

Energi Terbarukan dalam Perspektif Bio-Ekonomi: Analisis Terpadu Dampak Lingkungan dan Manfaat Finansial

Rahmi¹, Syaifuddin Yana^{2*}, Ulfa³, Radhiana⁴, Putri Mauliza⁵, Juwita⁶

^{1,3}Program Studi Akuntansi, Fakultas Ekonomi, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh
^{2,4,5,6}Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

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

Diterima: 14 Maret 2024

Disetujui: 25 Maret 2024

Abstract

The purpose of this article is to look into the function of renewable energy in a bioeconomic context by undertaking an integrated study of environmental and financial benefits. The methods employed include a review of relevant literature, statistics from national and international sources, and government data on the successful adoption of renewable energy in various nations. The purpose of this article is to give the findings of an analysis that demonstrate the reduction in carbon emissions and other environmental benefits of renewable energy, as well as to examine the initial investment costs and long-term savings that may be obtained with this technology. The identified analysis gaps include technical issues such as grid integration and the need for more efficient energy storage technologies, as well as financial impediments such as high investment prices and legislative uncertainties. This article's recommendations include strengthening supportive policies, such as appealing fiscal incentives and consistent laws, as well as increasing investment in technology innovation, to promote a smoother energy transition to bio-economic sustainability. This study is expected to contribute to the future development of NRE and its sustainability, as well as policymakers and future research, in order to increase the use of renewable energy as an essential component of the worldwide sustainable development plan.

Keywords: *renewable energy, bio-economy, environmental impact, financial benefits, financial barriers*

Abstrak

Tujuan dari artikel ini adalah untuk menyelidiki peran energi terbarukan dalam konteks bio-ekonomi dengan melakukan analisis terpadu mengenai dampak lingkungan dan manfaat finansial. Metode yang digunakan meliputi review terhadap literatur yang relevan dan data dari sumber nasional dan internasional, serta data pemerintah terkait keberhasilan implementasi energi terbarukan di berbagai negara. Artikel ini bertujuan untuk menyajikan hasil analisis yang memperlihatkan penurunan emisi karbon dan manfaat ekologis lainnya dari energi terbarukan, sekaligus menganalisis biaya investasi awal dan penghematan jangka panjang yang dapat dicapai melalui teknologi ini. Gap analisis yang diidentifikasi termasuk tantangan teknis seperti integrasi ke grid yang sudah ada dan kebutuhan terhadap teknologi penyimpanan energi yang lebih efisien, serta hambatan finansial seperti biaya investasi yang tinggi dan ketidakpastian kebijakan. Rekomendasi dari artikel ini meliputi perlunya penguatan kebijakan yang mendukung, seperti insentif fiskal yang menarik dan regulasi yang konsisten, serta peningkatan investasi dalam inovasi teknologi untuk memfasilitasi transisi energi yang lebih lancar menuju keberlanjutan bio-ekonomi. Studi ini diharapkan dapat berkontribusi terkait pengembangan EBT kedepan dan kesinambungannya, pengambil kebijakan dan penelitian kedepan dalam rangka memperluas penggunaan energi terbarukan sebagai bagian integral dari strategi pembangunan berkelanjutan global.

Kata Kunci: *energi terbarukan, bio-ekonomi, dampak lingkungan, manfaat finansial, hambatan finansial*

1. Pendahuluan

Ketertarikan dunia pada bahan bakar fosil telah menyebabkan berbagai masalah lingkungan yang signifikan, termasuk perubahan iklim, polusi udara, dan penipisan sumber daya alam [1]. Dampak dari penggunaan bahan bakar fosil ini tidak hanya terbatas pada lingkungan tetapi juga mempengaruhi kesehatan manusia dan stabilitas ekonomi global [2], [3]. Emisi karbon dioksida dan gas rumah kaca lainnya yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil telah meningkatkan suhu global, menyebabkan fenomena cuaca ekstrem, pencairan es di kutub, dan naiknya permukaan air laut [4]. Polusi udara dari kendaraan bermotor dan pabrik-pabrik telah mengakibatkan berbagai penyakit pernapasan dan kardiovaskular, meningkatkan beban pada sistem kesehatan masyarakat [5].

Agar dapat mengatasi tantangan ini, bio-ekonomi menawarkan kerangka kerja yang mengintegrasikan prinsip-prinsip keberlanjutan dan inovasi teknologi dalam pengelolaan sumber daya alam, termasuk energi. Bio-ekonomi mengutamakan penggunaan sumber daya biologis secara efisien dan berkelanjutan, serta mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil [6]. Dalam konteks ini, energi terbarukan seperti energi surya, angin, biomassa, dan hidro, memainkan peran kunci dalam mewujudkan visi bio-ekonomi [7]. Dalam konteks bio-ekonomi, energi terbarukan juga memainkan peran penting dalam pengelolaan limbah dan sumber daya [8]. Misalnya, biomassa, yang mencakup bahan organik seperti kayu, limbah pertanian, dan sisa makanan, dapat diubah menjadi energi melalui proses pembakaran atau fermentasi. Ini tidak hanya menghasilkan energi tetapi juga membantu mengelola limbah melalui pendekatan yang lebih berkelanjutan [9]. Teknologi seperti biodigester dapat mengubah limbah organik menjadi biogas, yang dapat digunakan sebagai sumber energi bersih, sementara produk sampingan seperti pupuk organik dapat digunakan untuk meningkatkan kesuburan tanah.

