

## ***Strategi Pengembangan Pertanian Berkelanjutan: Optimalisasi Smart Greenhouse Di Kabupaten Mojokerto Melalui Penggunaan Agri-Voltaic***

**Kirani Bararah, Robiah Al Aminah**

Universitas Airlangga, (031) 5914042-43

Email korespondensi: [kirani.bararah-2020@fh.unair.ac.id](mailto:kirani.bararah-2020@fh.unair.ac.id)

**Abstrak:** Perjanjian Paris bertujuan mengatasi perubahan iklim global dengan mengurangi emisi gas rumah kaca yang diintegrasikan dengan transisi energi. Transisi energi harus mempertimbangkan pentingnya mengatasi dampak sosial dan ekonomi secara global. Selain itu, penekanan diberikan pada pentingnya energi dalam sektor pertanian dan penggunaan energi baru terbarukan untuk mendukung pertanian berkelanjutan. Tulisan ini menggambarkan kompleksitas hubungan antara energi dan pertanian berkelanjutan serta pentingnya integrasi energi baru terbarukan dalam sistem pertanian untuk mencapai pertanian berkelanjutan yang dianalisis dengan metode deskriptif analisis. Penggunaan energi baru terbarukan agri-voltaic pada smart greenhouse di Mojokerto menjadi langkah yang efektif untuk mencapai pertanian yang lebih efisien energi dan berkelanjutan. Dengan pendekatan yang benar, teknologi ini dapat memainkan peran kunci dalam menyediakan makanan yang berkelanjutan, mengurangi emisi, dan meminimalkan dampak lingkungan. Dengan dukungan dan investasi yang tepat, smart greenhouse dapat menjadi bagian integral dari solusi global untuk tantangan pertanian dan energi dalam mewujudkan transisi energi berkelanjutan di sektor dalam mendukung upaya mewujudkan ketahanan pangan dan ketahanan energi. Kolaborasi berbagai pihak diperlukan untuk mewujudkan pertanian berkelanjutan, dengan fokus pada peningkatan ketahanan energi.

**Kata kunci:** Energi Baru Terbarukan, Ketahanan Energi, Pertanian Berkelanjutan, Smart Greenhouse, Agri-voltaic.

**Abstract:** *The Paris Agreement aims to address global climate change by reducing greenhouse gas emissions integrated with the energy transition. The energy transition must consider addressing social and economic impacts globally. In addition, emphasis is given to the importance of energy in the agricultural sector and the use of new renewable energy to support sustainable agriculture. This paper describes the complexity of the relationship between energy and sustainable agriculture and the importance of integrating renewable energy in agricultural systems to achieve sustainable agriculture analysed by descriptive analysis method. Using agri-voltaic renewable energy in smart greenhouse in Mojokerto is an effective step to achieve more energy-efficient and sustainable agriculture. With the right approach, this technology can play a key role in providing sustainable food, reducing emissions, and minimising environmental impacts. With the right support and investment, smart greenhouse can be an integral part of the global solution to agricultural and energy challenges in realising a sustainable energy transition in the sector to support efforts to realise food security and energy security. Multi-stakeholder collaboration is needed to realise sustainable agriculture, focusing on improving energy security.*

**Keywords:** Clean Energy, Energy Security, Sustainable Agriculture, Smart Greenhouse, Agri-voltaic.

### **Article History :**

*Received; 14-09-2023; Revised; 07-10-2023; Accepted; 04-11-2023*



This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

## PENDAHULUAN

Perjanjian Paris ditandatangani pada *United Nations Framework Convention on Climate Change Conference* (UNFCCC) ke-21 dan telah diratifikasi oleh 197 negara. Tujuan utama dari Perjanjian Paris adalah untuk mengatasi perubahan iklim global dengan mengurangi emisi gas rumah kaca dan membatasi kenaikan suhu rata-rata global di bawah 2°C dengan upaya membatasi kenaikan suhu di bawah 1,5°C (UNFCCC, 2016). Selain penurunan emisi gas rumah kaca yang signifikan, Perjanjian Paris juga diintegrasikan dengan konsep transisi energi yang berkeadilan untuk memastikan transisi ini adil dan merata bagi semua negara. Kesepakatan yang tertuang dalam Perjanjian Paris kemudian dibahas lebih lanjut dalam *Conference of Parties* (COP) 24 yang berlangsung di Polandia. Konferensi ini melahirkan *Silesia Declaration on Solidarity and Just Transition* yang diprakarsai oleh 53 negara, termasuk Indonesia. Deklarasi ini menggarisbawahi pentingnya mengatasi dampak sosial dan ekonomi dari transisi energi. Deklarasi ini juga mengakui pentingnya transisi dengan mempertimbangkan kepentingan pekerja dan masyarakat yang terkena dampak dalam proses transisi energi sehingga diperlukan langkah-langkah konkret untuk memastikan perlindungan pekerja, pelatihan ulang, pembangunan ekonomi yang berkelanjutan, dan dukungan sosial bagi mereka yang terkena dampak dari perubahan ini. Selain itu, konferensi ini juga menghasilkan *The Katowice Climate Package* (UNFCCC, 2018) yang merinci pedoman untuk mengimplementasikan Perjanjian Paris dalam hal pengurangan emisi karbon dan mempertimbangkan aspek ekonomi.

