

## BAB 2

### Tinjauan Pustaka

#### 2.1. Peran Energi Terbarukan di Indonesia

Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang sangat besar, diperkirakan mencapai lebih dari 3.000 GW, terutama dari sumber energi surya, angin, hidro, bioenergi, dan panas bumi. Namun, pemanfaatan energi terbarukan masih rendah. Pada tahun 2020, kontribusi energi terbarukan dalam bauran energi nasional baru mencapai sekitar 11,2%, dengan dominasi dari pembangkit hidro dan panas bumi. Keterlambatan ini disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kurangnya regulasi yang mendukung, ketidakpastian kebijakan, dan tantangan dalam menarik investasi swasta. [IRENA Wikipedia](#)

Pemerintah Indonesia telah menetapkan target ambisius untuk meningkatkan porsi energi terbarukan menjadi 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050. Kebijakan ini sejalan dengan komitmen Indonesia dalam Perjanjian Paris untuk menekan emisi karbon dan mengurangi dampak perubahan iklim. Dalam hal ini, energi terbarukan memainkan peran penting dalam transisi menuju sistem energi yang lebih berkelanjutan, rendah emisi, dan ramah lingkungan. Namun, pencapaian target ini memerlukan investasi besar, diperkirakan mencapai US\$154 miliar, serta reformasi kebijakan untuk menciptakan iklim investasi yang kondusif. [Wikipedia](#).

Selain manfaat lingkungan, pengembangan energi terbarukan juga berperan dalam meningkatkan akses energi, terutama di wilayah-wilayah terpencil dan pulau-pulau kecil yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik konvensional. Program elektrifikasi berbasis energi terbarukan, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Biomassa, telah membantu banyak komunitas di daerah terpencil mendapatkan akses listrik yang andal. Dengan demikian, energi terbarukan juga berperan dalam mendukung pembangunan ekonomi dan sosial masyarakat lokal.

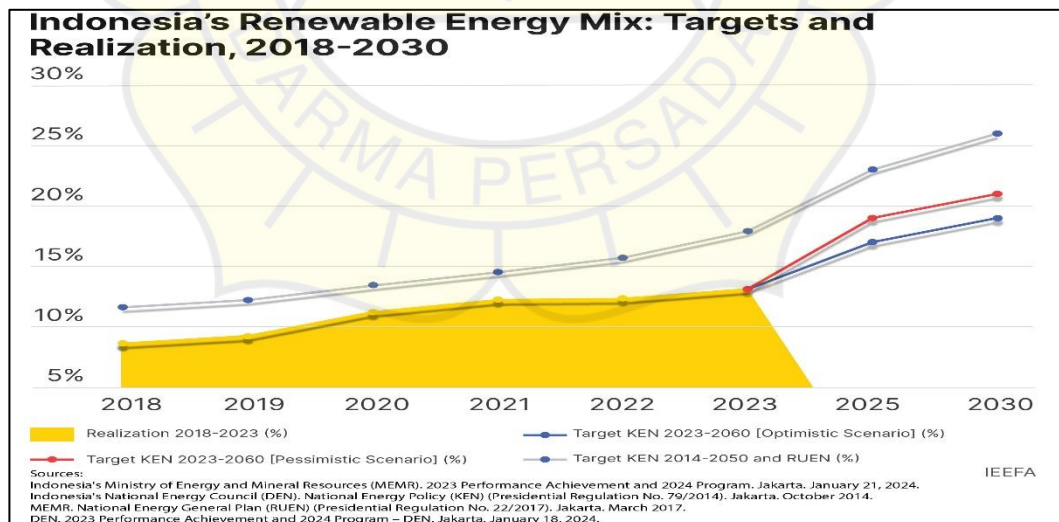
Peran lain dari energi terbarukan adalah dalam menciptakan lapangan kerja baru dan mendorong inovasi teknologi. Industri energi terbarukan membuka peluang kerja di berbagai sektor, mulai dari konstruksi, operasi, hingga pemeliharaan

infrastruktur energi. Selain itu, berkembangnya teknologi energi terbarukan juga mendorong peningkatan kemampuan teknis dan kapasitas sumber daya manusia di Indonesia, terutama dalam hal perencanaan dan implementasi proyek energi yang efisien dan berkelanjutan.