Selain itu, energi terbarukan dapat meningkatkan aksesibilitas energi di daerah terpencil dan berkembang. Di banyak negara berkembang, akses ke listrik masih terbatas, yang menghambat perkembangan ekonomi dan kualitas hidup. Energi terbarukan, seperti panel surya dan turbin angin, dapat dipasang di daerah-daerah yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik konvensional, memberikan akses energi yang andal dan berkelanjutan bagi komunitas yang sebelumnya terisolasi. Dengan demikian, energi terbarukan tidak hanya berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan tetapi juga memberikan manfaat finansial yang signifikan dalam konteks bio-ekonomi [10]. Melalui pengurangan emisi karbon, peningkatan efisiensi sumber daya, penciptaan lapangan kerja, dan peningkatan aksesibilitas energi, energi terbarukan menjadi elemen penting dalam strategi pembangunan berkelanjutan global [11]. Oleh karena itu, investasi dalam penelitian, pengembangan, dan penerapan teknologi energi terbarukan harus menjadi prioritas bagi pemerintah, industri, dan masyarakat untuk mewujudkan masa depan yang lebih bersih, lebih hijau, dan lebih sejahtera.

Meskipun manfaat energi terbarukan sudah banyak diakui, ada beberapa kesenjangan yang perlu diidentifikasi dan dianalisis untuk memastikan implementasi yang lebih efektif dan luas. Salah satu kesenjangan utama literature yaitu terkait kurangnya infrastruktur yang memadai untuk mendukung produksi dan distribusi energi terbarukan. Banyak negara, terutama yang berkembang, masih menghadapi tantangan besar dalam membangun infrastruktur energi yang diperlukan, seperti jaringan listrik yang dapat mengakomodasi energi dari sumber terbarukan. Selain itu, biaya awal yang tinggi untuk pengembangan teknologi energi terbarukan sering menjadi hambatan bagi banyak negara dan perusahaan. Meskipun biaya operasional dan pemeliharaan energi terbarukan cenderung lebih rendah dalam jangka panjang, investasi awal yang besar dapat menghalangi adopsi yang luas, terutama di negara-negara dengan sumber daya keuangan yang terbatas.

Manfaat finansial dari energi terbarukan termasuk penghematan biaya operasional dalam jangka panjang, penciptaan lapangan kerja di sektor energi hijau, dan peningkatan keamanan energi dengan mengurangi ketergantungan pada impor bahan bakar fosil. Analisis finansial juga harus mempertimbangkan biaya awal investasi dan potensi pengembalian investasi (ROI) dalam jangka panjang. Dengan mengidentifikasi dan mengatasi kesenjangan ini, serta memahami dampak lingkungan dan manfaat finansial dari energi terbarukan, kita dapat mendorong transisi yang lebih cepat dan efektif menuju ekonomi yang berkelanjutan dan rendah karbon. Penelitian lebih lanjut dan kebijakan yang mendukung diperlukan untuk memaksimalkan potensi energi terbarukan dan memastikan manfaatnya dapat dirasakan secara luas oleh masyarakat dan lingkungan.

2. Metode Kajian Literatur

Metode kajian literatur pada studi ini yaitu menganalisis dampak lingkungan dan manfaat finansial dari energi terbarukan dalam konteks bio-ekonomi. Kajian literatur ini meliputi pengumpulan literatur dari berbagai sumber yang relevan, termasuk artikel, jurnal, buku, laporan, studi kasus dan sumber lainnya yang berkaitan dengan energi terbarukan, bio-ekonomi, dampak lingkungan, dan manfaat finansial. Sumber-sumber ini diperoleh dari database akademik baik nasional maupun internasional seperti Elsevier, ScienceDirect, dan lainnya. Sedangkan nasional dari artikel terindeks sinta, serta menggunakan data, studi kasus yang relevan terhadap studi ini. Kriteria pemilihan literatur ditentukan dengan menetapkan kriteria inklusi dan eksklusi, seperti literatur yang diterbitkan dalam 10 tahun terakhir dan relevansi topik. Kemudian, literatur yang terpilih dianalisis dan disintesis untuk mengidentifikasi pola, kesenjangan penelitian, serta hubungan antara energi terbarukan, bio-ekonomi, dampak lingkungan, dan manfaat finansial. Hasil kajian ini kemudian digunakan untuk menyusun kerangka analisis terpadu yang memberikan wawasan mendalam mengenai topik yang diteliti.

