and solve global economic and environmental issues. This study should also improve policy suggestions and implementation tactics to optimize green energy advantages within a bio-economic framework.

Keywords: *green energy, bio-economy, fossil energy, economic issues, finances*

Abstrak

Artikel ini bertujuan untuk menganalisis kontribusi energi hijau terhadap bio-ekonomi dengan fokus pada aspek finansial dan lingkungan. Energi hijau, termasuk energi surya, angin, dan biomassa, menawarkan solusi berkelanjutan untuk tantangan perubahan iklim dan ketergantungan pada bahan bakar fosil. Metode penulisan yang digunakan dalam artikel ini meliputi analisis literatur, studi kasus implementasi energi hijau di berbagai negara, dan evaluasi data empiris tentang dampak finansial dan lingkungan dari penggunaan energi hijau. Penghematan biaya operasional jangka panjang dari investasi dalam teknologi energi hijau dan potensi investasi serta keuntungan ekonomi jangka panjang yang ditawarkannya. Disamping itu, dampak positif energi terbarukan terhadap lingkungan, termasuk pengurangan emisi gas rumah kaca dan peningkatan kualitas udara. Kurangnya data empiris tentang efek jangka panjang dari penerapan energi hijau pada bio-ekonomi dan perlunya penelitian lebih lanjut mengenai kebijakan yang paling efektif dalam mendorong adopsi energi hijau. Oleh karena itu, kontribusi review ini terkait energi hijau dan bi-ekonomi dan serta analisis aspek finansial dan lingkungan diharapkan dapat bermanfaat. Studi ini diharapkan dapat memberikan wawasan mendalam mengenai bagaimana integrasi energi hijau dapat memperkuat bio-ekonomi dan memberikan solusi berkelanjutan bagi tantangan ekonomi dan lingkungan global. Selanjutnya, studi ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi kebijakan yang lebih baik dan strategi implementasi yang lebih efektif untuk memaksimalkan manfaat energi hijau dalam kerangka bio-ekonomi.

Kata Kunci: *energi hijau, bio-ekonomi, energi fosil, tantangan ekonomi, aspek finansial*

1. Pendahuluan

Dalam konteks global saat ini, energi hijau telah menjadi fokus utama sebagai solusi untuk menghadapi tantangan perubahan iklim dan ketergantungan pada bahan bakar fosil [1]. Energi hijau mencakup berbagai sumber energi terbarukan seperti energi surya, angin, biomassa, dan hidro, yang menawarkan alternatif berkelanjutan dibandingkan dengan sumber energi konvensional [2]. Pertumbuhan energi hijau tidak hanya penting untuk menjaga kelestarian lingkungan, tetapi juga memiliki dampak signifikan terhadap ekonomi global, khususnya dalam kerangka bio-ekonomi [3]. Bio-ekonomi mengacu pada penggunaan sumber daya biologis untuk memproduksi energi, bahan, dan produk lainnya dengan cara yang lebih efisien dan berkelanjutan [4].

Beberapa literatur menunjukkan bahwa penerapan energi hijau dapat menghasilkan keuntungan finansial yang signifikan [5]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa energi hijau dapat menciptakan

lapangan kerja, meningkatkan pendapatan, dan mengurangi biaya energi [6]. Selain itu, literatur juga mengkaji dampak lingkungan dari energi hijau, termasuk pengurangan emisi karbon dan konservasi sumber daya alam. Studi-studi ini memberikan bukti empiris yang mendukung pentingnya transisi menuju energi hijau dalam mencapai tujuan bio-ekonomi [7]. Analisis dari beberapa literatur mengidentifikasi kesenjangan dalam penelitian sebelumnya, seperti kurangnya data empiris mengenai efek jangka panjang dari penerapan energi hijau pada bio-ekonomi dan perlunya penelitian lebih lanjut mengenai kebijakan yang paling efektif dalam mendorong adopsi energi hijau [8]. Penelitian yang ada menyoroti kebutuhan terhadap data yang lebih komprehensif dan analisis yang lebih mendalam untuk memahami dampak penuh dari energi hijau dalam konteks bio-ekonomi.

