

Potensi Panel Surya sebagai Energi Terbarukan untuk Ketahanan Energi dan Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia

Martin Wulyojati S, Ahmad Naufal Ramadhan H, Riski Maulidia S
Nadya Rizqi Hasanah Devi
MA Unggulan Amanatul Ummah Surabaya

E-mail : martin.oyluwjati@gmail.com

ABSTRAK

Pada era modernisasi ini hampir seluruh negara maju menggunakan energi listrik yang bersumber dari energi baru terbarukan. Namun Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbasis batubara hingga saat ini masih menjadi energi utama yang digunakan Indonesia, yang mana batu bara sendiri merupakan energi tak terbarukan. Hal tersebutlah yang menimbulkan efek rumah kaca serta global warming dikarenakan dampak negatif dari adanya Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Adapun salah satu solusinya yaitu dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Namun, tidak semudah itu bagi masyarakat Indonesia untuk beralih ke pemakaian Pembangkit Listrik Tenaga Surya dikarenakan masyarakat Indonesia sudah terbiasa menikmati pelayanan pasokan listrik dari PT PLN (Persero). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengulas pemanfaatan panel surya sebagai potensi energi terbarukan yang ramah lingkungan sehingga dapat mendukung pembangunan berkelanjutan dan ketahanan energi nasional. Penelitian bertujuan untuk mengkaji potensi penggunaan energi surya di Indonesia dengan keunggulan, hambatan dan solusi dalam memanfaatkannya sebagai energi terbarukan.

Kata kunci: Energi Terbarukan, Panel Surya, dan Pembangunan Berkelanjutan

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan salah satu negara dengan produksi energi terbesar di dunia. Pada 2018 Total Produksi Energi Primer (TPEP) Indonesia terdiri atas minyak bumi, gas bumi, batu bara, dan energi terbarukan dengan angka 411,6 MTOE (Metric Ton Oil Equivalent). Sebanyak 64% atau sekitar 261,4 MTOE digunakan untuk ekspor batu bara dan gas alam cair (LNG). Indonesia juga mengimpor minyak mentah untuk pembuatan bahan bakar minyak hingga mencapai 43,2 MTOE dan sejumlah kecil batu bara berkalori tinggi untuk memenuhi kebutuhan sektor industri. Adapun Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbasis batubara hingga saat ini masih menjadi energi utama yang digunakan Indonesia, yang mana batu bara sendiri merupakan energi tidak terbarukan. Hal tersebutlah yang menimbulkan efek rumah kaca serta global warming dikarenakan dampak negatif dari adanya Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) (Hakim, 2020).

Penggunaan energi di Indonesia untuk sektor transportasi merupakan yang paling tinggi yakni sebesar 40%, dilanjutkan dengan sektor industri 36%, rumah tangga 16%, kegiatan komersial 6%, dan sektor lain sebesar 2% (Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019). Saat ini Indonesia masih menggunakan BBM (Bahan Bakar Minyak) yang notabenehnya merupakan sumber energi tidak terbarukan sebagai pemenuhan berbagai sektor yang ada. Adapun total konsumsi BBM secara nasional mencapai sekitar 1,63 juta barel per harinya. Hal tersebut dialokasikan di berbagai sektor kehidupan seperti transportasi, industri, hingga rumah tangga. Adapun jumlah penduduk di Indonesia mencapai 273,52 juta jiwa serta menduduki posisi ke-4 sebagai negara dengan populasi terbanyak di dunia (Humas EBTKE, 2021). Dengan penduduk yang banyak dan terus bertambah seiring berjalannya waktu konsumsi BBM akan terus meningkat bersama dengan meningkatnya produktivitas masyarakat Indonesia. Konsumsi minyak yang tidak diiringi dengan jumlah produksi secara nasional akan mengakibatkan ancaman kelangkaan sumber energi minyak, seperti mulai langkanya BBM, harga BBM yang naik, aktivitas industri yang terhambat, hingga dapat mengurangi devisa negara. Sehingga pada akhirnya untuk memenuhi kebutuhan minyak nasional, Indonesia diharuskan melakukan impor minyak. Hal tersebut dapat membahayakan ketahanan energi nasional, sehingga harus dialihkan ke energi terbarukan.

Seiring berjalannya waktu kita tidak dapat selalu bergantung pada energi fosil, karena energi tersebut dapat habis suatu saat nanti. Pengembangan energi terbarukan harus segera

dilaksanakan secara nasional agar dapat menjaga ketahanan energi di Indonesia. Apabila Indonesia tetap bergantung pada energi tidak terbarukan, setidaknya akan muncul tiga ancaman serius. Pertama, polusi gas rumah kaca (terutama CO₂) akibat bahan bakar fosil. Perubahan iklim yang terjadi pada saat ini merupakan salah satu dampak dari ketidakseimbangan emisi di udara yang mana CO₂ telah mengalami peningkatan konsentrasi di udara. Selama bertahun-tahun kita terus menerus melepaskan karbondioksida ke atmosfer dengan menggunakan bahan bakar yang berasal dari sumber energi tidak terbarukan seperti batubara, gas bumi dan minyak bumi. Sehingga meningkatnya selimut alami dunia, meningkatnya suhu iklim dunia, serta perubahan iklim tidak dapat diprediksi. Hal tersebut dapat mematikan fenomena yang terjadi setelah rentang waktu cukup panjang, ditandai dengan perubahan pola cuaca dalam data statistiknya sepanjang periode waktu.

