



Penerapan Perovskite Pada Energi Baru Terbarukan Tenaga Surya di Indonesia

Deny Arga Felani¹⁾; Dewi Siti Anggraeni²⁾; Dinny Pratiwi³⁾; dan Taswanda Taryo⁴⁾

^{1,2,3,4}Program Pascasarjana Universitas Pamulang

¹denyargaf10@gmail.com; ²dewisitianggraeni1@gmail.com; ³dinipratiwi129@gmail.com; ⁴otantaryo@gmail.com

Abstract

Solar energy (solar) provides many benefits for human life. One of the uses of solar energy that can be implemented is in the form of a Solar Power Plant (PLTS). This research will design a solar cell power system with a capacity of 10 MW on-grid in Indonesia. The performance of the electric power system is simulated using the RETScreen Clean Energy Project Analysis software, designed by Natural Resources Canada. The project started with a prefeasibility study of a 10 MW on-grid solar cell power system using the RETScreen software which has an extensive database of meteorological data including daily horizontal solar global radiation as well as a database of various renewable energy system components from different manufacturers. The technical and financial performance of a 10 MW on-grid solar cell power system is simulated using the RETScreen software. Preliminary analysis of the simulation results shows that this project is socially beneficial to the community. This design is expected to be used as a model for developing a Solar Electric Power System (PLTS) network. The increasing use of fossil fuels in developing countries like Indonesia will currently increase the problem of climate change, which is currently having its adverse effects, so that an optimal configuration of energy storage is very important to reduce the resulting emissions. There is technology that supports the utilization of new renewable energy (EBT). This is what the focus of the discussion is to consider the reliability of the electric power generated. Such reliability includes both technical and economic factors. The technical factors are the PLTS system used, the current generated, the voltage and power generated and the materials made from the latest generation of solar cells.

Keyword: System, Energy, technology, Solar

Abstrak

Energi matahari (surya) banyak memberikan manfaat bagi kehidupan manusia. Salah satu pemanfaatan energi surya yang bisa dilaksanakan adalah dalam bentuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pada penelitian ini akan di rancang suatu sistem tenaga listrik solar cell dengan kapasitas 10 MW on-grid yang berada di Indonesia. Kinerja sistem tenaga listrik disimulasikan dengan menggunakan software RETScreen Clean Energy Project Analysis software, yang dirancang oleh Natural Resources Canada. Proyek ini dimulai dengan studi prefeasibility sistem tenaga listrik solar cell 10 MW on-grid menggunakan software RETScreen yang memiliki database yang luas dari data meteorologi termasuk radiasi global harian horisontal surya dan juga database berbagai komponen sistem energi terbarukan dari produsen yang berbeda. Kinerja teknis dan finansial dari sistem tenaga listrik solar cell 10 MW on-grid disimulasikan

dengan menggunakan software RETScreen. Analisis awal dari hasil simulasi menunjukkan bahwa proyek ini secara sosial bermanfaat bagi masyarakat. Rancangan ini diharapkan dapat digunakan sebagai model untuk mengembangkan jaringan Sistem Tenaga Listrik Tenaga Surya (PLTS). Meningkatnya penggunaan bahan bakar fosil di negara berkembang seperti Indonesia saat ini akan meningkatkan masalah perubahan iklim yang saat ini sudah dirasakan efek buruknya, sehingga konfigurasi penyimpanan energi yang optimal sangat penting untuk mengurangi emisi yang dihasilkan. Ada teknologi yang mendukung dalam pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT). Inilah yang menjadi fokus pembahasan yaitu mempertimbangkan keandalan daya listrik yang dihasilkan. Keandalan seperti itu meliputi faktor teknis dan ekonomis. Faktor teknisnya adalah sistem PLTS yang digunakan, arus yang dihasilkan, tegangan dan daya yang dihasilkan dan bahan yang dibuat dari sel surya generasi terbaru