Studi ini diharapkan dapat mengisi kesenjangan literatur. Disamping itu juga, diharapkan dapat memberikan rekomendasi kebijakan yang lebih baik dan strategi implementasi yang lebih efektif untuk memaksimalkan manfaat energi hijau dalam kerangka bio-ekonomi. Hasil yang diharapkan adalah terciptanya pemahaman yang komprehensif mengenai dampak finansial dan lingkungan dari energi hijau, serta panduan praktis bagi pembuat kebijakan dan pelaku industri dalam mengembangkan strategi berkelanjutan di masa depan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan dasar ilmiah yang kuat bagi pengambilan keputusan, tetapi juga dapat membantu mendorong adopsi luas energi hijau demi masa mendatang yang lebih berkelanjutan dan sejahtera.

2. Metode Kajian Literatur

Metode kajian literatur yang digunakan dalam studi ini yaitu dengan melibatkan pendekatan kualitatif melalui review literatur dan analisis data sekunder. Studi ini juga dilakukan dengan mengumpulkan dan menganalisis literatur dari berbagai sumber akademik, laporan industri, dan studi kasus yang relevan, baik dari publikasi nasional maupun internasional. Sumber data sekunder mencakup laporan dari kementerian terkait seperti Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, berita nasional dan terkait lainnya. Kajian literatur ini menelaah dampak finansial dan lingkungan dari penerapan energi hijau dalam konteks bio-ekonomi, dengan fokus pada bagaimana energi terbarukan seperti energi surya, angin, biomassa, dan hidro dapat meningkatkan efisiensi biaya, menciptakan lapangan kerja, mengurangi emisi karbon, dan mendukung pelestarian sumber daya alam. Pendekatan studi ini juga mencakup evaluasi kebijakan yang mendorong adopsi energi hijau dan identifikasi gap dalam literatur yang ada untuk memberikan rekomendasi kebijakan yang lebih baik dan strategi implementasi yang efektif.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Analisis Aspek Finansial