Kedua, kenaikan atau ketidakstabilan harga akibat laju permintaan yang lebih besar dari produksi minyak. Tidak dapat dipungkiri bahwa listrik telah beralih menjadi kebutuhan primer manusia. Seiring dengan meningkatnya permintaan listrik, tarif dasar listrik pun mengalami kenaikan. Ketika PLN mengalami kerugian kenaikan tarif dasar listrik merupakan langkah yang harus diambil, salah satu penyebab kerugian PLN tersebut adalah mahalnya biaya operasional untuk pembelian bahan bakar pembangkit. Hal ini menjadi permasalahan yang sulit sehingga harus dicari jalan tengahnya agar pasokan energi dapat mengimbangi banyaknya permintaan listrik dengan emisi yang rendah sehingga perubahan iklim dapat dimitigasi.

Ketiga, menipisnya cadangan minyak bumi yang diketahui. Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan meningkatnya jumlah kebutuhan energi. Saat ini energi di Indonesia masih bergantung pada minyak bumi. Ekplorasi minyak bumi secara terus-menerus menyebabkan menipisnya jumlah cadangan minyak bumi. Pada 2021, data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mencatat cadangan minyak Indonesia sebesar 3,95 miliar barel. Cadangan ini terdiri dari 2,25 miliar cadangan terbukti dan 1,7 miliar cadangan potensial (Humas EBTKE, 2021). Ketersediaan minyak bumi saat ini diperkirakan hanya mencukupi beberapa tahun saja seiring makin meningkatnya konsumsi. Apabila ilmuan masih memperdebatkan besarnya cadangan minyak yang masih bisa di eksplorasi, efek buruk CO₂ terhadap pemanasan global dapat disepakati hampir oleh semua kalangan. Hal ini menimbulkan ancaman serius bagi kehidupan makhluk hidup di permukaan bumi ini.

Pada era modernisasi ini hamper seluruh negara maju menggunakan energi listrik yang bersumber dari energi baru terbarukan. Namun di Indonesia dengan semakin menipisnya cadangan bahan bakar fosil, ketidakstabilan harga bahan bakar fosil, serta pertumbuhan ekonomi yang diperkirakan sekitar 7%-10% per tahun hingga pada tahun 2025 laju konsumsi

listrik di Indonesia akan meningkat dengan pesat. Penyediaannya bisa mencapai sekitar 120 GW. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut perlu mendapatkan dukungan energi terbarukan secara signifikan. Diantaranya adalah panas bumi, biomassa (melalui sampah, limbah, gasifikasi dan BBN) serta surya melalui PLTS. Adapun sumber energi terbarukan yang paling menjanjikan untuk abad ke-21 (Adel el Gammal, 2010) adalah tenaga surya dengan potensi panas bumi maksimum 28,18 Gwe karena jumlahnya yang melimpah, sebagai sumber energi baru terbarukan serta sistemnya menghasilkan listrik dengan nol emisi gas CO₂ atau polutan lain yang berhubungan dengan pemanasan global dan hujan asam (Boedoyo, 2013).

Meskipun potensi energi terbarukan di Indonesia ini sangat besar, namun pemanfaatannya masih terbatas. Dikarenakan teknologi yang digunakan untuk pemanfaatan energi terbarukan belum bisa diproduksi oleh Indonesia. Dengan demikian, Indonesia merupakan negara yang masih mengandalkan energi tak terbarukan. Padahal persediaan energi tersebut semakin menipis setiap harinya. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk meneliti potensi panel surya sebagai energi terbarukan untuk ketahanan energi di Indonesia dan pembangunan berkelanjutan.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka penelitian ini memiliki rumusan masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana potensi panel surya untuk ketahanan energi di Indonesia?
- 2) Bagaimana penggunaan panel surya untuk pembangunan berkelanjutan di kawasan Institut KH Abdul Chalim (IKHAC)?

3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka penelitian ini memiliki tujuan penelitian sebagai berikut:

- 1) Mendeskripsikan potensi panel surya untuk ketahanan energi di Indonesia.
- 2) Mendeskripsikan penggunaan panel surya untuk pembangunan berkelanjutan di kawasan kampus IKHAC.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1. Energi Surya

Indonesia sesungguhnya memiliki potensi sumber energi terbarukan dalam skala besar, salah satu diantaranya yakni energi surya. Energi surya merupakan salah satu dari sumber energi terbarukan yang mana energi tersebut bersifat tidak terbatas dan tidak akan pernah habis. Energi surya inilah yang dapat Indonesia gunakan sebagai sumber ketahanan energi nasional.

Energi surya digunakan untuk memasok daya listrik melalui panel surya atau PLTS. Panel surya atau PLTS dapat menghasilkan listrik dalam skala besar tanpa henti diambil langsung dari matahari tanpa memerlukan bahan bakar, sehingga sistem panel surya atau PLTS sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. Selain itu instalasi dan perawatan panel surya atau PLTS sangat mudah diadopsi oleh masyarakat sehingga dapat diterapkan di semua wilayah.

