

Keuntungan Bio-Ekonomi dan Lingkungan dari Energi Terbarukan: Tinjauan Komprehensif terhadap Praktik Terbaik

Mahdi¹, Sufitrayati^{2*}, Syaifuddin Yana³, Rita Nengsih⁴, Filia Hanum⁵, Susanti⁶

^{1,2,4}Program Studi Akuntansi, Fakultas Ekonomi, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

^{3,5,6}Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

*Koresponden email: sufitrayati@serambimekkah.ac.id

Diterima: 27 Maret 2024

Disetujui: 5 April 2024

Abstract

This literature study assesses the bio-economic and environmental advantages of renewable energy by doing a thorough examination of the most effective methods. Renewable energy technologies including solar, wind, and biomass power offer sustainable development with economic and environmental benefits, according to this report. Literature study, international case studies, and empirical data on renewable energy technology' financial and environmental implications are employed. Long-term cost reductions, economic efficiency, local economic development, and bio-economy sustainability are highlighted in this article. Discussions include lower greenhouse gas emissions, enhanced air quality, ecosystem benefits, and natural resource conservation. The study found that renewable energy minimizes climate change and boosts local economies and industrial sustainability. Much current study focuses on environmental or economical concerns without considering their relationship. This article discusses how renewable energy strengthens the bio-economy and solves global economic and environmental problems. This study also suggests bio-economic policy changes and better implementation methods to optimize renewable energy benefits.

Keywords: *bio-economic benefits, biomass, economic efficiency, financial factors, renewable energy integration*

Abstrak

Studi literatur ini mengevaluasi keuntungan bio-ekonomi dan lingkungan dari energi terbarukan melalui tinjauan komprehensif terhadap praktik terbaik. Studi ini menganalisis bagaimana teknologi energi terbarukan, seperti tenaga surya, angin, dan biomassa, mendukung pembangunan berkelanjutan dengan manfaat ekonomi dan lingkungan yang signifikan. Metode yang digunakan meliputi analisis literatur, studi kasus internasional, dan evaluasi data empiris tentang dampak finansial dan lingkungan teknologi energi terbarukan. Artikel ini menyoroti penghematan biaya jangka panjang, efisiensi ekonomi, serta kontribusi terhadap pembangunan ekonomi lokal dan keberlanjutan industri bio-ekonomi. Dampak positif lingkungan, seperti pengurangan emisi gas rumah kaca, peningkatan kualitas udara, manfaat ekosistem, dan konservasi sumber daya alam juga dibahas. Hasil studi menunjukkan bahwa energi terbarukan tidak hanya mengurangi dampak negatif perubahan iklim tetapi juga meningkatkan kesejahteraan ekonomi lokal dan keberlanjutan industri. Banyak penelitian saat ini berfokus hanya pada aspek lingkungan atau finansial secara terpisah, tanpa melihat interaksi keduanya secara holistik. Artikel ini memberikan wawasan mendalam tentang integrasi energi terbarukan dalam memperkuat bio-ekonomi dan menawarkan solusi berkelanjutan bagi tantangan ekonomi dan lingkungan global. Studi ini juga memberikan rekomendasi kebijakan dan strategi implementasi yang lebih efektif untuk memaksimalkan manfaat energi terbarukan dalam kerangka bio-ekonomi.

Kata Kunci: *integrasi energi terbarukan, keuntungan bio-ekonomi, biomassa, efisiensi ekonomi, aspek finansial*

1. Pendahuluan

Penggunaan energi terbarukan kini menjadi prioritas global dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil [1]. Energi terbarukan, termasuk energi surya, angin, dan biomassa, menawarkan solusi berkelanjutan yang tidak hanya mengurangi emisi gas rumah kaca tetapi juga mendukung perkembangan bio-ekonomi [2]. Bio-ekonomi memanfaatkan sumber daya biologis untuk menghasilkan energi, bahan, dan produk lainnya secara efisien dan berkelanjutan [3]. Penerapan prinsip-prinsip bio-ekonomi melalui energi terbarukan memberikan keuntungan finansial, menciptakan lapangan kerja, serta melestarikan lingkungan .

Aspek bio-ekonomi dari energi terbarukan melibatkan pemanfaatan sumber daya alam yang dapat diperbarui secara berkelanjutan, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan [4]. Selain itu, penerapan energi terbarukan mendukung ekonomi lokal dengan menciptakan lapangan kerja baru di sektor-sektor seperti instalasi dan pemeliharaan teknologi energi terbarukan [5], [6]. Di sisi lingkungan, energi terbarukan membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan polusi udara, menjaga keanekaragaman hayati, dan mendorong penggunaan sumber daya alam yang lebih efisien [7]. Keuntungan ini tidak hanya bermanfaat secara lokal, tetapi juga berkontribusi pada upaya global dalam melawan perubahan iklim dan mencapai pembangunan berkelanjutan [8], [9].

Studi ini bermaksud untuk memahami praktik terbaik dalam penerapan energi terbarukan dan bagaimana praktik tersebut memberikan keuntungan bio-ekonomi dan lingkungan. Melalui tinjauan berbagai studi kasus dan literatur terkait, artikel ini mengidentifikasi strategi efektif untuk memaksimalkan manfaat energi terbarukan. Dampak finansial dan lingkungan dari berbagai proyek energi terbarukan dianalisis serta faktor-faktor kunci yang berkontribusi terhadap kesuksesan proyek tersebut diidentifikasi. Studi kasus mencakup implementasi energi terbarukan di berbagai negara dengan fokus pada dampak ekonomis dan ekologisnya. Hambatan seperti biaya investasi awal yang tinggi dan infrastruktur yang belum matang juga dikaji, serta cara mengatasinya melalui kebijakan mendukung dan inovasi teknologi.