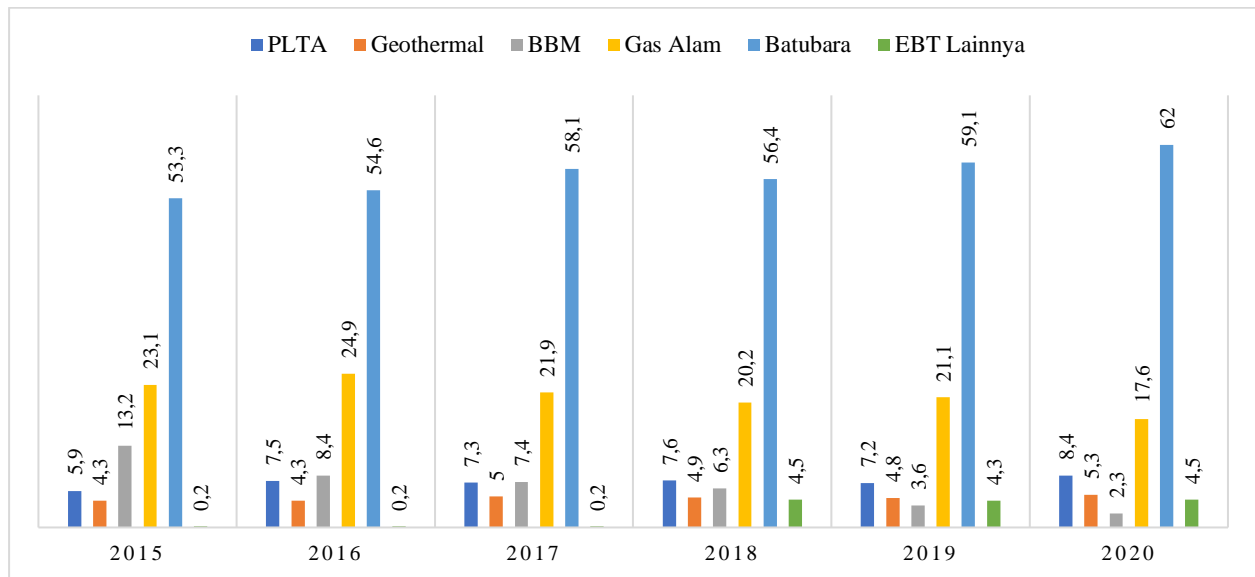
Penggunaan energi hijau dalam kerangka bio-ekonomi menawarkan berbagai manfaat finansial yang signifikan, terutama dalam hal penghematan biaya operasional jangka panjang. Investasi awal dalam teknologi energi hijau seperti panel surya, turbin angin, dan sistem biomassa mungkin memerlukan biaya yang cukup besar [9]. Namun, teknologi ini dapat menghasilkan penghematan biaya operasional yang substansial seiring berjalannya waktu. Sebagai ilustrasinya, panel surya dan turbin angin tidak memerlukan bahan bakar untuk menghasilkan listrik, sehingga menghilangkan biaya bahan bakar yang seringkali menjadi komponen terbesar dalam operasi pembangkit listrik konvensional. Selain itu, teknologi energi hijau cenderung memiliki biaya pemeliharaan yang lebih rendah dibandingkan dengan pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil, karena mereka memiliki lebih sedikit bagian yang bergerak dan lebih sedikit risiko kerusakan besar [10]. Dengan demikian, meskipun investasi awal tinggi, penghematan jangka panjang dapat mencapai tingkat yang signifikan, membuat energi hijau menjadi pilihan yang lebih ekonomis dalam jangka panjang.

Potensi investasi dan keuntungan ekonomi jangka panjang dari energi hijau juga sangat menarik [11]. Energi hijau tidak hanya menawarkan penghematan biaya operasional tetapi juga peluang investasi yang menguntungkan [12]. Pasar energi hijau terus berkembang dengan cepat, didorong oleh peningkatan kesadaran lingkungan dan kebijakan pemerintah yang mendukung [13]. Investasi dalam proyek energi hijau dapat menghasilkan pengembalian yang menarik karena peningkatan permintaan terhadap energi bersih. Selain itu, perusahaan yang berinvestasi dalam energi hijau sering kali dapat menikmati insentif pajak dan subsidi dari pemerintah, yang dapat lebih meningkatkan profitabilitas proyek mereka. Investasi dalam energi hijau tidak hanya berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan tetapi juga menawarkan peluang ekonomi yang signifikan, menjadikannya pilihan yang menarik bagi investor dan perusahaan yang mencari keuntungan jangka panjang.

Salah satu contoh kasus proyek tenaga surya seperti di Gujarat, India. Pemerintah Gujarat berinvestasi besar-besaran dalam pembangkit listrik tenaga surya untuk mengurangi ketergantungan pada

bahan bakar fosil dan mengatasi masalah kekurangan listrik di daerah pedesaan. Proyek ini tidak hanya menghasilkan listrik yang bersih tetapi juga memberikan penghematan biaya operasional yang signifikan. Misalnya, pembangkit listrik tenaga surya di Charanka Solar Park, yang merupakan salah satu taman surya terbesar di Asia, telah berhasil mengurangi biaya listrik bagi masyarakat setempat serta menciptakan lapangan kerja baru di sektor energi terbarukan. Selain itu, proyek ini mendapatkan berbagai insentif dan subsidi dari pemerintah, yang membantu meningkatkan profitabilitasnya.

Di Indonesia, praktek pemanfaatan energi fosil masih cenderung mendominasi, khususnya dalam pembangkit listrik. Berikut ilustrasi penggunaan energi baik energi fosil maupun energi terbarukan. Pemanfaat energi pembangkit listrik, masih didominasi energi yang bersumber dari batubara, dimana pemanfaatannya cenderung meningkat dari tahun 2015 sampai tahun 2020.