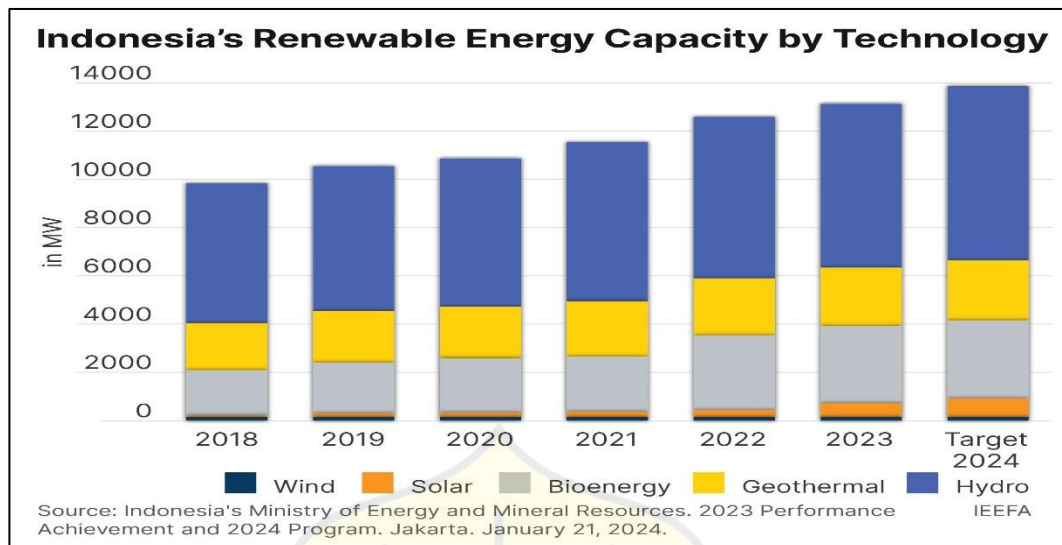
## 2.2. Tantangan Transisi Energi

Transisi energi adalah proses peralihan dari sistem energi berbasis bahan bakar fosil menuju sistem berbasis energi bersih dan terbarukan. Meskipun transisi ini sangat penting untuk mencapai target keberlanjutan dan net-zero emission, implementasinya menghadapi banyak tantangan, terutama di negara berkembang seperti Indonesia.

Transisi energi di Indonesia menghadapi berbagai tantangan, baik struktural maupun kebijakan. Meskipun memiliki potensi energi terbarukan yang besar, pemanfaatannya masih terbatas. Antara tahun 2020 hingga 2023, penggunaan energi terbarukan hanya meningkat dari 2% menjadi 3%, yang menyumbang sekitar 14,5% dari total pembangkitan listrik nasional, masih jauh dari target 23% pada tahun 2025. [Chicago Policy Review](#).



Gambar xx:



Gambar xx:

Krisis iklim menambah urgensi untuk transisi ini, karena dampak negatif dari perubahan iklim seperti peningkatan suhu global dan bencana alam semakin nyata. Di sisi lain, transisi ini dipersulit oleh kendala seperti pandemi, gangguan rantai pasok, dan konflik global yang menghambat langkah menuju masa depan bebas karbon.

Beberapa hambatan utama meliputi ketergantungan pada bahan bakar fosil, khususnya batu bara dan minyak bumi, yang masih mendominasi bauran energi nasional. Selain itu, kebijakan yang tidak konsisten, kurangnya insentif bagi investor, dan tantangan dalam infrastruktur juga menghambat percepatan transisi energi. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan reformasi kebijakan yang mendukung, peningkatan kapasitas institusi, dan keterlibatan aktif sektor swasta serta masyarakat dalam proses transisi energi [1].