Pentingnya studi ini karena banyak penelitian terdahulu yang umumnya hanya berfokus pada aspek lingkungan atau finansial secara terpisah, tanpa melihat interaksi keduanya secara holistik. Data empiris yang komprehensif mengenai efek jangka panjang penerapan energi terbarukan dalam konteks bio-ekonomi masih kurang. Artikel ini memberikan panduan praktis dan rekomendasi kebijakan untuk pembuat kebijakan, pengembang proyek, dan pemangku kepentingan lainnya guna mendukung transisi menuju energi terbarukan. Dengan tinjauan komprehensif terhadap praktik terbaik, artikel ini diharapkan dapat mempercepat adopsi energi terbarukan dan memaksimalkan keuntungan bio-ekonomi dan lingkungan yang dihasilkan. Analisis dalam artikel ini menawarkan wawasan mendalam mengenai integrasi energi terbarukan, sekaligus memberikan kontribusi signifikan terhadap literatur yang ada dan membantu mengarahkan kebijakan masa depan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan yang lebih baik.

2. Metode Kajian Literatur

Metode kajian literatur pada studi ini yaitu mengidentifikasi tujuan utama, yaitu mengevaluasi keuntungan bio-ekonomi dan lingkungan dari energi terbarukan melalui analisis praktik terbaik di berbagai konteks global. Proses pengumpulan literatur melibatkan pencarian sumber relevan dari database akademik seperti Google Scholar, Elsevier, MDPI dan lainnya. Literatur yang dikumpulkan mencakup artikel ilmiah, laporan industri, buku, dan studi kasus yang memberikan wawasan mendalam mengenai penerapan energi terbarukan. Selanjutnya, ditentukan kriteria inklusi dan eksklusi untuk memastikan hanya literatur paling relevan dan berkualitas yang dianalisis, meliputi literatur yang diterbitkan dalam 10 tahun terakhir, relevansi topik, dan kredibilitas sumber. Setelah literatur dikumpulkan, dilakukan analisis mendalam untuk mengidentifikasi pola, tren, dan praktik terbaik dalam penerapan energi terbarukan yang memberikan manfaat signifikan bagi bio-ekonomi dan lingkungan.

Analisis mencakup evaluasi dampak finansial dari teknologi energi terbarukan, seperti efisiensi biaya, peningkatan pendapatan, dan penciptaan lapangan kerja, serta dampak lingkungan seperti pengurangan emisi karbon dan konservasi sumber daya alam. Kajian ini bertujuan mengisi kesenjangan dalam literatur yang ada dengan menyediakan data empiris mengenai efek jangka panjang dari penerapan energi terbarukan pada bio-ekonomi dan mengidentifikasi kebijakan yang paling efektif dalam mendorong adopsi energi terbarukan. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam memahami bagaimana energi terbarukan dapat mendukung dan memperkuat bio-ekonomi, serta menawarkan solusi berkelanjutan bagi tantangan ekonomi dan lingkungan global. Hasil yang diharapkan mencakup rekomendasi kebijakan konkret dan strategi implementasi praktis untuk memaksimalkan manfaat finansial dan lingkungan dari energi terbarukan, serta panduan bagi pembuat kebijakan dan pelaku industri dalam mengembangkan strategi berkelanjutan di masa depan.

3. Hasil dan Diskusi

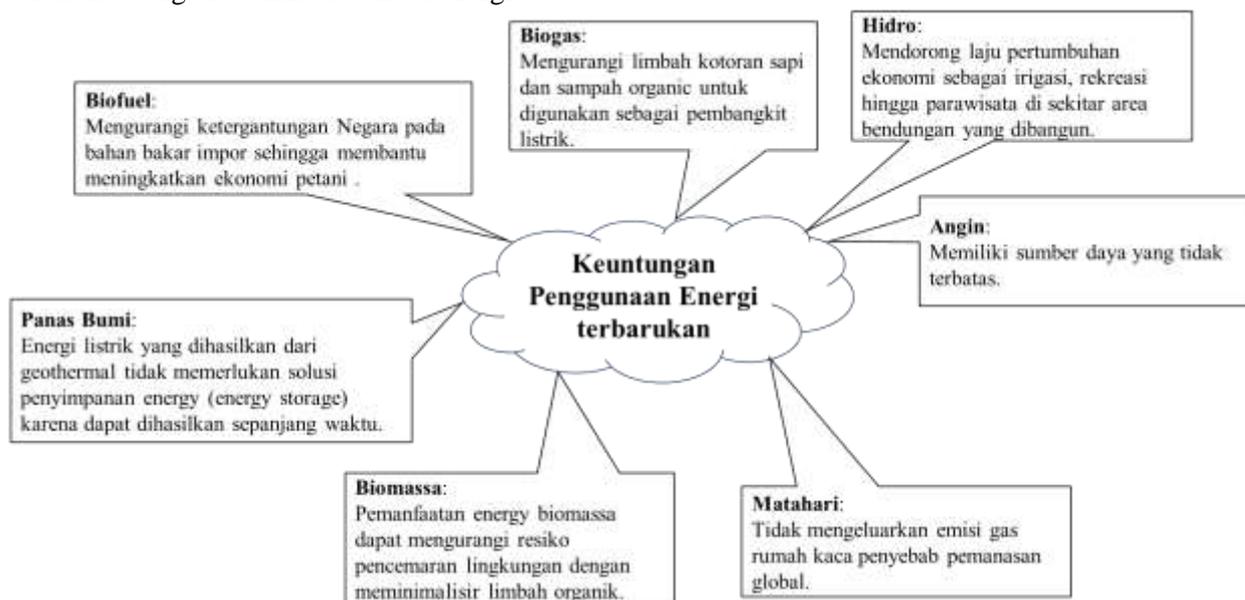
3.1 Keuntungan Bio-Ekonomi dari Energi Terbarukan