Indonesia telah berkomitmen pada tahun 2030 untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dengan target pengurangan emisi sebesar 31,89% dengan usaha sendiri dan mencapai 43,2% dengan dukungan internasional, mengacu pada *Enhanced Nationally Determined Contribution* yang disampaikan kepada UNFCCC pada tahun 2022. Hampir seluruh sektor kehidupan, membutuhkan energi dari mulai ranah domestik hingga bisnis, termasuk di sektor pertanian. Poin 7 Tujuan Pembangunan Berkelanjutan yakni penyediaan energi yang terjangkau, andal, berkelanjutan, dan bersih yang menjadi prioritas global sangat terkait dengan Poin 2 Tujuan Pembangunan Berkelanjutan yakni mengakhiri kelaparan, mencapai ketahanan pangan, memperbaiki nutrisi, dan mempromosikan pertanian yang berkelanjutan (IRENA & FAO, 2021). Sistem energi dan pangan dunia harus ditransformasikan untuk memenuhi permintaan yang terus meningkat untuk menjadi lebih inklusif, aman, dan berkelanjutan serta selaras dengan Agenda Pembangunan Berkelanjutan 2030 dan Perjanjian Paris tentang Perubahan Iklim. Jalur transformasi dari kedua sistem tersebut saling terkait erat. Sistem pertanian mengkonsumsi sekitar 30% energi dunia dan sepertiga dari emisi gas rumah kaca sistem pertanian berasal dari penggunaan energi. Transisi energi akan secara langsung mempengaruhi sistem pangan dan sebaliknya.

Sistem pangan dan energi juga memiliki dampak yang besar terhadap masyarakat, ekonomi, dan lingkungan sehingga menjadikannya sebagai pusat untuk mencapai berbagai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan. Lebih dari 2,5 miliar orang di seluruh dunia bergantung pada pertanian untuk mata pencaharian mereka sehingga menjadikan sektor pertanian sebagai pendorong utama pembangunan (IRENA & FAO, 2021). Memastikan bahwa energi yang digunakan dapat diandalkan, terjangkau, dan ramah lingkungan untuk produksi primer,



pemrosesan pasca panen, penyimpanan, dan pemasakan dalam sistem pertanian merupakan faktor kunci untuk meningkatkan hasil panen, meningkatkan pendapatan, mengurangi kerugian, dan ketahanan iklim yang lebih baik. Namun, saat ini pola penggunaan energi dalam sistem pertanian menunjukkan kesenjangan regional, kurangnya akses ke energi baru terbarukan, terutama di negara berkembang, dan ketergantungan yang terus berlanjut pada bahan bakar fosil.

Transisi dari energi konvensional ke energi baru terbarukan di sektor pertanian berkaitan dengan beberapa isu penting. Pertanian memerlukan energi untuk berbagai aspek operasional, termasuk irigasi, pemrosesan makanan, pengangkutan hasil pertanian, dan lain sebagainya. Transisi ke energi baru terbarukan di sektor pertanian juga memerlukan kebijakan yang mendukung, investasi dalam teknologi yang lebih efisien, dan pendekatan berkelanjutan dalam pengelolaan sumber daya (IRENA, 2022). Hal ini dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca sekaligus mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Pertanian yang menggunakan energi baru terbarukan juga memerlukan manajemen energi yang cerdas untuk mengoptimalkan penggunaan energi, terutama dalam aplikasi seperti pengaturan suhu dan irigasi yang membutuhkan energi. Dengan dukungan pelatihan dan sumber daya teknis yang sesuai, petani dapat mengatasi tantangan dalam mengadopsi teknologi energi baru terbarukan. Pemerintah, organisasi pertanian, dan sektor swasta berperan penting dalam menyediakan sumber daya dan mendukung pertanian yang berkelanjutan secara energi.