Selain itu, kompleksitas perubahan sosio-teknis juga menjadi faktor yang memperlambat transisi energi, di mana perbedaan penggerak antara sektor, penerimaan publik, dan tantangan teknis memainkan peran penting dalam menentukan kecepatan dan kelangsungan perubahan ini. Oleh karena itu, diperlukan strategi yang matang dan pendekatan tata kelola yang efektif untuk mengelola transisi ini secara berkelanjutan.

1. Integrasi Teknis

a. Stabilitas Jaringan

Sifat energi surya yang tidak menentu dan variabilitas bahan baku biomassa dapat menyebabkan masalah stabilitas jaringan, termasuk fluktuasi tegangan, deviasi faktor daya, dan perubahan frekuensi.

b. Penyimpanan Energi

Solusi penyimpanan energi yang efektif diperlukan untuk mengelola pasokan terputus-putus dari sumber tenaga surya dan biomassa, memastikan pasokan listrik yang stabil dan andal.

c. Efisiensi Konversi

Teknologi konversi yang efisien untuk tenaga surya dan biomassa diperlukan untuk memaksimalkan keluaran energi dan meminimalkan kerugian.

2. Faktor Ekonomi

a. Daya Saing Biaya

Investasi awal dan biaya operasional untuk sistem hibrida bisa tinggi, sehingga sulit bersaing dengan sistem berbasis bahan bakar fosil tradisional.

b. Mekanisme Pembiayaan

Mendapatkan pembiayaan untuk proyek energi terbarukan bisa jadi sulit karena risiko yang besar dan jangka waktu pengembalian modal yang panjang.

3. Masalah Kebijakan dan Regulasi

Kebijakan yang tidak konsisten dan kurangnya dukungan regulasi menghambat percepatan transisi energi. Meskipun pemerintah telah menetapkan target ambisius untuk peningkatan kontribusi energi terbarukan dalam bauran energi nasional, implementasi kebijakan seringkali terhambat oleh birokrasi, kurangnya koordinasi antar lembaga, dan perubahan regulasi yang tidak terduga. Selain itu, subsidi yang masih diberikan kepada bahan bakar fosil menciptakan distorsi pasar yang merugikan pengembangan energi terbarukan.

a. Insentif dan Dukungan

Insentif kebijakan dan kerangka regulasi sangat penting untuk mendorong adopsi sistem hibrida surya-biomassa. Kurangnya feed-in tariff yang menarik dan kepastian tarif dalam jangka Panjang.

b. Konflik Penggunaan Lahan

Produksi biomassa dapat menyebabkan konflik penggunaan lahan, yang berdampak pada produksi pangan dan keanekaragaman hayati.

4. Infrastruktur dan Teknologi

Keterbatasan infrastruktur dan teknologi menjadi tantangan dalam implementasi energi terbarukan. Banyak wilayah di Indonesia, terutama daerah terpencil dan kepulauan, masih kekurangan infrastruktur dasar seperti jaringan listrik yang memadai. Selain itu, teknologi energi terbarukan yang tersedia seringkali belum sesuai dengan kondisi lokal atau memerlukan adaptasi khusus. Kurangnya sumber daya manusia yang terampil dalam instalasi, operasi, dan pemeliharaan teknologi energi terbarukan juga menjadi hambatan signifikan.

5. Stabilitas Pasokan Energi

Sifat intermiten dari beberapa sumber energi terbarukan, seperti tenaga surya dan angin, menimbulkan tantangan dalam menjaga stabilitas pasokan energi. Tanpa sistem penyimpanan energi yang efektif atau integrasi dengan sumber energi lain, fluktuasi dalam produksi energi dapat mengganggu keandalan jaringan listrik. Pengembangan teknologi penyimpanan energi dan sistem manajemen jaringan yang canggih menjadi krusial untuk mengatasi tantangan ini.