Adapun panel surya dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki beberapa keunggulan, yaitu:

- Jumlah energi matahari sangat berlimpah dan tersedia diseluruh lokasi permukaan bumi.
- Teknologi PLTS dapat dipasang, dirawat oleh tenaga lokal serta dapat dioperasikan oleh pengguna.
- PLTS sangat ramah lingkungan, tidak menghasilkan emisi gas, tidak bising, bekerja pada tempratur ruang, dan tidak ada risiko bencana terhadap keselamatan manusia dan lingkungan.

Menurut Boedoyo, pengembangan PLTS mempunyai kendala atau masalah sebagai berikut:

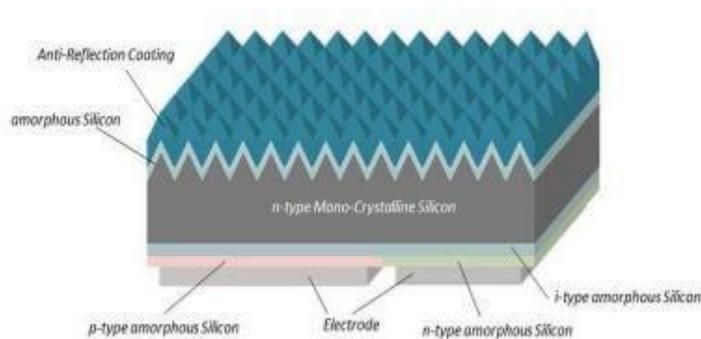
- Secara ekonomi biaya pembangkitan listrik dengan PLTS lebih mahal dan hanya bisa bersaing dengan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD).
- PLTS membutuhkan lahan yang sangat luas dengan produksi 100Wp akan memerlukan sekitar 100 m².
- Pada siang hari PLTS memerlukan unit penyimpanan daya untuk penggunaan listrik di malam hari.
- Bahan dasar pembuatan sel surya (*ingot silicon crystalline*) didatangkan dari luar negeri dan belum diproduksi di Indonesia, padahal pasir silika Indonesia sangat besar.

- Dalam pengembangannya, PLTS perlu biaya untuk operasional, perawatan, perbaikan, dan penyediaan suku cadang termasuk accu yang cukup sulit didapatkan di wilayah terpencil.
- Cara pemasangan, perawatan, baku mutu produk serta monitoring akan dibutuhkan dalam pengembangan PLTS secara besar-besaran.

2. Jenis-Jenis Panel Surya

Menurut Pattiasina (2022) adapun jenis teknologi panel surya yang digunakan PLTS untuk menyerap energi surya terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

1. Monokristal



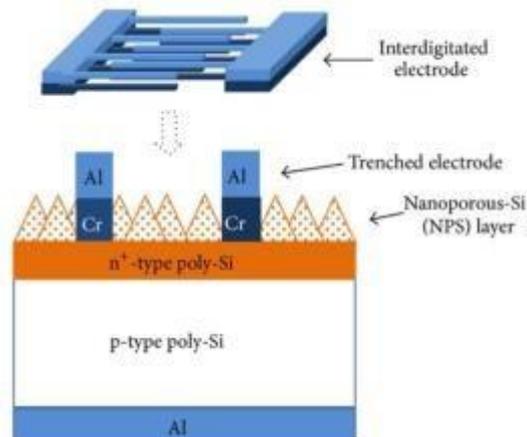
Gambar 1 Struktur Modul Surya Jenis Monokristal (Sharp, 2018)

Panel surya berjenis *monocrystalline* terbuat dari batangan kristal silikon murni yang diiris tipis. Kepingan kristal tipis ini dibuat memakai teknologi khusus sehingga hasilnya identik dan berkinerja tinggi. Dengan menggunakan teknologi tersebut menjadikan jenis panel *monocrystalline* ini yang paling efisien jika dibandingkan dengan jenis lain sekitar 15% sampai 20% yang membuat harganya lebih tinggi dibanding jenis lain.

Sesuai dengan namanya jenis *monocrystalline* ini dikenal sebagai sel kristal tunggal berwarna hitam pekat yang terbuat dari silikon yang sangat murni sehingga menjadi bahan paling efisien untuk konversi sinar matahari menjadi energi. Kelebihan lain dari panel *monocrystalline* ini adalah panel yang paling bertahan lama diantara panel yang berbasis silikon dapat mencapai 25 tahun pemakaian.

Kelemahan panel jenis *monocrystalline* ini adalah saat disusun membentuk modul banyak menyisakan tempat kosong karena umumnya bentuknya mengikuti bentuk batangan kristal silikonnya biasa dijumpai bentuknya segi enam atau bulat. Selain itu, efisiensi dari panel ini dapat turun drastis jika dalam cuaca berawan

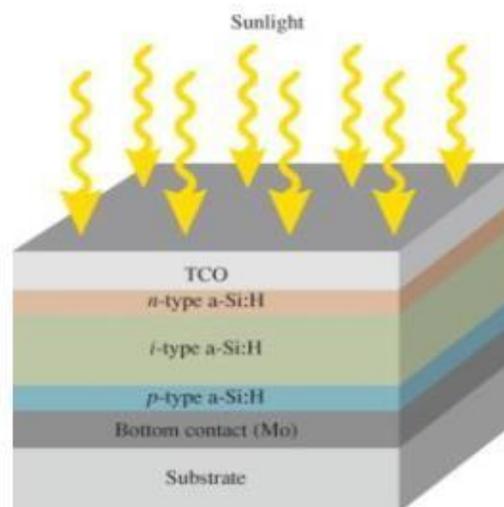
2. Polikristal



Gambar 2 Struktur Modul Surya Jenis Polikristal (Wu & Tang, 2014)