3. Hasil Dan Diskusi

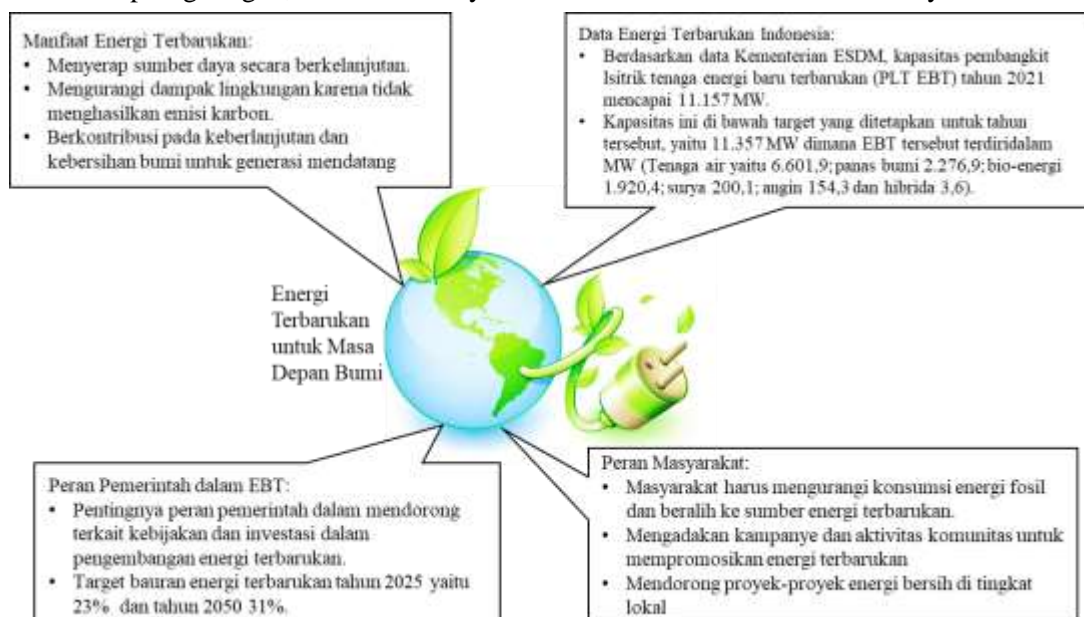
3.1 Manfaat Finansial Energi Terbarukan

Biaya investasi dan operasional merupakan aspek krusial dalam pengembangan dan operasional energi terbarukan [12]. Pada tahap awal, investasi yang signifikan dibutuhkan untuk pembangunan infrastruktur dan instalasi teknologi energi terbarukan seperti panel surya, turbin angin, atau pembangkit listrik biomassa [13]. Biaya ini mencakup pembelian peralatan, biaya konstruksi, serta pengeluaran untuk riset dan pengembangan teknologi. Meskipun biaya awal ini sering kali tinggi, teknologi energi terbarukan cenderung memiliki biaya operasional yang lebih rendah dibandingkan dengan pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Misalnya, energi surya dan angin tidak memerlukan biaya bahan bakar, sehingga mengurangi pengeluaran operasional jangka panjang.

Selain itu, perawatan untuk instalasi energi terbarukan biasanya lebih sederhana dan jarang dibandingkan dengan pembangkit listrik konvensional. Namun, untuk biomassa, biaya operasional bisa lebih tinggi karena memerlukan pengelolaan bahan bakar organik yang berkelanjutan. Untuk menilai kelayakan investasi, analisis biaya juga harus mempertimbangkan potensi penghematan dari pengurangan emisi karbon dan dampak ekonomi positif lainnya, seperti penciptaan lapangan kerja dan peningkatan keamanan energy [14]. Pemerintah dan sektor swasta dapat mempercepat adopsi energi terbarukan dengan memberikan insentif finansial, seperti subsidi dan kredit pajak, yang dapat mengurangi beban investasi awal dan membuat proyek energi terbarukan lebih menarik secara finansial.

Meskipun biaya investasi awal untuk pengembangan energi terbarukan sering kali tinggi, manfaat jangka panjang dan pengurangan biaya operasional menjadikan teknologi ini pilihan yang berkelanjutan dan ekonomis [12]. Namun, terdapat beberapa kesenjangan yang perlu diatasi untuk memastikan keberhasilan investasi dan operasional energi terbarukan. Salah satu masalah utama adalah keterbatasan akses terhadap pembiayaan yang memadai. Banyak negara dan perusahaan, terutama di wilayah berkembang, menghadapi tantangan dalam mengakses modal untuk membiayai proyek energi terbarukan. Hal ini disebabkan oleh risiko investasi yang dianggap tinggi dan kurangnya dukungan keuangan dari lembaga perbankan dan investor. Solusi potensial termasuk pengembangan mekanisme pembiayaan inovatif, seperti pembiayaan hijau dan skema kemitraan publik-swasta, yang dapat membantu mengurangi risiko dan menarik lebih banyak investasi.

Kesenjangan lainnya adalah kurangnya kebijakan dan regulasi yang mendukung. Di beberapa negara, regulasi yang ada belum cukup kuat untuk mendorong investasi dalam energi terbarukan. Kebijakan yang mendukung, seperti subsidi, insentif pajak, dan tarif feed-in, sangat penting untuk menciptakan lingkungan investasi yang kondusif. Selain itu, regulasi yang memastikan stabilitas pasar dan kejelasan hukum juga dapat meningkatkan kepercayaan investor. Dilihat dari perannya Energi terbarukan, memainkan peran kunci sebagai pengganti energy fosil dan disamping itu dampak yang ditimbulkan energy fosil sangat signifikan terhadap lingkungan, kesehatan masyarakat dan keterbatasan ketersediaannya.