Gambar 1. Kontribusi Pembangkit Listrik Berdasarkan Sumber Pembangkit
Sumber: [14]

Pemanfaatan energi fosil dan energi terbarukan untuk pembangkit tenaga listrik di Indonesia mencerminkan upaya negara untuk menyeimbangkan kebutuhan energi yang meningkat dengan keberlanjutan lingkungan. Sumber energi fosil, seperti batubara dan gas alam, masih mendominasi pembangkit listrik di Indonesia karena ketersediaannya yang melimpah dan infrastruktur yang sudah mapan. Namun, pemerintah Indonesia juga telah meningkatkan investasi dalam energi terbarukan, seperti tenaga surya, angin, dan hidro, untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi karbon [15]. Langkah ini tidak hanya bertujuan untuk mencapai target energi berkelanjutan, tetapi juga untuk memanfaatkan potensi alam Indonesia yang kaya akan sumber daya terbarukan.

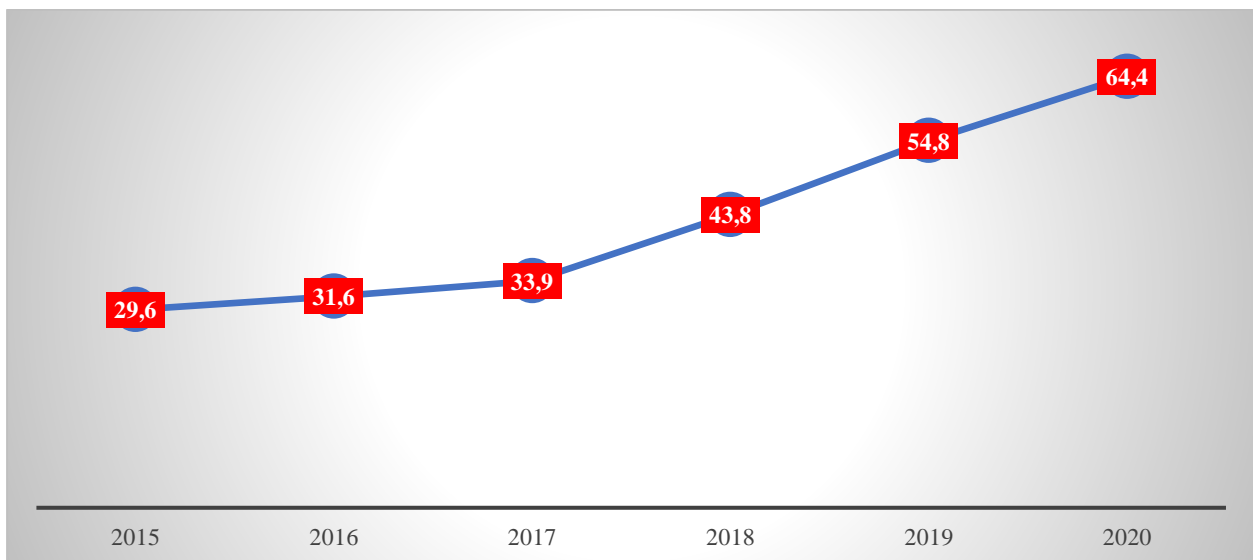
3.2 Analisis Aspek Lingkungan

Penggunaan energi hijau dalam kerangka bio-ekonomi memiliki dampak positif yang signifikan terhadap lingkungan [16]. Salah satu manfaat utama dari energi hijau adalah pengurangan emisi gas rumah kaca yang berkontribusi pada perubahan iklim. Teknologi energi hijau seperti panel surya, turbin angin, dan biomassa menghasilkan sedikit atau bahkan nol emisi karbon selama proses produksinya, berbeda dengan pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil yang mengeluarkan sejumlah besar karbon dioksida dan gas rumah kaca lainnya [17]. Pengurangan emisi ini sangat penting untuk mengurangi dampak negatif perubahan iklim, seperti peningkatan suhu global, naiknya permukaan air laut, dan cuaca ekstrem.