Panel surya berjenis *polycrystalline* ini merupakan panel yang dibuat dengan cara melelehkan silicon didalam tungku keramik, kemudian didinginkan secara perlahan untuk mendapatkan campuran silicon yang akan timbul di atas lapisan silikon. Panel surya jenis *polycrystalline* ini kurang efektif dibandingkan dengan panel surya jenis *monocrystalline*. Panel ini memiliki efektifitas kurang lebih 13-18% dan kelebihan yaitu harga yang lebih rendah dibandingkan panel *monocrystalline*.

3. Thin film fotofoltaik



Gambar 3 Struktur Modul Surya Jenis Thin-Film (Electrical Academia, 2020)

Panel surya jenis ini merupakan panel surya dengan dua lapisan lapisan tipis mikrokristal-silikon dan amorphous yang memiliki efisiensi panel mencapai 8.5%. Oleh karena itu, untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada

panel surya jenis *monocrystalline* dan *polycrystalline*. Jenis panel surya dengan inovasi yang terbaru adalah yang merupakan panel surya dengan tiga lapisan yang sangat efisien jika dalam cuaca yang sangat berawan sehingga dapat menghasilkan daya listrik sampai dengan 45% lebih tinggi dari jenis panel surya yang lainnya dengan daya yang diterima setara.

3. Konsep Pembangunan Berkelanjutan

Sesuai dengan Undang-Undang No. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Pembangunan berkelanjutan adalah upaya sadar dan terencana yang memadukan aspek lingkungan hidup, sosial, dan ekonomi ke dalam strategi pembangunan untuk menjamin keutuhan lingkungan hidup serta keselamatan, kemampuan, kesejahteraan, dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan (Undang-Undang Republik Indonesia, 2009). Konsep pembangunan berkelanjutan sangat dibutuhkan oleh Indonesia, karena selama ini Indonesia masih menggunakan energi fosil. Energi tersebut tidak selaras dengan konsep pembangunan berkelanjutan karena penggunaan dari energi tersebut dapat merusak kualitas alam. Adapun langkah yang dapat diambil Indonesia agar kualitas alam di Indonesia tidak rusak yakni dengan menggunakan energi fosil ini dalam aspek-aspek tertentu saja seperti Industri dan transportasi, menghemat penggunaan dari energi fosil serta beralih ke energi terbarukan seperti energi surya.

Indonesia sangat kaya akan energi terbarukan dengan potensi lebih dari 400.000 Mega Watt (MW), 50% diantaranya atau sekitar 200.000 MW adalah potensi energi surya (Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019). Temperatur dan lamanya waktu siang hari relatif konstan sepanjang tahun akibat kestabilan dari radiasi matahari sehingga energi matahari dapat menjadi sumber energi yang dapat diandalkan sebagai solusi bagi permasalahan energi di Indonesia (Afif & Martin, 2022). Dengan wilayah geografis Indonesia yang terletak pada garis katulistiwa jika dibandingkan dengan negara lain dalam segi potensi energi surya tentu Indonesia lebih unggul. Namun dari segi pemanfaatan energi tersebut Indonesia masih kalah dengan negara lain. Dengan melimpahnya potensi energi surya di Indonesia panel surya atau PLTS harusnya Indonesia dapat menjadi negara yang unggul dalam pengembangan energi surya.

Adapun instalasi panel surya yang berada di gedung pascasarjana IKHAC merupakan bantuan dari pemerintah provinsi berkapasitas 10.000 watt dengan jenis thin film fotofoltaik. Dengan adanya bantuan tersebut IKHAC menjadi salah satu lembaga pendidikan yang menggunakan panel surya atau PLTS sebagai energi primer, yang mana biayanya lebih murah daripada PLN serta IKHAC sudah menerapkan konsep pembangunan berkelanjutan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

1. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk penelitian ini adalah menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan cara observasi, wawancara dan kepustakaan atau literature review. Metode observasi digunakan untuk mengamati penggunaan panel surya di lingkungan kampus IKHAC, Pacet, Mojokerto. Sedangkan untuk metode wawancara digunakan untuk mengumpulkan data dari narasumber, yaitu teknisi panel surya dan warga lingkungan kampus IKHAC terkait penggunaan panel surya. Sementara itu, untuk metode literature review, digunakan untuk membaca, mencatat dan mengelolah bahan penulisan terkait energi surya dan panel surya. Adapun bahan bacaan tersebut didapatkan melalui buku, jurnal, dokumen dll. Adapun kata kunci yang digunakan yaitu Energi Terbarukan, Panel Surya, dan Pembangunan Berkelanjutan.

2. Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian dilakukan melalui proses pengelompokan data yang sama, selanjutnya dilakukan untuk menginterpretasi untuk memberi makna dari setiap subbab pembahasan dengan menyampaikan keterkaitan dengan subbab yang lainnya. Proses interpretasi dalam penganalisaan data dari sudut pandang hasil studi pustaka, hasil observasi dan informasi dari narasumber yang mendukung data penelitian. Peneliti sebagai subjek peneliti untuk memaparkan data secara komprehensif, menyusun hipotesis, memahami konsep hingga menarik simpulan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Potensi Panel Surya untuk Ketahanan Energi di Indonesia

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. Ketahanan Energi adalah suatu kondisi terjaminnya ketersediaan energi dan akses masyarakat terhadap energi pada harga yang terjangkau dalam jangka panjang dengan tetap memperhatikan perlindungan terhadap lingkungan hidup (Undang-Undang Republik Indonesia, 2014). Indonesia memiliki berbagai macam EBT (energi baru terbarukan) yang menjadi peluang bagi Indonesia untuk mandiri secara energi dan ketahanan energi yang memadai. Adapun potensi energi surya untuk membangkitkan energi listrik mempunyai potensi yang baik dan merata di seluruh wilayah Indonesia. Secara astronomis Indonesia terletak di sekitar garis khatulistiwa yang mana sepanjang tahun tersedia cahaya matahari bagi Indonesia. Dari hal tersebutlah Indonesia dapat memanfaatkan energi surya dengan sebaik mungkin. Jika dibandingkan dengan energi baru terbarukan (EBT) yang lain, energi surya menjadi energi yang dominan diantara jenis energi yang lain sebagaimana pemaparan dalam tabel berikut:

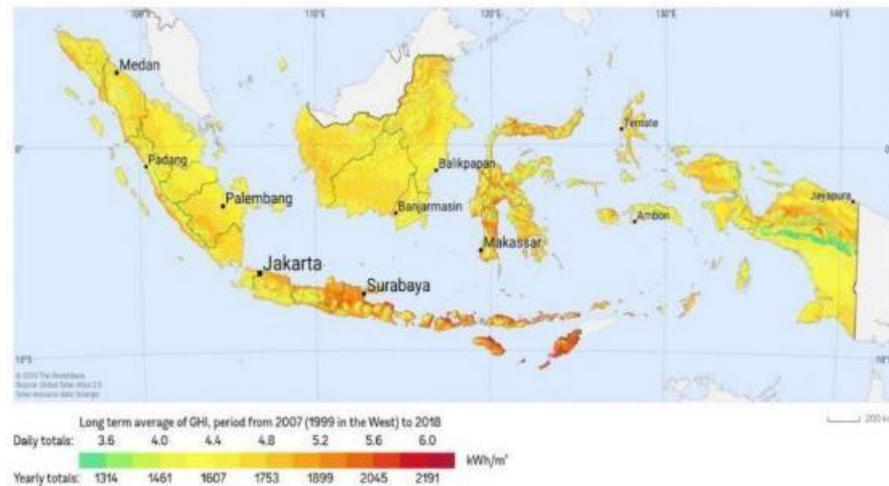
Tabel 1 Potensi sumber energi baru terbarukan (EBT) di Indonesia

No	Jenis Energi	Potensi
1	Angin	60,6 GW
2	Bioenergi	32,6 GW
3	Energi Laut	17,9 GW
4	Panas Bumi	28,5 GW
5	Surya	207,8 GWp
6	Tenaga Air	94,3 GW

Besarnya potensi energi surya sangat dipengaruhi oleh posisi matahari dan kedudukannya pada suatu wilayah. Indonesia merupakan negara beriklim tropis dengan dua kali pergantian musim yakni musim hujan dan musim kemarau terletak pada 6° lintang utara sampai 11° lintang selatan dan 95° bujur timur sampai 141° bujur timur. Posisi astronomis tersebut berdampak pada sinar matahari yang cenderung tersedia mulai dari pagi hingga sore hari disepanjang tahun. Jika dilihat dari lokasi garis bujur secara astronomis Indonesia terbagi menjadi tiga zona waktu yaitu Waktu Indonesia bagian Barat (WIB), Waktu Indonesia bagian Tengah (WITA), dan Waktu Indonesia bagian Timur (WIT)(Tambunan, 2020).

Peta potensi energi surya di Indonesia ditunjukkan pada gambar 4 dengan tingkat ketidakpastian hingga $\pm 8\%$. Pada umumnya nilai ketidakpastian tersebut terdapat pada negara

seperti Indonesia dengan iklim yang tropis. Selain itu debu dan tingkat polusi udara yang tinggi dalam melakukan perencanaan dan analisis potensi energi surya perlu menjadi perhatian. Berdasarkan Peta potensi energi surya tersebut dapat diketahui bahwa Indonesia memiliki rata-rata potensi energi surya sebesar $4,0 \text{ kWh/m}^2$, dimana potensi energi surya yang cukup tinggi dimiliki oleh beberapa daerah khususnya wilayah bagian timur dan tengah Indonesia. Tentunya potensi ini dapat menjadi peluang bagi energi baru terbarukan (EBT) khususnya PLTS untuk berkembang di Indonesia dengan pesat pada masa yang akan mendatang (Tambunan, 2020)



Gambar 4 peta Global Horizontal Irradiation Negara Indonesia

Mengingat kian menipisnya energi tidak terbarukan di Indonesia, maka panel surya atau PLTS menjadi solusi bagi sumber energi alternatif di Indonesia. Panel surya atau PLTS menjadi peran penting bagi ketahanan energi di Indonesia. Adapun panel surya atau PLTS merupakan teknologi yang menggunakan energi surya sebagai pemasok daya listriknya. Adapun panel surya atau PLTS ini sesuai dengan kondisi geografi yang dimiliki oleh Indonesia. Oleh karena itu potensi panel surya atau PLTS ini sangatlah besar, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber ketahanan energi di Indonesia.