Gambar 1. Energi Terbarukan untuk Masa Depan Bumi

Sumber: [15]

Oleh karena itu, pentingnya mempercepat pertumbuhan pengembangan energi terbarukan yang berkelanjutan dimasa yang mendatang. Peran berbagai pihak seperti pemerintah, masyarakat dan lembaga keuangan dan asosiasi pengembangan EBT sangat membantu pengembang EBT berkelanjutan dan disamping itu dalam rangka mengejar program bauran energy yang dicanangkan oleh pemerintah tahun 2025 dan tahun 2050.

Masalah lainnya, kurangnya infrastruktur pendukung juga menjadi masalah lain yang serius. Infrastruktur yang memadai, seperti jaringan listrik yang dapat menampung energi dari sumber terbarukan, serta fasilitas penyimpanan energi, sangat penting untuk operasional yang efisien. Investasi dalam pengembangan infrastruktur harus diprioritaskan untuk memastikan bahwa energi terbarukan dapat diintegrasikan dengan lancar ke dalam sistem energi nasional. Kesadaran dan pengetahuan yang rendah mengenai manfaat dan potensi energi terbarukan di kalangan masyarakat dan pembuat kebijakan juga menjadi hambatan. Kampanye edukasi dan peningkatan kesadaran publik diperlukan untuk mendorong adopsi teknologi ini. Selain itu, pelatihan dan pengembangan kapasitas bagi tenaga kerja lokal juga penting untuk memastikan bahwa ada sumber daya manusia yang terampil untuk mengoperasikan dan memelihara instalasi energi terbarukan.

Meskipun investasi dan operasional energi terbarukan menawarkan banyak manfaat, beberapa permasalahan masih perlu untuk diatasi. Akses terhadap pembiayaan, kebijakan yang mendukung, infrastruktur yang memadai, dan peningkatan kesadaran publik adalah beberapa area yang memerlukan perhatian lebih lanjut. Dengan mengatasi kesenjangan-kesenjangan ini, kita dapat mempercepat transisi menuju ekonomi yang lebih berkelanjutan dan rendah karbon, memastikan bahwa manfaat dari energi terbarukan dapat dirasakan secara luas oleh masyarakat dan lingkungan.

Disisi lainnya, efisiensi ekonomi merupakan salah satu keuntungan utama dari penggunaan energi terbarukan. Meskipun biaya awal investasi untuk teknologi energi terbarukan seperti panel surya, turbin angin, atau pembangkit listrik biomassa bisa tinggi, efisiensi biaya dalam jangka panjang menjadikannya pilihan yang ekonomis. Teknologi ini umumnya memiliki biaya operasional yang rendah karena tidak memerlukan bahan bakar berkelanjutan seperti bahan bakar fosil. Selain itu, energi terbarukan membantu mengurangi ketergantungan pada energi fosil, yang harganya cenderung berfluktuasi dan dapat mengganggu stabilitas ekonomi. Dengan mengadopsi energi terbarukan, negara-negara dapat meningkatkan keamanan energi mereka, mengurangi risiko ekonomi terkait volatilitas harga bahan bakar fosil, dan menikmati manfaat finansial dari sumber energi yang lebih stabil dan dapat diandalkan.

Efisiensi ekonomi dari energi terbarukan sangat penting karena dapat mengurangi biaya operasional dalam jangka panjang dan mengurangi ketergantungan pada energi fosil yang fluktuatif. Meskipun memerlukan investasi awal yang tinggi, energi terbarukan seperti surya dan angin menawarkan biaya operasional rendah karena tidak membutuhkan bahan bakar. Selain itu, peningkatan keamanan energi dan stabilitas ekonomi melalui penggunaan sumber energi yang dapat diperbarui dan andal membuat energi terbarukan menjadi pilihan yang strategis untuk masa depan yang berkelanjutan.

Disamping itu, perlunya pengembangan energi terbarukan menciptakan peluang pasar yang signifikan dan membuka berbagai peluang bisnis. Dengan meningkatnya permintaan global untuk sumber energi yang bersih dan berkelanjutan, sektor energi terbarukan menjadi salah satu industri dengan pertumbuhan tercepat. Investasi dalam teknologi seperti panel surya, turbin angin, dan pembangkit listrik biomassa tidak hanya menawarkan pengembalian finansial yang menarik tetapi juga mendorong inovasi dan penciptaan lapangan kerja di bidang teknik, manufaktur, dan layanan terkait. Selain itu, pasar energi terbarukan menciptakan peluang bagi perusahaan untuk mengembangkan produk dan layanan baru, seperti sistem penyimpanan energi dan solusi efisiensi energi, yang semakin penting dalam mendukung infrastruktur energi modern. Dengan demikian, energi terbarukan tidak hanya memberikan manfaat lingkungan tetapi juga memperkuat ekonomi melalui diversifikasi pasar dan peningkatan aktivitas bisnis.