Seiring dengan modernisasi rantai nilai agrikultur, alternatif sumber energi bahan bakar fosil diperlukan untuk memastikan bahwa sistem pangan dibangun di atas pondasi yang aman, berkelanjutan secara lingkungan, dan tangguh (IRENA, 2022). Energi baru terbarukan dapat memainkan peran penting dalam memenuhi kebutuhan listrik dalam sistem pangan baik di negara maju maupun negara berkembang. Dengan demikian, energi baru terbarukan dapat mendukung upaya untuk mengakhiri kelaparan, menurunkan emisi gas rumah kaca, meningkatkan kapasitas adaptasi petani dan pertanian, meningkatkan pendapatan, dan mengurangi dampak lingkungan dari sektor pangan. Pada saat yang sama, hal ini juga dapat berkontribusi pada kesetaraan gender dan lapangan kerja bagi kaum muda.

Indonesia memiliki potensi sumber daya energi baru terbarukan yang signifikan dan dapat dioptimalkan untuk mendukung pertanian berkelanjutan. Saat ini, pemerintah berupaya mengembangkan sumber daya ini dengan berbagai tujuan seperti meningkatkan keamanan energi, melindungi lingkungan, meningkatkan akses energi, dan mendorong investasi (Wardana, D. A., 2023). Memanfaatkan potensi sumber energi baru terbarukan di bidang pertanian dapat membantu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan meningkatkan ketahanan energi di sektor pertanian (Al Huda, A. K. N., 2023). Indonesia terletak di daerah tropis dengan banyak sinar matahari sepanjang tahun. Hal ini menjadikan panel surya sebagai sumber energi baru terbarukan yang sangat potensial untuk digunakan di bidang pertanian, termasuk pemanas air, irigasi tenaga surya, dan penerangan pertanian. Hal ini bisa diterapkan pada program *Smart Greenhouse* (SGH) di Kabupaten Mojokerto. Pada hakikatnya, penggunaan SGH di Mojokerto yang masih menggunakan energi listrik dapat dianggap tidak efisien karena bertentangan dengan tujuan utama penggunaan *greenhouse* yaitu fokus pada efisiensi energi dan keberlanjutan energi.



Pertanian berkelanjutan telah menjadi prioritas karena tantangan ketahanan pangan dan perubahan iklim. Salah satu pendekatan inovatif adalah penggunaan SGH untuk menghasilkan produk pertanian dengan lebih efisien dan berkelanjutan. Namun, keberlanjutan sejati dalam pertanian, termasuk SGH, memerlukan fokus yang lebih besar pada energi bersih dan sumber daya terbarukan.

Kajian mengenai analisis dan perancangan energi baru terbarukan dengan agri-voltaic untuk budidaya tanaman hidroponik pada *greenhouse* tropis telah cukup banyak dilakukan. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian-penelitian tersebut tentunya adalah untuk implementasi potensi energi baru terbarukan agri-voltaic pada *smart greenhouse*. Dari kajian potensi implementasi energi baru terbarukan agri-voltaic di sejumlah wilayah di Indonesia, menjadi salah satu langkah awal untuk membantu masalah para petani konvensional sekaligus membantu dalam pemberdayaan untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi terbarukan di Desa Pontang Legon (Yasmin, S. Y. et al., 2023). Di Mojokerto, belum pernah dilakukan penelitian untuk mengetahui potensi implementasi energi baru terbarukan di bidang pertanian *smart greenhouse*. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui potensi implementasi energi baru terbarukan agri-voltaic untuk mengoptimalisasikan potensi *smart greenhouse* untuk menunjang pertanian berkelanjutan.

## **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan dalam tulisan ini yaitu metode deskriptif analisis. Metode deskriptif analisis adalah metode yang mengidentifikasi dan menganalisis data untuk menjawab pertanyaan penelitian (National Center for Education Evaluation and Regional Assistance, 2017). Metode deskriptif analisis menyajikan data yang relevan dengan pertanyaan penelitian yang diperoleh melalui penelusuran literatur baik melalui buku, jurnal, peraturan perundang-undangan, internet, studi terdahulu, maupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan topik penelitian.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Ketahanan Energi dan Pertanian Berkelanjutan**