2. Penggunaan Panel Surya Untuk Pembangunan Berkelanjutan di Kawasan Institut KH Abdul Chalim (IKHAC)

Contoh penerapan panel surya atau PLTS berada di Institut KH Abdul Chalim (IKHAC) yang merupakan sebuah lembaga pendidikan yang didirikan oleh Prof. Dr. KH. Asep Saifuddin Chalim, M.A di Bendorejo, Bendunganjati, Kecamatan Pacet, Kabupaten Mojokerto. Adapun pengajuan perizinan panel surya atau PLTS ke PLN di kawasan IKHAC ini diselesaikan dalam kurun waktu 9 bulan. Terhitung dari awal pengajuan surel pada bulan September 2022 dan sudah terpasang pada bulan Mei 2023 di atap gedung pascasarjana IKHAC. Adapun proses

pengajuan perizinan panel surya atau PLTS di IKHAC ini tergolong sangat cepat, dikarenakan pada umumnya proses pengajuan panel surya berkisar 1 tahun bahkan lebih. Diperlukannya pengajuan perizinan panel surya atau PLTS di kawasan IKHAC ini karena berdasarkan wawancara dengan Nur Hafid, S.T selaku pengurus perizinan panel surya atau PLTS di IKHAC bahwa panel surya dengan skala 10.000 watt ini apabila hanya dipasang tanpa pengajuan perizinan ke PLN maka tarif per bulan nya tidak akan terpangkas.



Gambar 5 Rooftop solarcell di gedung pascasarjana IKHAC

Setelah pemasangan panel surya atau PLTS di gedung pascasarjana IKHAC dapat terlihat perbedaan antara penggunaan listrik yang bersumber dari PLN dan PLTS. Adapun sebelum pemasangan panel surya atau PLTS tagihan PLN per bulan IKHAC mencapai 29 juta, lalu. Sesudah instalasi panel surya atau PLTS tagihan PLN per bulan IKHAC telah terpotong dari panel surya atau PLTS menjadi sekitar 18 juta saja, dan instalasi tersebut tidak mengeluarkan biaya karena panel surya atau PLTS yang terdapat di IKHAC merupakan bantuan dari pemerintah provinsi.

Dengan adanya panel surya atau PLTS yang berasal dari pemerintah provinsi tersebut membuktikan bahwa IKHAC sebagai lembaga pendidikan telah mendukung program pembangunan berkelanjutan sebagai upaya sadar dan terencana dari IKHAC untuk menjamin keutuhan lingkungan hidup dan ketahanan energi serta keselamatan, kemampuan, kesejahteraan, dan mutu hidup bagi masyarakat serta mahasiswa di IKHAC.