Selain pengurangan emisi gas rumah kaca, energi hijau juga berkontribusi pada peningkatan kualitas udara. Pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil sering kali menghasilkan polutan udara seperti sulfur dioksida, nitrogen oksida, dan partikel-partikel halus yang dapat menyebabkan masalah kesehatan serius, termasuk penyakit pernapasan dan kardiovaskular [18]. Dengan beralih ke energi hijau, emisi polutan ini dapat dikurangi secara signifikan, sehingga meningkatkan kualitas udara dan kesehatan masyarakat. Dampak positif lainnya terhadap lingkungan hidup termasuk konservasi sumber daya alam dan perlindungan ekosistem. Energi hijau, terutama yang berbasis biomassa, dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi tekanan pada ekosistem yang rentan.

Penerapan energi hijau di Jerman melalui program Energiewende (peralihan energi). Program ini telah berhasil mengurangi ketergantungan Jerman pada bahan bakar fosil dan nuklir, serta meningkatkan penggunaan energi terbarukan seperti angin, matahari, dan biomassa. Hasilnya, Jerman telah berhasil mengurangi emisi gas rumah kaca secara signifikan. Pada tahun 2019, emisi CO₂ Jerman turun sekitar 6,3% dibandingkan tahun sebelumnya, berkat peningkatan penggunaan energi terbarukan. Selain itu, kualitas udara di kota-kota besar seperti Berlin dan Munich mengalami peningkatan karena penurunan emisi polutan dari pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil.

Penurunan emisi rumah kaca mengalami tren yang membaik (dalam kurun waktu 2015 -2022). Tren meningkat menjadi dampak yang membaik bagi lingkungan secara umum. Emisi gas rumah kaca (GRK) di Indonesia merupakan salah satu tantangan utama dalam upaya mitigasi perubahan iklim, dengan sektor energi dan kehutanan sebagai penyumbang terbesar. Upaya penurunan emisi terus dilakukan melalui berbagai inisiatif dan kebijakan untuk mencapai target yang ditetapkan dalam Nationally Determined Contributions (NDCs).



Gambar 2. Capaian Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Energi dan Sumber Daya Mineral
 Sumber: [19]

Emisi gas rumah kaca (GRK) di Indonesia merupakan tantangan signifikan dalam upaya mitigasi perubahan iklim, dengan sektor energi dan kehutanan sebagai penyumbang terbesar. Pada tahun 2021, Indonesia berhasil menurunkan emisi GRK di sektor energi sebesar 70 juta ton CO₂e, melampaui target yang ditetapkan. Upaya ini termasuk peningkatan penggunaan energi terbarukan, efisiensi energi, dan teknologi bersih. Dampaknya terhadap lingkungan tetap serius, termasuk peningkatan suhu rata-rata, perubahan pola cuaca, dan peningkatan frekuensi bencana alam seperti banjir dan kekeringan, yang berdampak pada ekosistem dan kehidupan manusia. Langkah-langkah mitigasi yang berkelanjutan sangat penting untuk mengurangi dampak negatif ini dan mencapai target iklim jangka panjang.

3.3 Pendekatan Implementasi Teknologi Energi Hijau

Salah satu contoh sukses implementasi teknologi energi hijau adalah proyek Charanka Solar Park di Gujarat, India. Charanka Solar Park adalah salah satu taman surya terbesar di Asia dan merupakan bagian dari inisiatif pemerintah Gujarat untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengatasi kekurangan listrik di daerah pedesaan [20]. Proyek ini mencakup lebih dari 5.000 hektar dan memiliki kapasitas produksi listrik lebih dari 600 MW. Dampaknya terhadap masyarakat dan lingkungan sangat signifikan. Dari segi lingkungan, Charanka Solar Park telah mengurangi emisi gas rumah kaca secara substansial, yang berkontribusi pada upaya global untuk mengurangi dampak perubahan iklim. Dari sisi ekonomi, proyek ini telah menciptakan banyak lapangan kerja, baik langsung maupun tidak langsung, meningkatkan pendapatan masyarakat lokal, dan mengurangi biaya listrik bagi rumah tangga dan industri di sekitar wilayah tersebut.