Trilema energi terdiri dari *Energy Security*, *Affordability*, dan *Environment Sustainability*. Setiap negara memiliki urgensi yang berbeda dalam merespon trilema energi, tergantung pada tingkat pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakatnya. Pada umumnya negara maju menetapkan *environment sustainability* sebagai prioritas, sementara prioritas negara berkembang pada *energy security* dan *affordability*. *World Energy Council Energy Trilemma* berpandangan bahwa trilema energi dapat menjadi cara yang baik untuk mengkonseptualisasikan tiga masalah kebijakan energi, yang seringkali bertentangan satu sama lain. Tiga masalah kebijakan energi tersebut yakni ketahanan energi yang bertujuan untuk memastikan keandalan sumber energi, pemerataan energi yang bertujuan untuk memastikan energi terjangkau bagi konsumen, dan keberlanjutan Energi yang bertujuan untuk mewujudkan *net zero emission*.

Konsep 'ketahanan energi' pertama kali diperkenalkan oleh Amerika Serikat ketika mengadopsi dokumen yang mengatur tindakan negara di bidang keamanan nasional. Meskipun



telah dikembangkan oleh berbagai ahli, masih belum ada pemahaman universal tentang apa yang dimaksud dengan ketahanan energi. Ketahanan energi didefinisikan sebagai proses tanpa gangguan dalam mengamankan jumlah energi yang dibutuhkan untuk menopang kehidupan dan aktivitas sehari-hari sambil memastikan keterjangkauannya (Clarke, 2021). Dewan Energi Nasional mendefinisikan ketahanan energi sebagai kondisi terjaminnya akses masyarakat terhadap ketersediaan energi dengan harga yang terjangkau dan mempertimbangkan aspek keberlanjutan lingkungan.

*International Energy Agency* (IEA), membagi ketahanan energi melalui dua aspek utama yaitu ketahanan energi jangka panjang dan jangka pendek. Ketahanan energi jangka panjang berkaitan dengan investasi pada pasokan energi dan kaitannya dengan perkembangan ekonomi dan kebutuhan lingkungan. Sementara itu, ketahanan energi jangka pendek berkaitan dengan bagaimana sistem energi mampu melakukan respons yang cepat terhadap perubahan mendadak dalam siklus pasokan dan permintaan energi. *World Energy Council* (WEC) dan *Asia Pacific Energy Research Centre* (APEREC), mencetuskan 5 (lima) pilar ketahanan energi yaitu *availability* (ketersediaan), *affordability* (keterjangkauan), *accessibility* (kemudahan), *acceptability* (penerimaan masyarakat dan lingkungan), dan *sustainability* (keberlanjutan).

Energi adalah katalis pertumbuhan ekonomi, terutama dalam kaitan dengan mewujudkan pertanian berkelanjutan. Pertanian berkelanjutan adalah suatu pendekatan yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan makanan, serat, dan bahan pangan sambil menjaga dan meningkatkan kesehatan lingkungan, sosial, dan ekonomi (Sulistyono, N. B. E., 2019). Pertanian berkelanjutan mengimplementasikan pendekatan yang holistik yang bertujuan untuk menjaga keseimbangan antara kepentingan ekonomi, sosial, dan lingkungan. Melalui implementasi konsep dan prinsip ini, pertanian berkelanjutan dapat berkontribusi pada ketahanan pangan dan kesejahteraan jangka panjang.

Pertanian berkelanjutan mendasarkan pada prinsip-prinsip keseimbangan lingkungan, efisiensi sumber daya, kesejahteraan sosial, keberlanjutan ekonomi, reproduksi dan peremajaan tanah, kesejahteraan masyarakat lokal, edukasi, serta ketahanan terhadap perubahan iklim. Dengan fokus pada upaya menjaga keberlanjutan ekologi, mengurangi pemborosan sumber daya, meningkatkan kesejahteraan sosial, dan menciptakan ekonomi yang berkelanjutan, pertanian berkelanjutan tidak hanya menjawab tantangan kebutuhan pangan global, tetapi juga mendukung kesejahteraan manusia dan alam secara keseluruhan. Konsep pertanian berkelanjutan mendukung visi pertanian yang lebih ramah lingkungan, ekonomis, dan sosial. Ini penting dalam menjawab tantangan global, seperti ketahanan pangan, perubahan iklim, dan pelestarian lingkungan alam. Pertanian berkelanjutan juga mempromosikan keberlanjutan jangka panjang dengan memastikan bahwa sumber daya yang diperlukan untuk pertanian tetap tersedia bagi generasi masa depan.