BAB V PENUTUP

1. Simpulan

Apabila Indonesia masih mengeksploitasi energi fosil secara terus menerus maka akan menjadi hambatan bagi pembangunan dan ketahanan energi di Indonesia untuk masa depan, hal itu menyebabkan diperlukan adanya energi alternatif dari energi fosil yang tak terbarukan untuk beralih menjadi energi terbarukan. Adanya energi terbarukan akan mendorong pembangunan dalam negeri yang berkelanjutan dengan memikirkan kebutuhan lingkungan untuk masa yang akan datang. Satu dari bentuk upaya untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan adalah pemanfaatan teknologi panel surya ini. Teknologi tersebut memiliki potensi yang baik bagi ketahanan energi nasional. Secara geografis dan astronomis kondisi Indonesia sangat mendukung energi baru terbarukan (EBT) berupa energi surya yang mendominasi dibandingkan jenis yang lain. Pemanfaatan sumber daya alam ini dapat mendukung konsep pembangunan berkelanjutan di Indonesia, Contohnya instalasi panel surya atau PLTS di IKHAC adalah salah satu bentuk konsep pembangunan berkelanjutan yang diberikan pemerintah provinsi kepada lembaga pendidikan tersebut. Pemanfaatan panel surya di kawasan kampus IKHAC menunjukkan adanya implementasi program pembangunan berkelanjutan yang menyadari pentingnya pemanfaatan energi terbarukan untuk menunjang kebutuhan baik di masa sekarang atau masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, F., & Martin, A. (2022). Tinjauan Potensi dan Kebijakan Energi Surya di Indonesia. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 6(1), 43.
<https://doi.org/10.30588/jeemm.v6i1.997>
- A. T. Nugraha and R. Arifuddin, "O₂ Gas Generating Prototype In Public Transportation," *JEEMECS (Journal of Electrical Engineering, Mechatronic and Computer Science)*, vol. 3, no. 2, Aug. 2020, doi: <https://doi.org/10.26905/jeemecs.v3i2.4584>.
- Agung Prasetyo Utomo, M. Apriani, Ruddianto Ruddianto, Luqman Cahyono, Anggara Trisna Nugraha, and Mochammad Ilham Nugroho, "PELATIHAN PEMBUATAN TERUMBU BUATAN BERBASIS ECO-FRIENDLY SEBAGAI SARANA REHABILITASI TERUMBU KARANG DI DAERAH PANTAI WISATA PASIR PUTIH, SITUBONDO," *Integritas*, vol. 5, no. 2, pp. 298–298, Nov. 2021, doi: <https://doi.org/10.36841/integritas.v5i2.1340>.
- Moh. G. P. A. Sugianto and A. T. Nugraha, "Implementasi sensor cahaya sebagai level bahan bakar pada tangki harian kapal," *Journal of Computer Electronic and Telecommunication*, vol. 2, no. 1, Jul. 2022, doi: <https://doi.org/10.52435/complete.v2i1.191>.
- Chusnia Febrianti and Anggara Trisna Nugraha, "Implementasi Sensor Flowmeter pada Auxiliary Engine Kapal Berbasis Outseal PLC," *Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication*, vol. 3, no. 2, Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.52435/complete.v3i2.188>.
- Fahmi Ivannuri and Anggara Trisna Nugraha, "Implementation Of Fuzzy Logic On Turbine Ventilators As Renewable Energy," *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, vol. 4, no. 3, pp. 178–182, Jul. 2022, doi: <https://doi.org/10.35882/jeeemi.v4i3.236>.
- Anggara Trisna Nugraha, "TRACKING QUADCOPTER MENGGUNAKAN METODE COMMAND-GENERATOR TRACKER DENGAN EFEK INTEGRATOR," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 8, no. 2, p. 143151, May 2017, doi: <https://doi.org/10.22441/jte.v8i2.1608>.
- Anggara Trisna Nugraha, "DESAIN KONTROL OUTPUT FEEDBACK DENGAN COMMAND GENERATOR TRACKER BERBASIS LOS PADA JALUR LINGKARAN MENGGUNAKAN QUADCOPTER," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 73–78, Oct. 2018, doi: <https://doi.org/10.22441/jte.v9i2.4070>.
- A. T. Nugraha and T. Agustinah, "Quadcopter Path Following Control Design Using Output Feedback with Command Generator Tracker LOS Based At Square Path," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 947, p. 012074, Jan. 2018, doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/947/1/012074>.
- Anggara Trisna Nugraha and Trihastuti Agustinah, "Quadcopter path following control design using output feedback with command generator tracker based on LOS," Aug. 2017, doi: <https://doi.org/10.1109/isitia.2017.8124090>.
- A. T. Nugraha and T. Agustinah, "Quadcopter Path Following Control Design Using Output Feedback with Command Generator Tracker LOS Based At Square Path," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 947, p. 012074, Jan. 2018, doi:

<https://doi.org/10.1088/1742-6596/947/1/012074>.

Anggara Trisna Nugraha and Trihastuti Agustinah, “Quadcopter path following control design using output feedback with command generator tracker based on LOS,” Aug. 2017, doi: <https://doi.org/10.1109/isitia.2017.8124090>.

R. Rahim et al., “Congklak, a traditional game solution approach with breadth first search,” MATEC Web of Conferences, vol. 197, p. 03007, 2018, doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819703007>.

Anggara Trisna Nugraha and Jamaaluddin, “Setting Neuro-Fuzzy PID Control In Plant Nonlinear Active Suspension,” Journal of Physics: Conference Series, vol. 1114, no. 1, pp. 012063–012063, Nov. 2018, doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1114/1/012063>.

Anggara Trisna Nugraha, “DESAIN KONTROL OUTPUT FEEDBACK DENGAN COMMAND GENERATOR TRACKER BERBASIS LOS PADA JALUR LINGKARAN MENGGUNAKAN QUADCOPTER,” Jurnal Teknologi Elektro, vol. 9, no. 2, pp. 73–78, Oct. 2018, doi: <https://doi.org/10.22441/jte.v9i2.4070>.

Anggara Trisna Nugraha, “DESAIN KONTROL OUTPUT FEEDBACK DENGAN COMMAND GENERATOR TRACKER BERBASIS LOS PADA JALUR LINGKARAN MENGGUNAKAN QUADCOPTER,” Jurnal Teknologi Elektro, vol. 9, no. 2, pp. 73–78, Oct. 2018, doi: <https://doi.org/10.22441/jte.v9i2.4070>.

A. T. Nugraha, “DIRTY AIR FILTER SYSTEM USING BOXED EQUALIZER MQ-8 AND MQ-9 WHEELED ROBOT,” JEEMecs (Journal of Electrical Engineering, Mechatronic and Computer Science), vol. 1, no. 1, Jul. 2018, doi: <https://doi.org/10.26905/jeemecs.v1i1.2301>.

A. T. Nugraha, I. Anshory, and R. Rahim, “Effect of alpha value change on thrust quadcopter Qball-X4 stability testing using backstepping control,” IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 434, p. 012207, Dec. 2018, doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/434/1/012207>.