Energi terbarukan, seperti tenaga surya, angin, dan biomassa, menawarkan penghematan biaya jangka panjang yang signifikan dan efisiensi ekonomi yang lebih baik dibandingkan dengan sumber energi konvensional [1], [10]. Meskipun investasi awal untuk teknologi energi terbarukan bisa tinggi, biaya operasionalnya cenderung lebih rendah karena energi terbarukan tidak memerlukan bahan bakar yang terus-menerus, seperti halnya pembangkit listrik berbasis fosil. Panel surya, misalnya, setelah pemasangan awal,

memiliki biaya operasional yang sangat rendah karena hanya memerlukan sedikit perawatan dan tidak ada biaya bahan bakar. Turbin angin juga mengikuti pola serupa, dengan biaya operasional yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan pembangkit listrik berbahan bakar fosil.

Efisiensi ekonomi dari teknologi energi terbarukan juga didorong oleh peningkatan teknologi yang terus-menerus dan skala ekonomi [10], [11]. Dengan berkembangnya teknologi, biaya produksi panel surya dan turbin angin terus menurun, membuat investasi dalam energi terbarukan menjadi lebih terjangkau. Efisiensi ekonomi juga tercermin dalam penurunan biaya energi per unit yang dihasilkan, yang pada gilirannya dapat menurunkan biaya listrik untuk konsumen dan industri, meningkatkan daya saing ekonomi [12].

Pemanfaatan energi terbarukan membawa banyak keuntungan yang signifikan. Energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, dan hidro tidak hanya membantu mengurangi emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap perubahan iklim, tetapi juga menawarkan sumber energi yang tidak akan habis, berbeda dengan bahan bakar fosil yang terbatas [13]. Penggunaan energi terbarukan juga mengurangi polusi udara dan air, sehingga berdampak positif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Selain itu, sektor energi terbarukan menciptakan lapangan kerja baru dan merangsang inovasi teknologi. Keuntungan lainnya termasuk peningkatan keamanan energi karena mengurangi ketergantungan pada impor bahan bakar fosil dan mendorong diversifikasi sumber energi.



Gambar 1. Keuntungan Penggunaan Energi Terbarukan

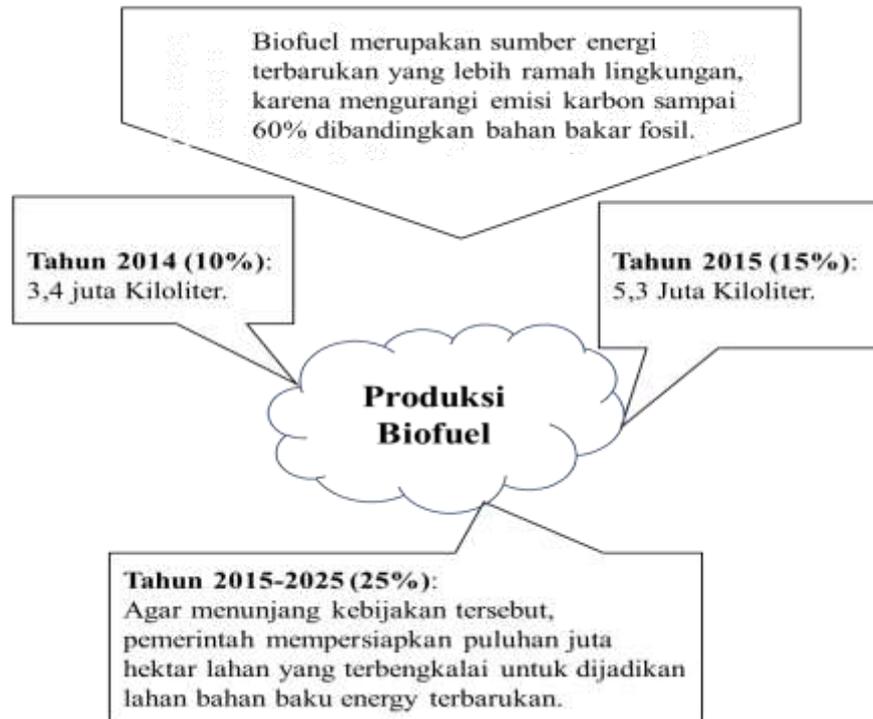
Sumber: [14], Modifikasi

Bio-ekonomi energi terbarukan menawarkan berbagai keuntungan signifikan bagi lingkungan dan ekonomi. Dengan mengandalkan sumber daya biologis yang dapat diperbarui, seperti biomassa dan bioenergi, kita dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan menurunkan emisi gas rumah kaca. Proses ini tidak hanya membantu dalam mitigasi perubahan iklim, tetapi juga mendorong pertumbuhan ekonomi melalui penciptaan lapangan kerja baru di sektor hijau dan peningkatan nilai tambah produk-produk bio-based. Selain itu, pemanfaatan limbah pertanian dan industri sebagai bahan baku bioenergi meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan mengurangi dampak lingkungan dari limbah. Bio-ekonomi energi terbarukan juga memperkuat ketahanan energi nasional dengan diversifikasi sumber energi, serta mendukung keberlanjutan dan kesehatan ekosistem dengan mengurangi polusi dan degradasi lahan.