6. Tantangan Sosial dan Kultural

Transisi energi tidak hanya melibatkan aspek teknis dan ekonomi, tetapi juga aspek sosial dan kultural. Perubahan pola konsumsi energi dan penerimaan masyarakat terhadap teknologi baru seringkali menjadi tantangan. Kurangnya kesadaran dan pemahaman mengenai manfaat energi terbarukan dapat menghambat adopsi teknologi ini. Selain itu, proyek energi terbarukan yang tidak mempertimbangkan aspek sosial dan kultural lokal berisiko menghadapi resistensi dari komunitas setempat.

### **2.3. Strategi Keberlanjutan untuk Perusahaan (ESG)**

Keberlanjutan adalah konsep yang memiliki banyak sisi yang secara umum mengacu pada kemampuan untuk mempertahankan atau menjaga suatu proses atau sistem dalam jangka panjang. Konsep ini mencakup pengelolaan sumber daya yang bertanggung jawab untuk memastikan kesejahteraan dan efisiensi generasi sekarang dan mendatang. Istilah ini sering dikaitkan dengan Laporan Brundtland tahun 1987, yang mendefinisikan pembangunan berkelanjutan sebagai "pembangunan yang memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri".

Keberlanjutan dibangun atas tiga pilar yang saling terkait: dimensi lingkungan, ekonomi, dan sosial. Pilar-pilar ini penting untuk mencapai masa depan yang seimbang dan berkelanjutan.

#### **2.3.1. Aspek Lingkungan**

Aspek lingkungan (Environmental) dalam kerangka ESG mengacu pada bagaimana perusahaan mengelola dampak operasionalnya terhadap ekosistem dan sumber daya alam. Dengan meningkatnya kesadaran global terhadap perubahan iklim dan keberlanjutan, perusahaan dituntut untuk mengurangi jejak ekologis serta mengadopsi praktik bisnis yang lebih ramah lingkungan.

- a. Berfokus pada konservasi dan pengelolaan sumber daya alam yang bertanggung jawab.
- b. Bertujuan untuk meminimalkan degradasi lingkungan dan menjaga kesehatan ekosistem.
- c. Melibatkan praktik-praktik seperti mengurangi limbah, menghemat energi, dan melindungi keanekaragaman hayati.

#### **2.3.2. Aspek Ekonomi**

Dalam konteks perusahaan pengelola pembangkit listrik hybrid (Surya-Biomassa), aspek ekonomi dalam ESG (Environmental, Social, and Governance) berfokus pada keberlanjutan finansial, efisiensi biaya operasional, peluang investasi hijau, serta dampak ekonomi bagi masyarakat lokal. Langkah-langkah yang dapat dilakukan Perusahaan dalam pengelolaan Pembangkit Listrik Hybrid (Surya-Biomassa):

- a. Memastikan bahwa kegiatan ekonomi dilakukan dengan cara yang mendukung kesehatan ekonomi jangka panjang.
- b. Mempromosikan penggunaan sumber daya yang efisien dan pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan.
- c. Mendorong inovasi dan pengembangan teknologi berkelanjutan.

### **2.3.3. Aspek Sosial**

Aspek sosial dalam pengelolaan pembangkit listrik hybrid (Surya-Biomassa) menjadi sangat penting karena erat kaitannya dengan lingkungan sekitar. Beberapa hal yang menjadi perhatian serius:

- 3.1 Menekankan pentingnya kesetaraan sosial, keadilan, dan kesejahteraan masyarakat.
- 3.2 Melibatkan penciptaan kondisi yang memungkinkan individu dan komunitas untuk berkembang.
- 3.3 Mengatasi isu-isu seperti kesehatan, pendidikan, dan inklusi sosial.