Penggunaan energi pada sistem pertanian, bertanggung jawab atas sekitar sepertiga dari emisi gas rumah kaca (GRK). Total emisi karbon dari energi yang dihasilkan oleh sistem pertanian meningkat menjadi 21% dari total emisi karbon pada tahun 2015 atau meningkat 31% dari tahun 1990. Pengolahan dan distribusi makanan, yang meliputi ritel, pengemasan dan transportasi, mengalami peningkatan terbesar. Semua tahapan ini meningkatkan emisi secara substansial mencapai sepertiga hingga tiga kali lipat dibandingkan dengan tahun 1990 (Crippa



et al., 2021). Energi juga dapat menjadi bagian dari solusi untuk mengatasi hubungan antara perubahan iklim dan sistem pertanian. Hal ini dapat dicapai melalui:

- 1) penggunaan energi terbarukan dalam sistem pertanian;
- 2) produksi energi terbarukan dari residu sistem pertanian;
- 3) pengurangan emisi GRK yang tertanam dalam kehilangan; dan
- 4) penyerapan karbon pada tanaman energi dan tanah menggunakan pupuk hayati yang berasal dari produksi biogas dan biochar dari gasifikasi biomassa padat.

Memastikan penggunaan energi yang cukup dalam rantai makanan dapat juga dapat berkontribusi pada adaptasi perubahan iklim dengan meningkatkan ketahanan terhadap perubahan pola cuaca, misalnya sistem irigasi pertanian yang menggunakan listrik dibandingkan dengan pertanian tadah hujan dan berpotensi meningkatkan pendapatan melalui diversifikasi produk dan jasa, kegiatan bernilai tambah dan menciptakan lapangan kerja lokal.

Tantangan dalam mewujudkan pertanian berkelanjutan adalah memisahkan penggunaan bahan bakar fosil dalam transformasi sistem pertanian dan inovasi terkait lainnya, tanpa mengesampingkan ketahanan pangan. Dengan meningkatnya permintaan energi dan produk pertanian, transformasi kedua sistem tersebut diperlukan untuk diselaraskan dengan tujuan iklim dan keberlanjutan global. Keterkaitan antar sektor sedemikian rupa sehingga transformasi di salah satu sektor akan berdampak besar pada sektor lainnya. Secara khusus, transisi energi akan secara langsung mempengaruhi dan dipengaruhi oleh perubahan sistem pertanian dan sebaliknya. Sistem pertanian dan energi juga berkontribusi besar terhadap Tujuan Pembangunan Berkelanjutan. Sebagai contoh, solusi energi baru terbarukan yang digunakan untuk sistem pertanian dapat meningkatkan pendapatan petani dan pelaku lain dalam rantai pasokan pertanian, memperkuat upaya pengentasan kemiskinan, meningkatkan hasil kesehatan melalui pengurangan penggunaan bahan bakar tradisional untuk memasak dan akses yang lebih baik ke air, serta mendukung pemberdayaan gender serta ketahanan dan mitigasi iklim (IRENA, 2016a).

Energi baru terbarukan memainkan peran penting dalam memenuhi kebutuhan energi sistem pertanian di negara maju dan berkembang. Dengan demikian, hal ini dapat mendukung upaya untuk mengakhiri kelaparan, mengurangi menurunkan emisi gas rumah kaca, meningkatkan kapasitas adaptasi petani dan perusahaan pertanian, meningkatkan pendapatan, dan mengurangi dampak lingkungan dari sektor pertanian. Pada saat yang sama, hal ini dapat berkontribusi pada kesetaraan gender dan ketenagakerjaan kaum muda (IFAD, 2020). Sistem pertanian di negara-negara berkembang menyumbang sebagian besar mata pencaharian petani, nelayan, dan pelaku lain dalam rantai nilai pangan. Oleh karena masih berkembangnya infrastruktur dari sistem-sistem tersebut, jumlah tambahan energi yang dibutuhkan untuk meningkatkan produktivitas, ketahanan pangan dan ketahanan terhadap iklim, serta tantangan lainnya akan menjadi signifikan. Saat ini, kurangnya akses terhadap energi yang andal dan terjangkau merupakan kendala utama dalam produksi pertanian dan pengolahan pasca panen (IFAD, 2020). Hal ini juga menjadi alasan utama mengapa rantai makanan di negara berkembang mengalami kerugian yang signifikan bahkan sebelum makanan mencapai pasar (FAO, 2020a). Saat ini, komunitas pertanian pedesaan hanya memperoleh sebagian kecil dari



nilai produk pertanian. Sebagian besar diperoleh oleh perusahaan-perusahaan yang lebih dekat ke daerah perkotaan dengan akses, fasilitas dan infrastruktur yang lebih siap.