Selain penghematan biaya dan efisiensi ekonomi, energi terbarukan juga berkontribusi secara signifikan terhadap pembangunan ekonomi lokal dan keberlanjutan industri bio-ekonomi. Proyek energi terbarukan seringkali membutuhkan tenaga kerja lokal untuk konstruksi, operasi, dan pemeliharaan, yang menciptakan lapangan kerja baru dan mendorong pertumbuhan ekonomi di daerah tersebut. Misalnya, pembangunan ladang angin atau taman surya di daerah pedesaan tidak hanya menyediakan energi yang bersih tetapi juga memberikan peluang pekerjaan bagi penduduk setempat, meningkatkan pendapatan dan kualitas hidup mereka.

Keberlanjutan industri bio-ekonomi juga didukung oleh penggunaan energi terbarukan. Bio-ekonomi, yang berfokus pada pemanfaatan sumber daya biologis secara efisien dan berkelanjutan,

mendapat manfaat besar dari energi terbarukan yang dapat mengurangi jejak karbon industri dan meningkatkan keberlanjutan produksi. Misalnya, industri pertanian yang menggunakan energi surya untuk irigasi dan pengolahan hasil panen dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan menurunkan biaya operasional, sehingga meningkatkan daya saing dan keberlanjutan industri tersebut.

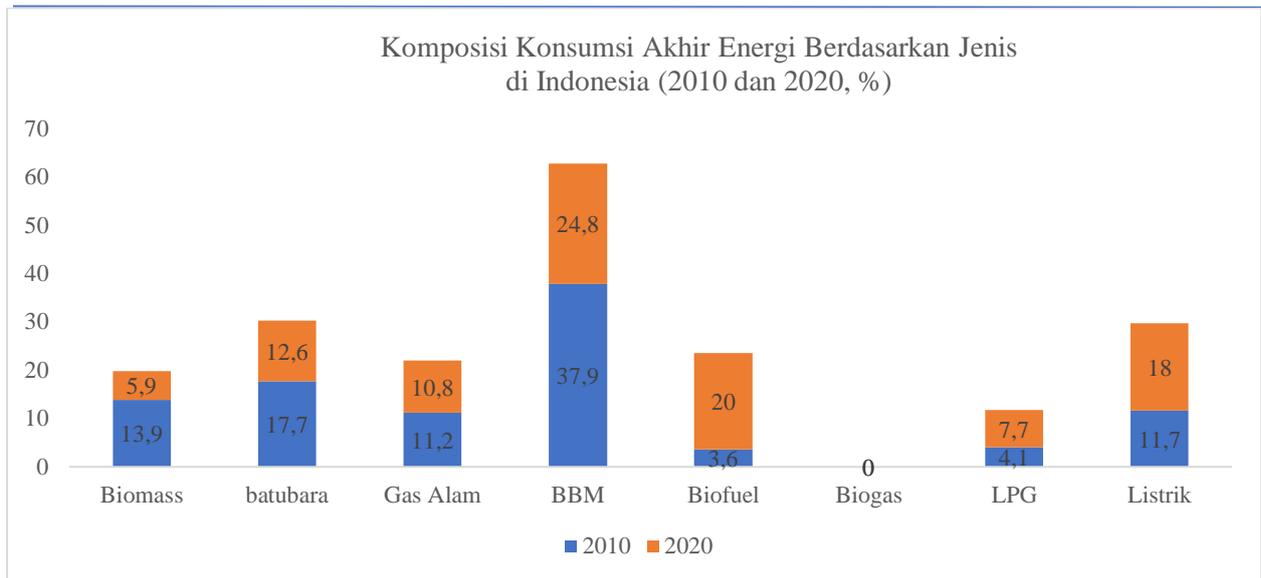


Gambar 2. Produksi Biofuel

Sumber: [15]

Salah satu studi kasus yang menonjol adalah proyek tenaga surya di desa-desa pedesaan di India [16]. Desa-desat tersebut, yang sebelumnya tidak terjangkau oleh jaringan listrik utama, kini dapat mengakses listrik melalui panel surya yang dipasang di rumah-rumah dan fasilitas umum. Proyek ini tidak hanya menyediakan listrik yang andal tetapi juga menciptakan lapangan kerja lokal dalam pemasangan dan pemeliharaan panel surya. Hal ini telah meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat lokal secara signifikan. Contoh praktis lainnya adalah proyek ladang angin di Texas, Amerika Serikat. Ladang angin tersebut tidak hanya menghasilkan energi bersih yang mengurangi emisi karbon tetapi juga telah menciptakan ribuan lapangan kerja dan memberikan pendapatan tambahan bagi pemilik lahan melalui sewa tanah untuk turbin angin. Proyek ini menunjukkan bagaimana energi terbarukan dapat berkontribusi pada pembangunan ekonomi lokal sekaligus mendukung keberlanjutan lingkungan.