### **2.4. Strategi Keberlanjutan Untuk Sebuah Pembangkit Listrik Energi Terbarukan - Hibryd**

Pembangkit listrik hybrid (Hybrid Renewable Energy Systems/HRES) yang menggabungkan sumber energi terbarukan, seperti surya dan biomassa, menawarkan solusi untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem energi, terutama di daerah terpencil atau kepulauan seperti di Pulau Kundur. Sistem hybrid dapat mengatasi variabilitas sumber energi terbarukan dan menyediakan pasokan listrik yang stabil. Menurut studi oleh [Jurasz et al. \(2019\)](#), kombinasi sumber energi terbarukan yang saling melengkapi dapat meningkatkan keandalan sistem dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. [Menurut Talukder et al. \(2022\)](#), HRES dapat meningkatkan keberlanjutan, keandalan, dan efisiensi dalam pembangkitan listrik, serta mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil [2].

Keberlanjutan pembangkit listrik hybrid juga bergantung pada pengelolaan sumber daya biomassa secara berkelanjutan, efisiensi operasional, dan keterlibatan masyarakat lokal dalam pengelolaan dan pemeliharaan sistem. Implementasi prinsip ekonomi sirkular dan strategi rendah karbon dalam operasi pembangkit

dapat meningkatkan keberlanjutan jangka panjang. Selain itu, dukungan kebijakan dan regulasi yang mendukung pengembangan sistem hybrid sangat penting untuk keberhasilan implementasinya.

#### **2.4.1. Keunggulan Sistem Hybrid Surya-Biomassa**

Sistem hybrid surya-biomassa menawarkan beberapa keunggulan:

1. Kombinasi ini mengurangi variabilitas pasokan energi, dengan biomassa menyediakan energi saat produksi surya menurun sehingga dapat meningkatkan keandalan energi.
2. Pemanfaatan Sumber Daya Lokal  
Biomassa dapat diperoleh dari limbah pertanian atau kehutanan setempat, mendukung ekonomi lokal dan pemanfaatan sumber daya lokal.
3. Pengurangan Emisi  
Pembangkit listrik hybrid dapat menggantikan peran pembangkit diesel dapat secara signifikan mengurangi emisi gas rumah kaca [3].

Studi oleh Ifeanyi-nze dan Okayim (2022) menunjukkan bahwa sistem hybrid surya-biomassa dapat meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi biaya operasional dibandingkan dengan sistem berbasis bahan bakar fosil [4].

#### **2.4.2. Tantangan dan Strategi Implementasi**

Meskipun memiliki banyak keunggulan, implementasi HRES menghadapi beberapa tantangan:

1. Variabilitas Sumber Energi, yaitu adanya ketergantungan pada kondisi cuaca dan ketersediaan biomassa memerlukan sistem penyimpanan energi yang efektif.
2. Biaya investasi awal yang tinggi dapat menjadi hambatan, meskipun biaya operasionalnya lebih rendah dalam jangka panjang.
3. Kompleksitas Operasional seperti integrasi berbagai sumber energi memerlukan sistem kontrol dan manajemen yang canggih.

### 2.4.3. Relevansi dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs)

Implementasi Sistem Hybrid Surya-Biomassa (*HRES*) sejalan dengan beberapa Tujuan Pembangunan Berkelanjutan antara lain:

1. *SDG 7* (Energi Bersih dan Terjangkau), dengan Sistem Hybrid Surya-Biomassa mampu menyediakan akses energi yang andal dan berkelanjutan.
2. *SDG 13* (Penanganan Perubahan Iklim), pembangkit Hybrid Surya-Biomassa dapat mengurangi emisi gas rumah kaca melalui penggunaan energi terbarukan.
3. *SDG 8* (Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi), dapat menciptakan lapangan pekerjaan melalui pengembangan dan pemeliharaan sistem energi terbarukan.
4. *SDG 12* (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab), dapat mendorong penggunaan sumber daya lokal secara efisien dan berkelanjutan.

Menurut Psarros et al. (2024), penerapan sistem penyimpanan energi yang tepat, seperti baterai atau pumped hydro storage, dapat meningkatkan fleksibilitas dan keandalan HRES seperti terutama di sistem kelistrikan kepulauan [5].