3. Analisis Terpadu EBT terhadap Lingkungan dan Finansial

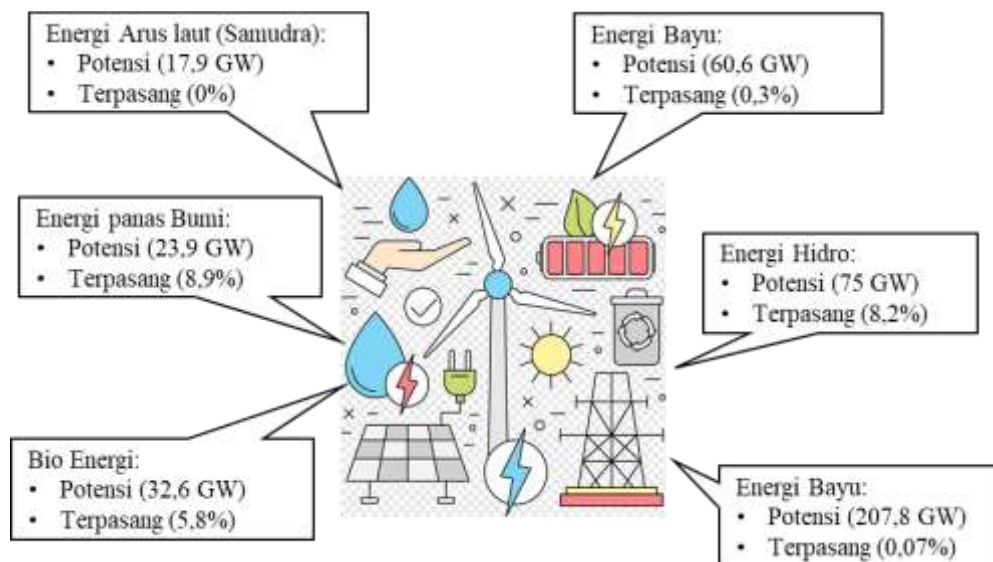
Dari pendekatan yang mencakup aspek analisis ekonomi dan penilaian dampak lingkungan, yang selanjutnya disatukan untuk memberikan pemahaman yang komprehensif tentang energi terbarukan. Secara ekonomi, analisis dimulai dengan estimasi biaya investasi awal seperti biaya peralatan dan infrastruktur yang diperlukan untuk mengimplementasikan proyek energi terbarukan [16]. Selain itu, biaya operasional yang meliputi pemeliharaan, operasi harian, dan biaya bahan bakar juga diperhitungkan untuk mengevaluasi total biaya siklus hidup proyek. Evaluasi ini membantu dalam menghitung pengembalian investasi (ROI) dan menentukan keberlanjutan finansial proyek tersebut dalam jangka panjang [17].

Di sisi lingkungan, analisis mencakup penilaian dampak langsung dan tidak langsung dari proyek energi terbarukan. Sebagai contoh, penilaian siklus hidup digunakan untuk mengukur jejak karbon dari

produksi hingga pemusnahan peralatan, serta dampaknya terhadap kualitas udara dan air selama operasi proyek. Studi ini tidak hanya mengevaluasi pengurangan emisi gas rumah kaca tetapi juga potensi positif terhadap pengurangan polusi udara lokal dan perlindungan ekosistem air di sekitarnya. Integrasi analisis ini penting untuk memastikan bahwa keputusan investasi tidak hanya menguntungkan secara finansial tetapi juga menghasilkan manfaat lingkungan yang signifikan, mendorong pembangunan berkelanjutan yang memperhatikan aspek bio-ekonomi secara menyeluruh.

Sebagai satu contoh dari sebuah proyek pembangkit listrik tenaga surya di sebuah kota metropolitan. Proyek ini dimulai dengan investasi besar dalam instalasi panel surya di atap bangunan komersial dan pabrik besar di kota tersebut. Analisis hasilnya menunjukkan beberapa poin kunci yang menunjukkan kesuksesan proyek ini. Pertama, dari segi finansial, proyek ini menunjukkan pengembalian investasi yang cepat karena biaya operasional yang rendah setelah instalasi awal. Biaya listrik yang diproduksi oleh panel surya ini jauh lebih murah daripada pembelian listrik dari jaringan umum, yang menghasilkan penghematan signifikan dalam biaya energi bagi pemilik bangunan. Dari segi lingkungan, proyek ini berhasil mengurangi emisi karbon secara signifikan dengan mengurangi ketergantungan pada pembangkit listrik konvensional yang menggunakan bahan bakar fosil. Selain itu, karena lokasi instalasi panel surya yang berada di atap bangunan yang sudah ada, proyek ini tidak mengganggu lahan tambahan atau mengubah tata guna lahan di area perkotaan, meminimalkan dampak terhadap ekosistem lokal.

Secara keseluruhan, studi kasus ini menunjukkan bagaimana implementasi energi terbarukan, dalam hal ini tenaga surya, tidak hanya memberikan manfaat ekonomi yang substansial tetapi juga mendukung upaya mitigasi perubahan iklim dan pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan. Analisis semacam ini penting untuk memberikan bukti nyata tentang efektivitas dan keberhasilan energi terbarukan dalam mendukung bio-ekonomi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Dilihat dari potensi energy terbarukan di Indonesia sangat menjanjikan dan memiliki potensi yang luar biasa. Hanya saja dalam implementasinya masih terdapat banyak kendalanya. Berikut ilustrasi potensi sumber energi terbarukan di Indonesia (antara potensi dan terpasangnya).