Grafik yang ditampilkan menunjukkan komposisi konsumsi akhir energi berdasarkan jenis di Indonesia pada tahun 2010 dan 2020. Dalam kategori biomassa, terjadi penurunan signifikan dari 13.9% pada tahun 2010 menjadi 5.9% pada tahun 2020. Penggunaan batubara juga mengalami sedikit penurunan dari 17.7% menjadi 12.6% dalam periode yang sama. Sementara itu, konsumsi gas alam sedikit menurun dari 11.2% pada 2010 menjadi 10.8% pada 2020. Konsumsi BBM (Bahan Bakar Minyak) tetap menjadi yang terbesar meskipun turun dari 37.9% pada 2010 menjadi 24.8% pada 2020, menunjukkan usaha pengurangan ketergantungan pada bahan bakar fosil.



Gambar 3. Komposisi Konsumsi Akhir Energi Berdasarkan Jenis di Indonesia
Sumber: [17]

Di sisi lain, penggunaan biofuel mengalami peningkatan tajam dari 3.6% pada 2010 menjadi 20% pada 2020, mencerminkan pergeseran menuju sumber energi yang lebih ramah lingkungan. Biogas tidak terdapat penggunaannya pada kedua tahun. LPG menunjukkan peningkatan dari 4.1% menjadi 7.7%, sedangkan penggunaan listrik meningkat dari 11.7% pada 2010 menjadi 18% pada 2020. Secara keseluruhan, data ini menggambarkan perubahan pola konsumsi energi di Indonesia, dengan pergeseran yang signifikan dari energi fosil ke sumber energi terbarukan dan lebih bersih.

Penerapan energi terbarukan dalam konteks bio-ekonomi menawarkan berbagai keuntungan yang signifikan. Dengan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, dan biomassa tidak hanya membantu mengurangi emisi gas rumah kaca tetapi juga mendorong pertumbuhan ekonomi berkelanjutan. Selain itu, investasi dalam energi terbarukan menciptakan lapangan kerja baru dan peluang bisnis di sektor teknologi hijau, yang pada gilirannya meningkatkan kesejahteraan ekonomi lokal. Keuntungan finansial jangka panjang dari penggunaan energi terbarukan, termasuk penghematan biaya operasional dan peningkatan efisiensi energi, semakin memperkuat argumen ekonomi untuk transisi menuju sumber daya yang lebih bersih dan terbarukan. Dengan demikian, integrasi energi terbarukan ke dalam bio-ekonomi tidak hanya memberikan manfaat lingkungan tetapi juga mendorong pembangunan ekonomi yang berkelanjutan dan inklusif, menjadikannya strategi yang vital dalam menghadapi tantangan global saat ini.

3.2 Keuntungan Lingkungan dari Energi Terbarukan

Penggunaan energi terbarukan memiliki dampak positif yang signifikan terhadap lingkungan. Salah satu dampak utama adalah pengurangan emisi gas rumah kaca, yang merupakan penyebab utama perubahan iklim. Teknologi energi terbarukan seperti tenaga surya, 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. Dengan mengurangi emisi ini, energi terbarukan membantu menekan laju pemanasan global dan dampak-dampak negatif lainnya seperti naiknya permukaan air laut dan cuaca ekstrem.

Selain itu, energi terbarukan juga berkontribusi pada pengurangan pencemaran udara. Pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil sering kali menghasilkan polutan udara seperti sulfur dioksida, nitrogen oksida, dan partikel halus yang dapat menyebabkan masalah kesehatan serius, termasuk penyakit pernapasan dan kardiovaskular. Dengan beralih ke energi terbarukan, emisi polutan ini dapat dikurangi secara signifikan, sehingga meningkatkan kualitas udara dan kesehatan masyarakat.

Selain dampak positif terhadap kualitas udara dan pengurangan emisi gas rumah kaca, energi terbarukan juga memberikan manfaat bagi ekosistem dan konservasi sumber daya alam [18]. Teknologi energi terbarukan, seperti tenaga surya dan angin, membutuhkan lebih sedikit air dibandingkan dengan pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil. Ini sangat penting di wilayah yang rentan terhadap kekeringan dan kelangkaan air. Selain itu, energi terbarukan membantu melestarikan ekosistem dengan

mengurangi kebutuhan untuk eksploitasi sumber daya alam seperti batu bara, minyak, dan gas alam, yang sering kali merusak habitat dan menyebabkan degradasi lingkungan [19].

Gambar tersebut menyoroti berbagai alasan pentingnya perlindungan dan pemanfaatan lingkungan yang bijaksana melalui tujuh poin utama. Pertama, melindungi kekayaan dan menjaga ekosistem alam sangat penting karena alam menyediakan berbagai sumber daya esensial bagi kehidupan manusia. Dengan menjaga ekosistem alam, kita dapat memastikan keberlanjutan sumber daya tersebut untuk generasi mendatang serta mempertahankan keseimbangan ekosistem yang kritis bagi kehidupan di bumi. Kedua, melindungi spesies flora dan fauna membantu menjaga keanekaragaman hayati, yang berperan penting dalam stabilitas ekosistem dan menyediakan berbagai manfaat, termasuk obat-obatan alami dan bahan baku. Ketiga, menjaga kualitas lingkungan berkontribusi pada kesehatan manusia dan keberlanjutan alam, karena lingkungan yang bersih dan sehat mengurangi risiko penyakit dan meningkatkan kualitas hidup.