### 2.4.4. Studi Kasus dan Aplikasi Global

1. Termosolar Borges - Spanyol

Termosolar Borges, terletak di Les Borges Blanques, Catalonia, adalah pembangkit listrik hybrid pertama di dunia yang menggabungkan teknologi Concentrated Solar Power (CSP) dengan biomassa. Dengan kapasitas 22,5 MW, fasilitas ini menyediakan listrik secara berkelanjutan 24/7, memanfaatkan energi surya pada siang hari dan biomassa pada malam hari atau saat cuaca mendung. Pembangkit ini mampu menghindari emisi sekitar 24.500 ton CO<sub>2</sub> per tahun dan menyediakan listrik untuk sekitar 27.000 rumah tangga di Spanyol. Keberhasilan proyek ini menunjukkan bahwa integrasi CSP dan biomassa dapat meningkatkan keandalan dan kontinuitas pasokan energi terbarukan, bahkan di wilayah dengan radiasi matahari yang lebih rendah. [Wikipedia+1 Wikipedia+1 Wikipedia](#)

## 2. Husk Power Systems - India dan Afrika

Husk Power Systems adalah perusahaan yang mengembangkan dan mengoperasikan lebih dari 150 mini-grid hybrid surya-biomassa di India dan Afrika. Menggunakan limbah sekam padi sebagai bahan bakar biomassa dan panel surya untuk pembangkitan energi, sistem ini menyediakan listrik bagi komunitas pedesaan yang sebelumnya tidak terlayani oleh jaringan listrik nasional. Model bisnis pay-as-you-go yang diterapkan memungkinkan akses energi yang terjangkau dan berkelanjutan, serta mendorong pertumbuhan ekonomi lokal melalui penciptaan lapangan kerja dan pemberdayaan masyarakat. Keberhasilan Husk Power Systems menunjukkan potensi besar pembangkit hybrid skala kecil dalam meningkatkan akses energi di daerah terpencil. [Wikipedia](#)

## 3. Hybrid Solar-Biomass di Pulau Bangka, Indonesia

Sebuah studi kelayakan di Pulau Bangka, Indonesia, mengevaluasi potensi pembangkit listrik hybrid yang menggabungkan energi surya dan biomassa. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem hybrid ini dapat menghasilkan energi listrik dengan biaya Levelized Cost of Electricity (LCOE) sebesar 10,39 INR/kWh, yang kompetitif dibandingkan dengan pembangkit berbasis bahan bakar fosil. Studi ini menekankan pentingnya pemanfaatan sumber daya lokal, seperti limbah pertanian, untuk bahan bakar biomassa, serta potensi besar energi surya di wilayah tersebut. Implementasi sistem hybrid ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan pasokan listrik dan mendukung pembangunan berkelanjutan di daerah terpencil. [ResearchGate](#)

### 2.5. Bisnis Energi Terbarukan

Model bisnis dalam sektor energi terbarukan terus berkembang untuk menyesuaikan dengan dinamika pasar dan kebutuhan keberlanjutan. Salah satu model yang semakin populer adalah Energy-as-a-Service (EaaS), di mana penyedia layanan menawarkan solusi energi terintegrasi kepada pelanggan tanpa memerlukan investasi awal yang besar. Model ini memungkinkan adopsi teknologi energi terbarukan yang lebih luas, terutama di sektor komersial dan industri.

Selain itu, model bisnis komunitas energi terbarukan, seperti Renewable Energy Communities (RECs), memungkinkan masyarakat lokal untuk berpartisipasi aktif dalam produksi dan konsumsi energi terbarukan. Model ini tidak hanya meningkatkan akses energi bersih tetapi juga memberdayakan komunitas dan meningkatkan ketahanan energi lokal.