Implementasi proyek Charanka Solar Park tidak terlepas dari berbagai tantangan. Salah satu tantangan utama adalah masalah pendanaan, mengingat investasi awal yang dibutuhkan sangat besar. Untuk mengatasi ini, pemerintah Gujarat bekerja sama dengan sektor swasta dan organisasi internasional untuk

mendapatkan dana dan insentif yang diperlukan. Tantangan lainnya adalah resistensi dari masyarakat lokal yang khawatir terhadap kehilangan lahan dan sumber penghidupan. Untuk mengatasi ini, pemerintah mengadakan dialog dengan komunitas lokal, menawarkan kompensasi yang adil, dan memberikan pelatihan keterampilan baru yang relevan dengan proyek energi terbarukan. Selain itu, tantangan teknis seperti integrasi teknologi baru dan infrastruktur juga dihadapi. Pemerintah dan pengembang proyek bekerja sama dengan para ahli teknologi dan infrastruktur untuk memastikan implementasi yang lancar dan efektif.

3.4 Tantangan dalam Adopsi Energi Hijau

Salah satu tantangan utama dalam adopsi energi hijau adalah infrastruktur yang belum matang dan biaya investasi awal yang tinggi [21]. Infrastruktur energi yang ada sering kali dirancang untuk mendukung pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil, sehingga membutuhkan pembaruan atau bahkan pembangunan baru untuk mengakomodasi teknologi energi terbarukan [21]. Misalnya, jaringan distribusi listrik perlu ditingkatkan untuk menangani variabilitas energi yang dihasilkan oleh panel surya dan turbin angin. Selain itu, penyimpanan energi yang efisien seperti baterai skala besar juga diperlukan untuk memastikan pasokan energi yang stabil dan berkelanjutan. Biaya investasi awal yang tinggi juga menjadi hambatan signifikan. Teknologi energi hijau, meskipun lebih murah dalam jangka panjang, memerlukan biaya awal yang besar untuk instalasi dan infrastruktur pendukung. Hal ini dapat menjadi penghalang bagi banyak negara dan perusahaan yang memiliki keterbatasan anggaran, terutama di negara-negara berkembang.

Ketidakpastian regulasi dan kebijakan merupakan hambatan utama lainnya dalam adopsi energi hijau. Kebijakan pemerintah yang tidak konsisten atau berubah-ubah dapat menghalangi investasi dalam teknologi energi terbarukan. Investor dan perusahaan membutuhkan kepastian jangka panjang mengenai insentif, subsidi, dan regulasi lingkungan untuk membuat keputusan investasi yang berisiko tinggi. Misalnya, perubahan mendadak dalam kebijakan subsidi untuk energi terbarukan dapat mengganggu perencanaan keuangan proyek energi hijau dan mengurangi minat investor. Selain itu, peraturan yang tidak mendukung, seperti prosedur perizinan yang rumit dan birokrasi yang lambat, juga dapat menghambat perkembangan proyek energi terbarukan.

Sebagai ilustrasi Afrika Selatan memiliki potensi besar untuk energi surya dan angin, namun adopsi energi hijau terhambat oleh infrastruktur yang belum memadai dan biaya investasi awal yang tinggi. Proyek pembangunan jaringan distribusi energi hijau menghadapi tantangan besar dalam hal pembiayaan dan pengembangan infrastruktur. Selain itu, kebijakan pemerintah yang sering berubah-ubah mengenai insentif energi terbarukan membuat investor ragu untuk berinvestasi. Untuk mengatasi tantangan ini, pemerintah Afrika Selatan bekerja sama dengan lembaga keuangan internasional dan sektor swasta untuk menyediakan dana dan membangun infrastruktur yang diperlukan. Langkah ini termasuk perbaikan jaringan distribusi dan pembangunan fasilitas penyimpanan energi untuk memastikan pasokan energi yang stabil.