Keempat, mencegah kerusakan dan pencemaran lingkungan yang mengakibatkan bencana adalah langkah krusial untuk menghindari kerugian ekonomi dan sosial yang besar. Pencemaran dan kerusakan lingkungan dapat menyebabkan bencana alam seperti banjir dan tanah longsor, yang berdampak negatif pada masyarakat. Kelima, menghadirkan kehidupan yang lebih baik bagi masa depan dengan melestarikan lingkungan adalah tanggung jawab kita untuk memastikan generasi mendatang mewarisi dunia yang layak huni dan produktif. Keenam, untuk menyelaraskan kehidupan manusia dan lingkungan, kita perlu menerapkan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan yang menjaga keseimbangan antara kebutuhan manusia dan konservasi alam. Terakhir, pemanfaatan lingkungan yang baik dan bijaksana melibatkan pengelolaan sumber daya alam secara bertanggung jawab, sehingga dapat dinikmati oleh masyarakat saat ini dan di masa depan tanpa merusak ekosistem yang ada. Gambar ini secara keseluruhan menggarisbawahi pentingnya pendekatan holistik dalam menjaga dan memanfaatkan lingkungan demi keberlanjutan dan kesejahteraan bersama.



Gambar 4. Manfaat Konservasi Alam
 Sumber: [20]

Penggunaan biomassa yang berkelanjutan juga dapat mendukung praktik-praktik konservasi. Misalnya, penggunaan limbah pertanian untuk produksi energi biomassa tidak hanya mengurangi limbah tetapi juga menyediakan sumber energi yang berkelanjutan tanpa merusak lahan pertanian. Dengan demikian, energi terbarukan berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan memastikan penggunaan sumber daya alam yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Salah satu studi kasus yang menonjol adalah penggunaan energi angin di Denmark. Denmark telah berhasil mengurangi emisi karbonnya secara signifikan dengan mengandalkan energi angin sebagai sumber energi utama. Pada tahun 2020, lebih dari 50% listrik Denmark dihasilkan dari tenaga angin, mengurangi ketergantungan negara tersebut pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Selain itu,

kualitas udara di kota-kota besar seperti Copenhagen telah meningkat karena berkurangnya polusi udara dari pembangkit listrik berbasis fosil. Contoh praktis lainnya adalah penggunaan panel surya di Australia. Australia, dengan sinar matahari yang melimpah, telah mengembangkan banyak proyek tenaga surya yang tidak hanya menyediakan energi bersih tetapi juga membantu melestarikan air. Proyek-proyek ini telah mengurangi tekanan pada sumber daya air yang sudah terbatas di beberapa wilayah, sekaligus memberikan energi yang andal dan berkelanjutan.

3.3 Praktik Terbaik dalam Implementasi Energi Terbarukan

Salah satu contoh konkret dari proyek energi terbarukan yang sukses adalah proyek tenaga surya di Charanka Solar Park, Gujarat, India [21], [22]. Charanka Solar Park merupakan salah satu taman surya terbesar di Asia dengan kapasitas produksi lebih dari 600 MW. Proyek ini telah memberikan dampak yang signifikan terhadap bio-ekonomi dan lingkungan. Dari segi ekonomi, Charanka Solar Park telah menciptakan banyak lapangan kerja, baik langsung maupun tidak langsung, di daerah tersebut. Pekerjaan ini meliputi instalasi, operasi, dan pemeliharaan panel surya, yang meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan masyarakat lokal. Selain itu, proyek ini juga berkontribusi pada pengurangan biaya listrik bagi rumah tangga dan industri di sekitar wilayah tersebut, meningkatkan daya saing ekonomi lokal.

Dari segi lingkungan, Charanka Solar Park telah berhasil mengurangi emisi gas rumah kaca secara signifikan dengan menggantikan pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil [21], [22]. Hal ini berdampak positif pada kualitas udara dan kesehatan masyarakat setempat. Proyek ini juga telah mendukung pelestarian sumber daya alam dengan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, yang pada gilirannya membantu menjaga ekosistem lokal. Implementasi Charanka Solar Park tidak terlepas dari berbagai tantangan. Salah satu tantangan utama adalah masalah pendanaan, mengingat investasi awal yang diperlukan sangat besar. Untuk mengatasi tantangan ini, pemerintah Gujarat bekerjasama dengan sektor swasta dan organisasi internasional untuk mendapatkan dana dan insentif yang diperlukan. Kombinasi pembiayaan publik dan swasta ini membantu mengurangi risiko finansial dan memastikan kelangsungan proyek.

Tantangan lainnya adalah resistensi dari masyarakat lokal yang khawatir akan 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.

Salah satu contoh praktis lainnya yaitu proyek ladang angin di Texas, Amerika Serikat. Ladang angin di Texas adalah salah satu yang terbesar di dunia, dengan kapasitas produksi yang signifikan. Proyek ini tidak hanya menghasilkan energi bersih yang mengurangi emisi karbon tetapi juga telah menciptakan ribuan lapangan kerja dan memberikan pendapatan tambahan bagi pemilik lahan melalui sewa tanah untuk turbin angin. Dampak ekonominya sangat besar, dengan peningkatan pendapatan lokal dan penghematan biaya energi. Dari segi lingkungan, proyek ini telah membantu mengurangi polusi udara dan memperbaiki kualitas lingkungan setempat.