Meningkatkan ketahanan pangan dan meningkatkan pendapatan produsen primer bergantung pada akses ke terhadap energi baru terbarukan dan perubahan lain seperti pembiayaan, peralatan, pengetahuan bisnis, serta akses pasar. Strategi mitigasi akan membutuhkan efisiensi energi dan dekarbonisasi di semua segmen rantai nilai pangan. Di negara maju, peluang signifikan untuk meningkatkan efisiensi energi dapat ditemukan dalam kegiatan produksi. Sebaliknya, di negara berkembang, fokusnya harus pada penggunaan energi pasca panen (Bajan, Mrówczyńska-Kamińska dan Poczta, 2020). Penggunaan energi baru terbarukan dapat mendukung mitigasi, sekaligus memenuhi kebutuhan energi di sektor primer dalam hal produksi, pemrosesan, penyimpanan, distribusi, dan ritel. Selain mitigasi, integrasi energi baru terbarukan dalam sistem pertanian juga memperkuat adaptasi dan menambah ketahanan terhadap peristiwa cuaca ekstrem dan kekurangan sumber daya yang disebabkan oleh perubahan iklim.

### **Optimalisasi Energi Baru Terbarukan untuk Akselerasi Pertanian Berkelanjutan di Mojokerto**

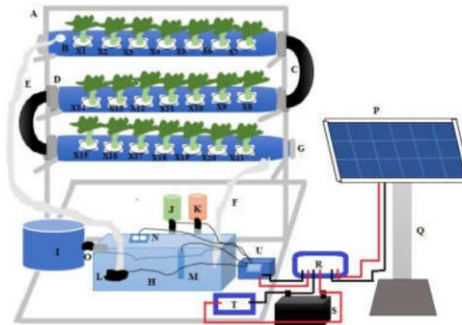
Langkah penting dalam akselerasi pertanian berkelanjutan untuk ketahanan energi adalah melalui pendekatan berbasis teknologi yang menjadi peran kunci dalam menyediakan makanan yang berkelanjutan, mengurangi emisi, dan meminimalkan dampak lingkungan. Bioenergi modern memainkan peran penting dalam memajukan transisi energi di sektor pertanian. Kontribusi dalam konsumsi energi diperkirakan meningkat menjadi 18% pada tahun 2050, dari 3% pada tahun 2018 (IRENA, 2021a). Sistem pertanian-energi yang terintegrasi berdasarkan tanaman pangan, residu atau agri-voltaik, akan memiliki peran sentral dalam meningkatkan penggunaan bioenergi yang berkelanjutan di berbagai sektor. Namun, peran penting dari sistem pertanian ini seringkali diabaikan dalam diskusi dan program-program peningkatan pengembangan energi baru terbarukan.

Dengan dukungan dan investasi yang tepat, *smart greenhouse* dapat menjadi bagian integral dari solusi global untuk tantangan pertanian dan energi. Optimalisasi energi bersih untuk akselerasi pertanian berkelanjutan di *greenhouse* (rumah kaca) di Mojokerto adalah langkah yang sangat relevan dalam mencapai pertanian yang lebih efisien secara energi, ramah lingkungan, dan berkelanjutan di lingkungan yang terkontrol. *Greenhouse* memiliki potensi untuk mendukung praktik pertanian berkelanjutan dengan memanfaatkan energi baru terbarukan dengan mengimplementasikan agri-voltaic. Agri-voltaic adalah konsep yang menggabungkan pertanian dengan energi baru terbarukan, seperti panel surya di dalam satu lahan pertanian. Pendekatan ini bertujuan untuk menciptakan pertanian yang berkelanjutan dengan memanfaatkan lahan secara efisien, menghasilkan energi bersih, dan meningkatkan produktivitas pertanian (Syahrullah, S., & Sau, T., 2023).

*Smart greenhouse* dapat dianggap sebagai sumber energi baru terbarukan jika memenuhi kriteria berkelanjutan yaitu melalui konsep agri-voltaic yang memungkinkan penggunaan ganda lahan, di mana tanaman pertanian dapat tumbuh di bawah panel surya yang dapat mengurangi tekanan pada lahan pertanian dan meningkatkan penggunaan efisien lahan.