4. Kesimpulan

Energi hijau memainkan peran yang sangat penting dalam menghadapi tantangan lingkungan global saat ini, terutama dalam konteks perubahan iklim dan penurunan kualitas udara. Pengurangan emisi gas rumah kaca dan peningkatan kualitas udara yang dihasilkan dari penggunaan teknologi energi hijau seperti panel surya, turbin angin, dan biomassa adalah langkah signifikan menuju keberlanjutan lingkungan. Urgensi untuk memanfaatkan energi hijau tidak hanya didorong oleh kebutuhan untuk melestarikan lingkungan tetapi juga oleh potensi ekonomi yang ditawarkannya.

Investasi dalam bio-ekonomi energi hijau memiliki potensi besar untuk meningkatkan ketahanan ekonomi. Penghematan biaya operasional jangka panjang dari investasi dalam teknologi energi hijau, serta peluang investasi yang menguntungkan, menunjukkan bahwa energi hijau bukan hanya solusi lingkungan tetapi juga ekonomi. Peningkatan permintaan terhadap energi bersih dan insentif dari pemerintah mendorong pertumbuhan sektor ini, menciptakan lapangan kerja, dan meningkatkan pendapatan masyarakat lokal. Contoh sukses seperti Charanka Solar Park di Gujarat, India, menunjukkan bagaimana proyek energi hijau dapat memberikan manfaat ekonomi yang signifikan selain dampak positif terhadap lingkungan.

Untuk mendukung transisi ke sistem energi yang lebih berkelanjutan dan bermanfaat secara ekonomi, langkah-langkah strategis perlu diambil. Ini termasuk pengembangan infrastruktur yang memadai, seperti peningkatan jaringan distribusi dan fasilitas penyimpanan energi, serta memastikan regulasi dan kebijakan yang konsisten dan mendukung investasi dalam energi hijau. Kerjasama antara pemerintah, sektor swasta, dan lembaga keuangan internasional sangat penting untuk menyediakan dana yang diperlukan dan

mengatasi tantangan teknis. Selain itu, edukasi dan partisipasi masyarakat dalam proyek energi hijau juga krusial untuk memastikan keberlanjutan jangka panjang dan penerimaan sosial.

Secara keseluruhan, energi hijau tidak hanya memberikan solusi untuk tantangan lingkungan global tetapi juga membuka peluang besar untuk memperkuat ketahanan ekonomi melalui investasi dalam bio-ekonomi. Dengan langkah-langkah strategis yang tepat, transisi ke sistem energi yang lebih berkelanjutan dan bermanfaat secara ekonomi dapat dicapai, memberikan manfaat bagi lingkungan dan masyarakat luas.