Gambar 2. Potensi Besar Energi Terbarukan

Sumber: [18]

Sebagaimana ilustrasi di atas, menunjukkan potensi besar EBT, masih diperlukan upaya yang besar agar dapat mendorong pemanfaatan energi terbarukan yang optimal. Sebagaimana pemaparan diatas, dalam implementasinya masih memerlukan dorongan yang signifikan agar dapat mewujudkan pemanfaatan EBT yang optimal.

Disamping itu, dari konteks keseimbangan kepentingan yaitu bagaimana menyeimbangkan kepentingan lingkungan dan ekonomi dalam pengembangan energi terbarukan [19]. Ada beberapa pendekatan kunci yang dapat dipertimbangkan untuk mencapai keselarasan yang optimal antara keberlanjutan lingkungan dan kesehatan ekonomi yaitu, seperti: 1). Penilaian holistik, penting pendekatan ini adalah untuk melakukan penilaian holistik yang mempertimbangkan tidak hanya biaya dan manfaat ekonomi langsung dari proyek energi terbarukan, tetapi juga dampaknya terhadap lingkungan. Ini mencakup analisis siklus hidup yang komprehensif untuk mengevaluasi jejak karbon, penggunaan air, dan dampak lainnya terhadap ekosistem lokal. Pendekatan ke 2). Pengoptimalan sumber daya, dimana

pendekatan ini menggunakan sumber daya secara efisien adalah kunci untuk mencapai keseimbangan yang baik. Ini termasuk memilih lokasi yang tepat untuk instalasi proyek energi terbarukan, memanfaatkan teknologi terbaru untuk meningkatkan efisiensi, dan mengurangi limbah serta konsumsi sumber daya selama siklus hidup proyek. 3). Partisipasi dan konsultasi stakeholder, pendekatan ini melibatkan berbagai pihak, termasuk masyarakat lokal, pemerintah daerah, dan organisasi lingkungan, dalam tahap perencanaan dan implementasi proyek. Ini membantu memastikan bahwa kekhawatiran lingkungan dan sosial dipertimbangkan secara serius, sementara juga mengakomodasi kebutuhan ekonomi dan sosial masyarakat.

Kemudian pendekatan ke 4). Inovasi dalam pembiayaan dan model bisnis, pendekatan ini mengembangkan model bisnis yang memadukan tujuan keuangan dengan tanggung jawab sosial dan lingkungan. Contohnya adalah penggunaan pembiayaan berkelanjutan, seperti obligasi hijau atau investasi berbasis dampak, yang mendukung proyek-proyek energi terbarukan tanpa meningkatkan risiko finansial yang tidak perlu. Selanjutnya, 5). Kebijakan dukungan, pendekatan kebijakan dari pemerintah dapat memainkan peran krusial dalam menciptakan lingkungan kebijakan yang mendukung untuk energi terbarukan. Ini termasuk insentif fiskal, pengurangan biaya lisensi, dan pengaturan yang jelas untuk mempromosikan pengembangan proyek yang berkelanjutan dari perspektif lingkungan dan ekonomi.

Dari pendekatan ini secara holistik dan mempertimbangkan semua dimensi keberlanjutan, pengembangan energi terbarukan dapat menjadi pendorong pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan sambil melindungi lingkungan alam. Ini tidak hanya menghasilkan manfaat jangka pendek dalam hal penciptaan lapangan kerja dan pertumbuhan ekonomi, tetapi juga memastikan keberlangsungan ekosistem dan kesejahteraan generasi mendatang.

4. Tantangan dan Hambatan

Dalam pengembangan energi terbarukan, terdapat sejumlah tantangan teknis dan finansial yang perlu dihadapi untuk mencapai keberhasilan yang optimal [20]. Secara teknis, salah satu permasalahan utama adalah integrasi sistem energi terbarukan ke dalam jaringan listrik yang sudah ada. Variabilitas dalam produksi energi dari sumber seperti surya dan angin dapat menyebabkan tantangan dalam menjaga konsistensi pasokan energi yang stabil [21]. Hal ini memerlukan pengembangan teknologi penyimpanan energi yang efisien dan biaya terjangkau untuk mengimbangi fluktuasi ini dan meningkatkan keandalan pasokan energi. Selain itu, infrastruktur grid yang sudah ada mungkin memerlukan penyesuaian untuk menerima dan mendistribusikan energi terbarukan secara efisien ke pengguna akhir.