Instalasi panel surya di *greenhouse* dapat memberikan sumber energi baru terbarukan untuk pemanasan, pencahayaan, dan keperluan energi lainnya. Energi surya adalah pilihan yang sangat relevan di daerah tropis seperti Mojokerto dengan cahaya matahari yang melimpah. Dengan mengadopsi langkah ini, *greenhouse* di Mojokerto dapat menjadi contoh pertanian berkelanjutan yang efisien secara energi dan ramah lingkungan. Hal ini akan membantu meningkatkan produktivitas pertanian sekaligus mengurangi dampak negatif pada lingkungan dan menciptakan keberlanjutan jangka panjang untuk ketahanan pangan di daerah tersebut.



Rancangan implementasi panel surya pada hidroponik

Sumber : ( )

Keterangan Gambar :

- A : Tiang Penyangga Hidroponik
- B : Pipa / Wadah Hidroponik
- C : Elbow Penghubung Pipa
- D : Dopp Penutup Pipa Elbow
- E : Selang dari Bak Nutrisi
- F : Selang ke Bak Nutrisi
- G : Dop Penutup Pipa
- H : Bak Nutrisi Utama
- I : Bak Nutrisi Cadangan
- J : Larutan pH Asam
- K : Larutan pH Basa
- L : Pompa Hidroponik
- M : Sensor pH
- N : Sensor Ultrasonik HC-SR04
- O : Solenoid Valve
- P : Panel Surya
- Q : Tiang Penyangga
- R : Solar Charger Controller
- S : Aki
- T : Solar Watt Meter

Meningkatkan penggunaan energi terbarukan dalam sistem pertanian, membutuhkan upaya bersama antara pemerintah, sektor swasta, lembaga pembiayaan, akademisi, dan



This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

organisasi internasional (IRENA & FAO, 2021). Diperlukan pendekatan sistem pertanian yang tidak hanya dari rantai makanan. Perubahan iklim diperkirakan akan meningkatkan frekuensi dan intensitas kejadian cuaca ekstrem, seperti kekeringan, banjir, dan badai, yang mempengaruhi produksi pangan dan mata pencaharian. Untuk mengurangi kerentanan terhadap dampak-dampak tersebut, petani dapat mengadopsi praktik cerdas-iklim, seperti pemanenan air hujan, diversifikasi tanaman, dan penggunaan varietas yang tahan terhadap kekeringan. Dengan membangun ketahanan terhadap perubahan iklim, petani dapat meningkatkan kapasitas adaptasi mereka, mengurangi risiko, dan melindungi mata pencaharian mereka.

Pertanian regeneratif berfokus pada membangun kesehatan tanah, meningkatkan keanekaragaman hayati, dan meningkatkan kapasitas ekosistem untuk menyerap karbon. Pendekatan ini melibatkan praktik-praktik seperti pengolahan tanah konservasi, penanaman tanaman penutup, rotasi tanaman, tumpang sari dan wanatani. Dengan menggabungkan praktik-praktik ini ke dalam sistem pertanian, para petani dapat meningkatkan kesuburan tanah, meningkatkan hasil panen, dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Menurut sebuah penelitian yang diterbitkan dalam *Nature Sustainability*, praktik pertanian agroekologi dapat mengurangi pencucian nitrogen sebesar 21% dan meningkatkan kualitas tanah dibandingkan dengan praktik pertanian konvensional.

Hubungan antara energi baru terbarukan dan pertanian dapat dimanfaatkan untuk memaksimalkan dampak pembangunan di daerah pedesaan. Menyediakan akses energi yang baru terbarukan dan terjangkau bagi para petani dapat meningkatkan kesehatan masyarakat dan menciptakan lebih banyak kesempatan untuk mendapatkan penghasilan melalui peningkatan dan diversifikasi produksi pertanian. Dengan meningkatnya pendapatan, rumah tangga dan masyarakat dapat membeli lebih banyak energi. Peningkatan permintaan energi ini dapat memungkinkan produk dan layanan energi yang baru atau lebih baik, yang dapat menciptakan lebih banyak peluang untuk meningkatkan mata pencaharian dan memperkuat siklus energi-pertanian untuk mewujudkan transisi energi yang berkelanjutan di sektor dalam mendukung upaya mewujudkan ketahanan pangan dan ketahanan energi.