3.4 Tantangan dalam Adopsi Energi Terbarukan

Salah satu tantangan utama dalam adopsi energi terbarukan adalah infrastruktur yang belum matang dan biaya investasi awal yang tinggi. Infrastruktur energi yang ada sering kali dirancang untuk mendukung pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil, sehingga memerlukan pembaruan atau bahkan pembangunan baru untuk mengakomodasi teknologi energi terbarukan [1]. Misalnya, jaringan distribusi listrik perlu ditingkatkan untuk menangani variabilitas energi yang dihasilkan oleh panel surya dan turbin angin. 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 terbarukan, meskipun lebih murah dalam jangka panjang, memerlukan biaya awal yang besar untuk instalasi dan infrastruktur pendukung [23]. Misalnya, meskipun biaya panel surya dan turbin angin telah menurun, biaya awal untuk membangun ladang surya atau ladang angin masih tinggi. 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 terbarukan. 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. Prosedur yang panjang dan mahal untuk mendapatkan izin proyek dapat memperlambat implementasi dan meningkatkan biaya, membuat proyek energi terbarukan kurang menarik bagi investor.

Salah satu studi kasus terkait bahasan ini, yaitu proyek pembangunan jaringan distribusi energi terbarukan di Afrika Selatan. 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. Untuk mengatasi tantangan ini, pemerintah Afrika Selatan bekerjasama 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.

Selain itu, ketidakpastian regulasi juga menjadi hambatan utama di banyak negara. Sebagai contoh, di Spanyol, perubahan kebijakan pemerintah mengenai subsidi energi surya pada tahun 2012 menyebabkan banyak proyek energi surya mengalami kesulitan finansial. Investor yang awalnya tertarik karena subsidi yang menguntungkan menjadi ragu dan menunda investasi mereka. Untuk mengatasi masalah ini, pemerintah Spanyol akhirnya memperkenalkan kebijakan yang lebih stabil dan memberikan kepastian jangka panjang kepada investor.

4. Kesimpulan

Energi terbarukan memainkan peran yang krusial dalam menghadapi tantangan lingkungan global saat ini, terutama terkait perubahan iklim dan penurunan kualitas udara. Teknologi energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, dan biomassa menawarkan solusi berkelanjutan yang mampu secara signifikan mengurangi emisi gas rumah kaca dan polusi udara. Selain manfaat lingkungan, energi terbarukan juga memberikan kontribusi besar terhadap pembangunan ekonomi, terutama dalam konteks bio-ekonomi. Dengan menciptakan lapangan kerja, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan ketahanan energi, energi terbarukan mendukung pertumbuhan ekonomi yang lebih inklusif dan berkelanjutan.

Komitmen terhadap energi terbarukan harus diperkuat agar menjadi pilar utama dalam strategi pembangunan berkelanjutan. Pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat perlu bekerjasama untuk memastikan peningkatan adopsi teknologi energi terbarukan. Ini termasuk investasi dalam penelitian dan pengembangan, penyediaan insentif finansial, dan pengembangan infrastruktur yang memadai. Dengan komitmen yang kuat, energi terbarukan dapat memainkan peran kunci dalam mengurangi dampak negatif perubahan iklim dan menciptakan masa depan yang lebih hijau dan berkelanjutan.

Untuk mendorong adopsi yang lebih luas dari teknologi energi terbarukan dan memaksimalkan manfaatnya bagi bio-ekonomi dan lingkungan, beberapa rekomendasi perlu diterapkan. Pertama, pemerintah harus memperkenalkan kebijakan dan regulasi yang stabil dan mendukung investasi dalam energi terbarukan. Insentif seperti subsidi, kredit pajak, dan pembiayaan hijau dapat mendorong lebih banyak investasi dalam teknologi energi terbarukan. Selain itu, regulasi yang mendukung integrasi energi terbarukan ke dalam jaringan listrik dan memfasilitasi perizinan proyek energi hijau juga sangat penting. Kedua, pengembangan infrastruktur yang memadai adalah kunci untuk meningkatkan adopsi energi terbarukan. Ini termasuk jaringan distribusi listrik yang mampu menangani variabilitas energi terbarukan, fasilitas penyimpanan energi yang efisien, dan teknologi smart grid untuk mengoptimalkan distribusi energi. Investasi dalam infrastruktur ini tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi tetapi juga memastikan stabilitas pasokan energi.

Ketiga, masyarakat perlu diberi edukasi tentang manfaat energi terbarukan dan bagaimana mereka dapat berpartisipasi dalam transisi energi hijau. Kampanye kesadaran publik, program pendidikan, dan pelatihan keterampilan untuk tenaga kerja dalam sektor energi terbarukan sangat penting untuk menciptakan dukungan luas bagi adopsi energi hijau. Keempat, negara-negara harus bekerjasama dalam pertukaran teknologi dan pengetahuan untuk mempercepat adopsi energi terbarukan. Ini termasuk berbagi praktik terbaik, teknologi terbaru, dan pengalaman sukses dalam implementasi proyek energi terbarukan. Kerjasama internasional juga dapat membantu negara-negara berkembang untuk mengatasi tantangan finansial dan teknis dalam mengadopsi energi terbarukan. Kelima, investasi dalam penelitian dan pengembangan (R&D) sangat penting untuk menciptakan teknologi energi terbarukan yang lebih efisien dan terjangkau. Dukungan untuk inovasi teknologi, termasuk energi terbarukan berbasis biomassa,

penyimpanan energi, dan smart grid, dapat membantu mengatasi hambatan teknis dan meningkatkan adopsi energi hijau.