Pengembangan model bisnis yang inovatif dan inklusif sangat penting untuk mempercepat transisi energi dan mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan. Kolaborasi antara sektor publik, swasta, dan masyarakat sipil diperlukan untuk menciptakan ekosistem bisnis energi terbarukan yang berkelanjutan dan berdaya saing.

### **2.5.1. Transformasi Model Bisnis Energi**

Perkembangan energi terbarukan telah mendorong perubahan paradigma dalam model bisnis sektor energi. Dari model sentralistik berbasis bahan bakar fosil, kini beralih ke model desentralistik, berbasis sumber daya lokal, dengan orientasi pada keberlanjutan jangka panjang. Model-model baru seperti Energy-as-a-Service (EaaS), Power Purchase Agreement (PPA), dan Community-Owned Renewable Energy kini mendominasi pengembangan energi di kawasan non-perkotaan dan pulau terpencil [6].

### **2.5.2. Dinamika Bisnis Energi di Wilayah Kepulauan**

Di daerah kepulauan seperti Pulau Kundur, akses terhadap energi seringkali menjadi tantangan utama karena ketergantungan pada PLTD dan keterbatasan infrastruktur interkoneksi antar pulau. Hal ini membuka peluang besar bagi model bisnis pembangkit hybrid skala lokal, yang dapat dimiliki, dioperasikan, atau dikelola secara kolaboratif antara pihak swasta, BUMD, koperasi, dan masyarakat.

Dalam konteks bisnis, potensi limbah biomassa dari industri pertanian lokal, seperti limbah sawit, sabut kelapa, atau jerami, dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar lokal yang murah dan berlimpah. Bila dikombinasikan dengan teknologi PV (solar panel), sistem hybrid surya-biomassa dapat menurunkan biaya LCOE (Levelized

Cost of Electricity) dan menciptakan ekosistem ekonomi energi yang mandiri dan resilient. Mugnier, D., & Klein, P. (2022). "Business models and local partnerships for renewable energy in island territories." *Energy Policy*, 165, 112964. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112964>

### 2.5.3. Kesesuaian dengan ESG dan SDGs

Model bisnis energi terbarukan di Pulau Kundur yang berbasis hybrid Surya-Biomassa sejalan dengan prinsip ESG (*Environmental, Social, and Governance*): Pengurangan emisi karbon dan pemanfaatan limbah pertanian (*Environmental*), Peluang kerja dan pemberdayaan masyarakat lokal (*Social*) dan Tata kelola energi desa melalui regulasi lokal dan partisipasi pemangku kepentingan (*Governance*)

Selain itu, bisnis ini berkontribusi langsung terhadap beberapa Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau), SDG 8 (Pertumbuhan Ekonomi dan Pekerjaan Layak), dan SDG 13 (Aksi Iklim). Yadav, P., Kumar, R., & Thakur, N. (2023). "Aligning Energy Business Strategies with SDG Targets: A Case from Southeast Asia." *Journal of Cleaner Production*, 388, 136016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136016>

### 2.5.4. Rekomendasi Strategis untuk Pulau Kundur

Untuk memastikan kelayakan dan keberlanjutan bisnis energi hybrid di Pulau Kundur, ada beberapa pendekatan strategis yang menjadi perhatian antara lain:

1. Kemitraan multipihak (multi-stakeholder) antara pemerintah daerah, perusahaan energi, koperasi desa, dan masyarakat pengguna.
2. Model bisnis hibrida yaitu kombinasi antara sistem PPA dan tarif berbasis langganan lokal, termasuk subsidi lintas sektor.
3. Dukungan kebijakan dan insentif fiskal seperti feed-in-tariff, pengurangan pajak, atau skema carbon credit.

4. Peningkatan kapasitas lokal seperti pelatihan operator, manajemen rantai pasok biomassa, dan pendidikan energi terbarukan.

Ahlborg, H., & Sjöstedt, M. (2022). "Small-scale renewable energy businesses in developing regions: Pathways to sustainability?" *Energy Research & Social Science*, 87, 102495.  
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102495>