Secara finansial, hambatan utama termasuk biaya investasi awal yang tinggi untuk infrastruktur energi terbarukan seperti panel surya, turbin angin, atau instalasi pembangkit listrik biomassa [22]. Meskipun biaya operasional umumnya lebih rendah daripada energi konvensional dalam jangka panjang, akses terhadap pembiayaan yang terjangkau dan kepastian kebijakan yang konsisten sangat penting untuk menarik investasi yang diperlukan. Analisis biaya harus memperhitungkan tidak hanya biaya peralatan dan instalasi tetapi juga biaya pemeliharaan dan perawatan jangka panjang serta biaya penyesuaian terhadap perubahan regulasi dan kebijakan energi. Untuk mengatasi tantangan ini, penting untuk mendorong inovasi teknologi dalam penyimpanan energi dan pengelolaan jaringan listrik, serta untuk menciptakan lingkungan kebijakan yang kondusif bagi investasi dalam energi terbarukan. Dukungan dari pemerintah dalam bentuk insentif fiskal, bantuan penelitian dan pengembangan, serta kepastian kebijakan jangka panjang dapat membantu mengurangi risiko finansial bagi investor dan meningkatkan daya tarik pasar bagi solusi energi terbarukan.

Kebijakan dan regulasi memainkan peran krusial dalam menentukan keberhasilan pengembangan energi terbarukan. Di satu sisi, kebijakan yang mendukung seperti insentif fiskal, tarif feed-in yang menarik, dan subsidi untuk teknologi terbarukan dapat mengurangi biaya investasi awal dan meningkatkan daya tarik pasar bagi proyek-proyek energi terbarukan. Hal ini dapat memfasilitasi akses terhadap pembiayaan yang lebih terjangkau dan memberikan kepastian investasi bagi pengembang proyek. Namun, di sisi lain, ketidakpastian kebijakan, peraturan yang tidak konsisten, dan prosedur birokratis yang rumit dapat menghambat pengembangan proyek energi terbarukan. Ini menciptakan risiko tambahan bagi investor dan dapat memperlambat pengadopsian teknologi terbaru dalam industri energi.

Tantangan utama yang dihadapi adalah harmonisasi kebijakan di tingkat nasional dan regional, yang memastikan bahwa regulasi mendukung tujuan jangka panjang untuk pengurangan emisi dan keberlanjutan energi. Analisis mendalam tentang dampak kebijakan terhadap biaya, pengembalian investasi, dan penyebaran teknologi baru perlu dilakukan untuk mengevaluasi efektivitasnya dalam menciptakan lingkungan bisnis yang kondusif bagi energi terbarukan. Pentingnya kejelasan dan konsistensi dalam kebijakan energi tidak hanya membantu mengurangi risiko investasi tetapi juga mempromosikan inovasi teknologi dan pertumbuhan sektor energi terbarukan secara keseluruhan

Dalam konteks pengembangan energi terbarukan, tantangan teknis seperti integrasi ke grid yang sudah ada dan kebutuhan akan teknologi penyimpanan energi yang lebih maju menjadi hambatan utama. Sementara itu, dari segi finansial, biaya investasi awal yang tinggi dan ketidakpastian kebijakan dapat menghambat investor dalam memasuki pasar energi terbarukan. Namun, dengan dukungan kebijakan yang tepat, seperti insentif fiskal dan kepastian regulasi, serta inovasi teknologi yang terus berkembang, ada potensi besar untuk mempercepat adopsi energi terbarukan dan menciptakan lingkungan bisnis yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Penyelarasan kebijakan yang konsisten dan dukungan terhadap inovasi teknologi menjadi kunci untuk mengatasi hambatan teknis dan finansial dalam pengembangan energi terbarukan, memastikan transisi yang lebih lancar menuju sistem energi yang lebih berkelanjutan di masa depan.

5. Kesimpulan dan Rekomendasi

Dampak lingkungan dan manfaat finansial dari energi terbarukan sangat signifikan. Dari perspektif lingkungan, energi terbarukan telah terbukti mampu mengurangi emisi karbon dan meminimalkan jejak ekologis, dengan efek positif pada kualitas udara dan air. Manfaat ini tidak hanya berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim global tetapi juga pada perlindungan lingkungan lokal dan keberlanjutan ekosistem. Secara finansial, meskipun biaya investasi awal seringkali tinggi, energi terbarukan menawarkan biaya operasional yang lebih rendah dalam jangka panjang, meningkatkan kemandirian energi, dan menciptakan lapangan kerja baru di sektor ekonomi yang berkembang pesat ini.

Untuk memaksimalkan potensi energi terbarukan, diperlukan kebijakan yang mendukung, seperti insentif fiskal dan stabilitas regulasi, guna menarik lebih banyak investasi ke sektor ini. Langkah penting lainnya adalah mendorong inovasi teknologi dengan meningkatkan investasi dalam penelitian dan pengembangan energi terbarukan, serta memfasilitasi transfer teknologi dari pasar global. Dengan demikian, integrasi yang lebih luas dari teknologi ini tidak hanya mempercepat transisi energi global tetapi juga mempromosikan pertumbuhan ekonomi yang inklusif dan berkelanjutan di masa depan.