Dengan implementasi yang tepat, diharapkan adopsi teknologi energi terbarukan dapat semakin meluas dan memaksimalkan manfaatnya bagi bio-ekonomi dan lingkungan. Energi terbarukan memiliki potensi besar untuk menjadi pilar utama dalam strategi pembangunan berkelanjutan, menciptakan masa depan yang lebih hijau, lebih sehat, dan lebih sejahtera bagi semua.

5. Daftar Pustaka

- [1] W. Strielkowski, L. Civin, E. Tarkhanova, M. Tvaronavičienė, and Y. Petrenko, "Renewable energy in the sustainable development of electrical power sector: A review," *Energies*, vol. 14, no. 24, p. 8240, 2021.
- [2] R. Sikkema, S. Proskurina, M. Banja, and E. Vakkilainen, "How can solid biomass contribute to the EU's renewable energy targets in 2020, 2030 and what are the GHG drivers and safeguards in energy-and forestry sectors?," *Renew. Energy*, vol. 165, pp. 758–772, 2021.
- [3] S. Yana *et al.*, "Dampak Ekspansi Biomassa sebagai Energi Terbarukan: Kasus Energi Terbarukan Indonesia," *J. Serambi Eng.*, vol. 7, no. 4, 2022.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] S. Yana, A. Yulisma, and T. M. Zulfikar, "Manfaat sosial ekonomi energi terbarukan: Kasus negara-negara ASEAN," *J. Serambi Eng.*, vol. 7, no. 1, 2022.
- [7] P. Mauliza *et al.*, "Kendala Pemenuhan Suplai dan Permintaan Energi Terbarukan Biomassa Indonesia," *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 3, 2023.
- [8] 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.
- [9] N. Nelly *et al.*, "Potensi Ekonomi Energi Terbarukan Biomassa: Permasalahan dan Kendala Pengembangannya," *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 3, 2023.
- [10] J. Zhao *et al.*, "The determinants of renewable energy sources for the fueling of green and sustainable economy," *Energy*, vol. 238, p. 122029, 2022.
- [11] D. Gielen, F. Boshell, D. Saygin, M. D. Bazilian, N. Wagner, and R. Gorini, "The role of renewable energy in the global energy transformation," *Energy Strateg. Rev.*, vol. 24, pp. 38–50, 2019.
- [12] A. Sánchez, Q. Zhang, M. Martín, and P. Vega, "Towards a new renewable power system using energy storage: An economic and social analysis," *Energy Convers. Manag.*, vol. 252, p. 115056, 2022.
- [13] A. Azarpour, O. Mohammadzadeh, N. Rezaei, and S. Zendejboudi, "Current status and future prospects of renewable and sustainable energy in North America: Progress and challenges," *Energy Convers. Manag.*, vol. 269, p. 115945, 2022.
- [14] D. EBTKE, "Keuntungan Penggunaan Energi Terbarukan." [Online]. Available: <https://www.facebook.com/djebtkc>
- [15] [kominfo.go.id](https://www.kominfo.go.id), "Produksi Biofuel." [Online]. Available: <https://www.kominfo.go.id/index.php/content/detail/5671/Mengurangi+Ketergantungan+dengan+yang+Berkesinambungan+/0/infografis>
- [16] A. Rout, B. Mainali, S. Singh, C. S. Solanki, and G. S. Bhati, "Assessing the financial sustainability of rural grid electrification pathway: A case study of India," *Sustain. Prod. Consum.*, vol. 25, pp. 27–42, 2021.
- [17] datanesia.id, "Komposisi Konsumsi Akhir Energi Berdasarkan Jenis di Indonesia." [Online]. Available: <https://datanesia.id/ketergantungan-terhadap-energi-fosil/>
- [18] S. Algarni, V. Tirth, T. Alqahtani, S. Alshehery, and P. Kshirsagar, "Contribution of renewable energy sources to the environmental impacts and economic benefits for sustainable development," *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 56, p. 103098, 2023.
- [19] Y. Xu and F. Zhao, "Impact of energy depletion, human development, and income distribution on natural resource sustainability," *Resour. Policy*, vol. 83, p. 103531, 2023.
- [20] [Tribunpontianak.co.id](https://pontianak.tribunnews.com), "Manfaat Konservasi Alam." [Online]. Available: <https://pontianak.tribunnews.com/2021/02/28/kunci-jawaban-tema-8-kelas-6-halaman-71-72-73->

-
- 74-75-subtema-2-pembelajaran-3-bumiku-dan-musimnya?page=2
- [21] A. D. Kamble *et al.*, “Role of Solar Energy in the Development of the Indian Economy,” in *Challenges and Opportunities of Distributed Renewable Power*, Springer, 2024, pp. 489–535.
 - [22] S. Dawn, P. K. Tiwari, A. K. Goswami, and M. K. Mishra, “Recent developments of solar energy in India: perspectives, strategies and future goals,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 62, pp. 215–235, 2016.
 - [23] 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.