5. Daftar Pustaka

- [1] S. Yana *et al.*, “Dampak Ekspansi Biomassa sebagai Energi Terbarukan: Kasus Energi Terbarukan Indonesia,” *J. Serambi Eng.*, vol. 7, no. 4, 2022.
- [2] K. Kasmaniar *et al.*, “Pengembangan energi terbarukan biomassa dari sumber pertanian, perkebunan dan hasil hutan: kajian pengembangan dan kendalanya,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 1, 2023.
- [3] P. Mauliza *et al.*, “Kendala Pemenuhan Suplai dan Permintaan Energi Terbarukan Biomassa Indonesia,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 3, 2023.
- [4] A. Arsyad, S. Yana, R. Radhiana, U. Ulfia, F. Fitriliana, and J. Juwita, “Kendala Teknologi, Pendanaan dan Ketersediaan Bahan Baku Biomassa dalam Pengembangan Energi Terbarukan,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 1, 2023.
- [5] J. Juwita *et al.*, “Peluang Ekspansi Energi Terbarukan Biomassa dengan Analisis SWOT,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 1, 2023.
- [6] F. Fitriliana *et al.*, “Peluang Investasi dan Pengembangan Energi Biomassa: Perspektif Pemanfaatan dan Daya Saing Pengembangannya,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 3, 2023.
- [7] N. Nelly *et al.*, “Potensi Ekonomi Energi Terbarukan Biomassa: Permasalahan dan Kendala Pengembangannya,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 3, 2023.
- [8] R. Radhiana *et al.*, “Strategi Keberlanjutan Pembangunan Energi Terbarukan Jangka Panjang Indonesia: Kasus Biomassa Energi Terbarukan di Sektor Pertanian, Perkebunan dan Kehutanan Indonesia,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 1, 2023.
- [9] E. I. Koytsoumpa, D. Magiri-Skouloudi, S. Karellas, and E. Kakaras, “Bioenergy with carbon capture and utilization: A review on the potential deployment towards a European circular bioeconomy,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 152, p. 111641, 2021.
- [10] J. K. Kaldellis and D. Boulogiorgou, “Renewable energy: Wind energy,” in *Living with Climate Change*, Elsevier, 2024, pp. 513–557.
- [11] Y. Wang and A. Xu, “Green investments and development of renewable energy projects: evidence from 15 RCEP member countries,” *Renew. Energy*, vol. 211, pp. 1045–1050, 2023.
- [12] R. Wang, S.-C. Hsu, S. Zheng, J.-H. Chen, and X. I. Li, “Renewable energy microgrids: Economic evaluation and decision making for government policies to contribute to affordable and clean energy,” *Appl. Energy*, vol. 274, p. 115287, 2020.
- [13] L. N. Proskuryakova and G. V. Ermolenko, “The future of Russia’s renewable energy sector: Trends, scenarios and policies,” *Renew. Energy*, vol. 143, pp. 1670–1686, 2019.
- [14] Datanesia, “Kontribusi Pembangkit Listrik Berdasarkan Sumber Pembangkit.” [Online]. Available: <https://datanesia.id/ketertgantungan-terhadap-energi-fosil/>
- [15] ebtke.esdm.go.id, “Energi Baru Terbarukan Berperan Besar Dalam Upaya Penurunan Emisi Di Sektor Energi.” [Online]. Available: <https://ebtke.esdm.go.id/post/2022/09/14/3260/energi.baru.terbarukan.berperan.besar.dalam.upaya.penurunan.emisi.di.sektor.energi>
- [16] B. Yadav, A. Atmakuri, S. Chavan, R. D. Tyagi, P. Drogui, and S. Pilli, “Role of bioeconomy in circular economy,” in *Biomass, Biofuels, Biochemicals*, Elsevier, 2021, pp. 163–195.
- [17] L. R. Amjith and B. Bavanish, “A review on biomass and wind as renewable energy for sustainable environment,” *Chemosphere*, vol. 293, p. 133579, 2022.
- [18] A. Ganguly *et al.*, “Air pollution, disease burden, and health economic loss,” in *Spatial Modeling of Environmental Pollution and Ecological Risk*, Elsevier, 2024, pp. 71–85.
- [19] Kompas.id, “Capaian Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Energi dan Sumber Daya Mineral.” [Online]. Available: <https://www.kompas.id/baca/riset/2021/11/25/pembangkit-energi-kunci-reduksi-emisi-grk-bagian-satu>
- [20] K. Yenneti and R. Day, “Distributional justice in solar energy implementation in India: The case of Charanka solar park,” *J. Rural Stud.*, vol. 46, pp. 35–46, 2016.
- [21] R. R. Tan, K. B. Aviso, and D. K. S. Ng, “Optimization models for financing innovations in green energy technologies,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 113, p. 109258, 2019.