Kebijakan untuk mendukung bio-ekonomi melalui energi terbarukan harus mencakup insentif fiskal untuk investasi dalam proyek energi terbarukan dan kepastian regulasi untuk mengurangi risiko bagi investor. Pemerintah juga perlu mendorong inovasi teknologi dan memfasilitasi transfer teknologi dari pasar global. Integrasi energi terbarukan ke dalam strategi energi nasional dan regional dapat membantu mengurangi ketergantungan pada sumber daya energi konvensional, menciptakan lapangan kerja baru, dan mengurangi dampak lingkungan negatif. Dengan mengadopsi pendekatan holistik ini, pembuat kebijakan dapat memperkuat fondasi bio-ekonomi yang berkelanjutan, memberikan manfaat ekonomi jangka panjang, dan mendukung upaya global untuk mengatasi perubahan iklim.

Arah penelitian masa depan dalam bidang energi terbarukan dan bio-ekonomi perlu fokus pada beberapa bidang kunci. Pertama, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan teknologi penyimpanan energi yang lebih efisien dan terjangkau, yang dapat mengatasi tantangan fluktuasi pasokan energi dari sumber terbarukan seperti surya dan angin. Kedua, studi tentang integrasi sistem energi terbarukan ke dalam grid sangat membantu memastikan stabilitas dan keandalan pasokan energi secara keseluruhan. Selain itu, penelitian juga harus difokuskan pada pengembangan model bisnis inovatif yang memadukan keberlanjutan lingkungan dengan keuntungan ekonomi yang berkelanjutan, termasuk pembiayaan berkelanjutan dan analisis biaya-manfaat yang komprehensif. Dalam hal bio-ekonomi, ada kebutuhan untuk lebih memahami dampak ekonomi dari bio-produksi dan penggunaan sumber daya hayati dalam konteks energi terbarukan, serta untuk mengidentifikasi peluang baru dalam bahan bakar dan material berkelanjutan. Dengan mengeksplorasi dan menginvestasikan penelitian dalam bidang-bidang ini, kita dapat membangun fondasi yang lebih kuat untuk pengembangan energi terbarukan yang berkelanjutan, yang tidak hanya mengurangi emisi karbon tetapi juga mendorong pertumbuhan ekonomi yang inklusif dan inovatif di masa depan.

6. 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] J. Juwita *et al.*, "Peluang Ekspansi Energi Terbarukan Biomassa dengan Analisis SWOT," *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 1, 2023.
- [3] 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.
- [4] 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.

- [5] E. Erdiwansyah *et al.*, “Menuju Masa Depan Hijau: Sosialisasi Pemanfaatan Energi Terbarukan di Kabupaten Gayo Lues, Provinsi Aceh,” *BAKTIMAS J. Pengabd. pada Masy.*, vol. 6, no. 1, pp. 19–30, 2024.
- [6] 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.
- [7] P. Mauliza *et al.*, “Kendala Pemenuhan Suplai dan Permintaan Energi Terbarukan Biomassa Indonesia,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 3, 2023.
- [8] N. Nelly *et al.*, “Potensi Ekonomi Energi Terbarukan Biomassa: Permasalahan dan Kendala Pengembangannya,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 3, 2023.
- [9] F. Fitriliana *et al.*, “Peluang Investasi dan Pengembangan Energi Biomassa: Perspektif Pemanfaatan dan Daya Saing Pengembangannya,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 3, 2023.
- [10] 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.
- [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] 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] W. Strielkowski, L. Civiń, 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.
- [14] 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.
- [15] beritaunsoed.com, “Energi Terbarukan untuk Masa Depan Bumi.” [Online]. Available: <https://beritaunsoed.com/2024/07/10/energi-terbarukan-untuk-masa-depan-bumi/>
- [16] A. C. Martins, M. de C. Pereira, and R. Pasqualino, “Renewable Electricity Transition: A Case for Evaluating Infrastructure Investments through Real Options Analysis in Brazil,” *Sustainability*, vol. 15, no. 13, p. 10495, 2023.
- [17] A. M. Gómez-Restrepo, J. D. González-Ruiz, and S. Botero Botero, “Financial Investment Valuation Models for Photovoltaic and Energy Storage Projects: Trends and Challenges,” *Energies*, vol. 17, no. 11, p. 2653, 2024.
- [18] katadata.co.id, “Potensi Besar Energi Terbarukan.” [Online]. Available: <https://katadata.co.id/infografik/60506b1591242/potensi-besar-energi-terbarukan-indonesia>
- [19] A. Maimó-Far, V. Homar, A. Tantet, and P. Drobinski, “The trade-off between socio-environmental awareness and renewable penetration targets in energy transition roadmaps,” *Appl. Energy*, vol. 355, p. 122397, 2024.
- [20] K. Moustakas, M. Loizidou, M. Rehan, and A. S. Nizami, “A review of recent developments in renewable and sustainable energy systems: Key challenges and future perspective,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 119. Elsevier, p. 109418, 2020.
- [21] M.-T. Chuang, S.-Y. Chang, T.-C. Hsiao, Y.-R. Lu, and T.-Y. Yang, “Analyzing major renewable energy sources and power stability in Taiwan by 2030,” *Energy Policy*, vol. 125, pp. 293–306, 2019.
- [22] O. de Q. F. Araújo, I. B. Boa Morte, C. L. T. Borges, C. R. V Morgado, and J. L. de Medeiros, “Beyond clean and affordable transition pathways: A review of issues and strategies to sustainable energy supply,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 155, p. 109544, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2023.109544>.