R. B. P. Pradana, Y. Widiarti, and A. T. Nugraha, “Implementasi Komunikasi LoRa RFM95 untuk Pengiriman Data Tegangan dan Arus pada Panel Shore Connection,” Elektriese: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro, vol. 10, no. 02, pp. 45–51, Jul. 2022, doi: <https://doi.org/10.47709/elektriese.v10i02.1636>.

P. S. Budi, A. T. Nugraha, S. I. Yuniza, and F. Ivannuri, “Penyearah Tak Terkontrol Satu Fasa Setengah Gelombang Terhadap Generator AC Tiga Fasa,” Elektriese: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro, vol. 10, no. 02, pp. 36–44, Jul. 2022, doi: <https://doi.org/10.47709/elektriese.v10i02.1635>.

Anggara Trisna Nugraha, Ageng Rochmad Joko Purwoko, Salsabila Ika Yuniza, and Irgi Achmad, “Analisa Kontrol Kecepatan Motor Brushless DC Menggunakan Cuk Konverter,” vol. 10, no. 02, pp. 69–83, Jul. 2022, doi: <https://doi.org/10.47709/elektriese.v10i02.1639>.

Sholahudin Rama Khabibi, Joessianto Eko Poetro, and Anggara Trisna Nugraha, “Rancang Bangun Panel Sistem Kontrol dan Monitoring Motor 3 Fasa Dual Speed Berbasis Mikrokontroler,” Elektriese Jurnal Sains dan Teknologi Elektro, vol. 10, no. 02, pp. 61–68, Jul. 2022, doi: <https://doi.org/10.47709/elektriese.v10i02.1638>.

H. A. Widodo, S. R. Amelia, and A. T. Nugraha, “Prototipe Sistem Automatic Switch pada Sistem Redundant Pump Cooling Tower Berbasis Mikrokontroler,” Elektriese: Jurnal

Sains dan Teknologi Elektro, vol. 10, no. 02, pp. 52–60, Jul. 2022, doi: <https://doi.org/10.47709/elektriase.v10i02.1637>.

- S. R. 1 Ningsih, A. H. S. 1 Budi, A. T. 1 Nugraha, and T. 1 1 D. of E. E. E. Winata, “Automatic farmer pest repellent with Arduino ATmega2560 based on sound displacement technique,” ProQuest, May 2020, doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/850/1/012034>.
- A. T. Nugraha and E Haritman, “Development of remote laboratory based on HTML5,” IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 850, no. 1, pp. 012017–012017, May 2020, doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/850/1/012017>.
- A. T. Nugraha et al., “Pelatihan Manufaktur Komposit sebagai Produk Kerajinan Tangan pada Industri Rumahan,” Educivilia: Jurnal Pengabdian pada Masyarakat, vol. 1, no. 2, p. 119, Jul. 2020, doi: <https://doi.org/10.30997/ejpm.v1i2.2943>.
- Anggara Trisna Nugraha, S.T., M.T and Rachma Prilian Eviningsih, S.T., M.T, Penerapan Sistem Elektronika Daya. Deepublish, 2022.
- Anggara Trisna Nugraha, S.T., M.T and Rachma Prilian Eviningsih, S.T., M.T, Konsep Dasar Elektronika Daya. Deepublish, 2022.
- Anggara Trisna Nugraha, S.T., M.T et al., “Portable-2WG” Inovasi Turbin Pembangkit Listrik Portable Air Dan Angin Untuk Kebutuhan Rumah Tangga Pada Penduduk Daerah Aliran Sungai. Deepublish, 2022.
- Anggara Trisna Nugraha, S.T., M.T et al., Rancang Bangun Ship Alarm Monitoring (SAM) Sebagai Solusi Keamanan Pengoperasian Auxiliary Engine. Deepublish, 2021.
- Boedoyo, M. S. (2013). Potensi dan Peranan PLTS Sebagai Energi Alternatif Masa Depan di Indonesia. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, 14(2), 146–152. <https://doi.org/10.29122/jsti.v14i2.919>
- Hakim, R. R. Al. (2020). Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energy Terbarukan Untuk Ketahanan Energi Di Indonesia: Literatur Review. *ANDASIH Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 1–11. <http://jurnal.umitra.ac.id/index.php/ANDASIH/article/view/374>
- Humas EBTKE. (2021). *Indonesia Kaya Energi Surya, Pemanfaatan Listrik Tenaga Surya oleh Masyarakat Tidak Boleh Ditunda*. Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi (EBTKE). <https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/09/02/2952/indonesia.kaya.energi.surya.pemanfaatan.listrik.tenaga.surya.oleh.masyarakat.tidak.boleh.ditunda>
- Tambunan, H. B. (2020). *Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Dee Publish.
- Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional. (2019). Indonesia Energy Out Look 2019. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Undang-Undang Republik Indonesia. (2009). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup* (Vol. 5, Issue August, pp. 12–42). [http://downloads.esri.com/archydro/archydro/Doc/Overview of Arc Hydro terrain preprocessing workflows.pdf](http://downloads.esri.com/archydro/archydro/Doc/Overview%20of%20Arc%20Hydro%20terrain%20preprocessing%20workflows.pdf) <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.11.003> <http://sites.tufts.edu/u/gis/files/2013/11/Watershed-and-Drainage-Delineation-by-Pour-Point.pdf>
- Undang-Undang Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Kebijakan Energi Nasional Nomor 79 Tahun 2014* (pp. 1–36).