## **KESIMPULAN**

Perjanjian Paris sebagai kesepakatan global untuk mengatasi perubahan iklim dengan mengurangi emisi gas rumah kaca. Perjanjian ini juga diintegrasikan dengan konsep transisi energi yang berkeadilan untuk memastikan transisi ini adil dan merata bagi semua negara. Konferensi COP 24 menghasilkan Deklarasi Silesia yang menekankan pentingnya mengatasi dampak sosial dan ekonomi dari transisi energi. Penggunaan energi juga berperan penting dalam sektor pertanian terutama penggunaan energi baru terbarukan untuk mewujudkan pertanian berkelanjutan. Transisi ke energi baru terbarukan dalam sektor pertanian memerlukan kebijakan yang mendukung, investasi dalam teknologi yang lebih efisien, dan pendekatan berkelanjutan di sektor pertanian. Pertanian berkelanjutan menuntut peralihan dari sumber energi berbasis bahan bakar fosil yang tidak terbarukan ke sumber energi baru terbarukan, yang meliputi tenaga surya, angin, nuklir, dan tenaga air. Pertanian berkelanjutan dapat mengandalkan turbin angin atau panel surya untuk memenuhi kebutuhan energi dalam sistem



This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

pertanian. Sistem pertanian juga dapat menggunakan kendaraan listrik untuk mendukung pekerjaan pertanian. Inovasi seperti peralatan pertanian yang ramah lingkungan dan peningkatan insulasi bangunan pertanian dapat membantu mengurangi penggunaan energi berbasis fosil di sistem pertanian. Konsumsi bahan bakar fosil dikaitkan dengan polusi udara dan hujan asam serta melepaskan karbon dioksida yang menjadi salah satu faktor pendorong utama pemanasan global.

Implementasi konsep agri-voltaic pada *smart greenhouse* di Mojokerto merupakan langkah penting dalam akselerasi pertanian berkelanjutan untuk ketahanan energi. Dengan pendekatan yang benar, teknologi ini dapat memainkan peran kunci dalam menyediakan makanan yang berkelanjutan, mengurangi emisi, dan meminimalkan dampak lingkungan. Dengan dukungan dan investasi yang tepat, *smart greenhouse* dapat menjadi bagian integral dari solusi global untuk tantangan pertanian dan energi dalam mewujudkan transisi energi berkelanjutan di sektor dalam mendukung upaya mewujudkan ketahanan pangan dan ketahanan energi. Kompleksitasnya keterkaitan antara energi dan pertanian berkelanjutan serta pentingnya integrasi energi baru terbarukan dalam sistem pertanian untuk mencapai pertanian berkelanjutan sehingga diperlukan kolaborasi yang melibatkan antar sektor.

## REFERENSI

- Al Huda, A. K. N. (2023). Transisi Energi Di Indonesia: Overview & Challenges. *Buletin Pertamina*, 9(2), 49.
- IRENA. (2021). *An inclusive multi-stakeholder climate finance solution to advance the Global Energy Transition Capital Mobilization to Accelerate the Energy Transition*. June.
- IRENA. (2022). *Renewable energy for agriculture: Insights from Southeast Asia*. <https://www.irena.org/publications/2022/Jun/Renewable-energy-for-agriculture-Insights-from-Southeast-Asia>
- IRENA, & FAO. (2021). Renewable Energy and Agri-food Systems: Advancing Energy and Food Security towards Sustainable Development Goals. In *Renewable Energy and Agri-food Systems: Advancing Energy and Food Security towards Sustainable Development Goals*. <https://doi.org/10.4060/cb7433en>
- National Center for Education Evaluation and Regional Assistance. (2017). *Agri-voltaics: Opportunities for Agriculture and the Energy Transition: a guideline for Germany*. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. April, 1–76. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/APV-Guideline.pdf>
- Sulistiyono, N. B. E. (2019). Sistem Pertanian Terpadu yang Berkelanjutan. *UMM Press*, 1.
- Syahrullah, S., & Sau, T. (2023). Peningkatan Keterampilan Dan Produktivitas Cabai Kelompok Petani Berbasis Penerapan Agri-Voltaic: Implementasi Mitigasi Perubahan Iklim. *Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(2), 61–67.
- Wardana, D. A. (2023). Pengaturan Hukum tentang Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Terbarukan Dalam Mendorong Ekonomi Hijau (Green Economy) di Indonesia. *JURNAL BEVINDING*, 1(05), 27–42.
- Yasmin, S. Y., Jauhari, H., & Rayhan, A. (2023). Pemanfaatan Energi Terbarukan Melalui



This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Automatic Solar Hydroponic Untuk Mengoptimalkan Agri-Voltaic Di Desa Pontang Legon. *Karunia: Jurnal Hasil Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 2(1), 98–108.



This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.