Kata kunci: Sistem, Energi, teknologi, Surya

PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan terhadap pemakaian energi listrik di Indonesia, produksi energi listrik di Indonesia seharusnya mampu mengimbangi kebutuhan tersebut. Salah satu solusinya yaitu dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Namun, masyarakat Indonesia yang sudah terbiasa menikmati pelayanan pasokan listrik dari PT PLN (Persero) tidak semudah itu untuk beralih ke pemakaian Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Salah satu kendalanya yaitu sebagian masyarakat Indonesia belum memahami perbedaan dan manfaat antara pasokan energi listrik PLTS dan pasokan energi listrik PLN saat ini. Oleh karena itu, diperlukan edukasi untuk memberikan pengetahuan mendasar tentang perbandingan keuntungan dan kerugian pasokan energi listrik dari PLTS dengan pasokan energi listrik dari PLN. Adapun yang menjadi fokus utama pembahasan yaitu dari sisi keandalan energi listrik yang dihasilkan. Keandalan tersebut mencakup faktor teknis dan faktor ekonomis. Adapun faktor teknis yaitu sistem PLTS yang digunakan, arus yang dihasilkan, tegangan yang dihasilkan, dan daya yang dihasilkan. Sedangkan, faktor ekonomis mencakup biaya investasi, penghematan yang didapat.

Energi baru dan terbarukan mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi. Hal ini disebabkan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang makin menipis dan juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Energi surya merupakan energi yang potensial dikembangkan di Indonesia, mengingat Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah khatulistiwa. Energi surya yang dapat dibangkitkan untuk seluruh daratan Indonesia yang mempunyai luas 2 juta km² adalah 4,8 kWh/m² /hari atau setara dengan 112.000 GWp yang didistribusikan. Oleh karena itu energi surya memiliki keunggulan - keunggulan dibandingkan dengan energi fosil, diantaranya: 1. Sumber energi yang mudah didapatkan. 2. Ramah lingkungan. 3. Sesuai untuk berbagai macam kondisi geografis. 4. Instalasi, pengoperasian dan perawatan mudah. 5. Listrik dari energi surya dapat disimpan dalam baterai. Berkaitan dengan potensi pengembangan PLTS yang prospektif, penelitian ini bermaksud untuk merancang sistem tenaga listrik solar cell (PV Cell) dengan kapasitas 10 MW di Indonesia saat ini dan peluangnya di masa depan.

Perkembangan Inovasi dalam Pembaharuan dan pemanfaatan Energi Terbaruk, Presiden Indonesia dalam forum Presidensi G20 di Indonesia telah mengenalkan kepada dunia skenario Indonesia untuk mencapai Net Zero Emission (NZE) pada tahun 2060 atau lebih cepat. Skenario tersebut dituangkan dalam Grand Strategi Energi Nasional (GSEN) yang mencakup rencana transisi energi dari energi fosil ke Energi Baru dan Terbarukan (EBT). GSEN ini adalah gambaran untuk memulai inovasi kearah EBT. GSEN menargetkan bauran energi dari EBT sebesar 100% pada tahun 2060, dengan kapasitas 587 Gigawatt (GW). Kemudian pembangkit setelah tahun 2030 hanya dari EBT. Mulai 2035 akan didominasi oleh Energi Baru dan Terbarukan (EBT) berupa PLTS, pada tahun berikutnya menyusul PLTB dan PLT arus laut. PLTP juga akan dimaksimalkan hingga 75 persen dari potensinya.

KAJIAN LITERATUR

Energi matahari adalah salah satu energi yang dapat diperbaharui serta dapat diubah menjadi energi listrik dengan memanfaatkan teknologi yang disebut dengan panel surya. Energi listrik yang didapat dari panel surya untuk skala rumah tangga disebut juga dengan Solar Home

System (SHS). Pembangkit listrik tenaga surya skala rumah tangga adalah sebuah sistem pembangkit listrik yang penerapannya dipasang pada skala rumah tangga dan memanfaatkan energi matahari untuk menghasilkan energi listrik, umumnya pada setiap rumah dipasang modul surya dengan kapasitas tertentu dan dipasang di atap rumah untuk menyerap energi matahari kemudian mengubahnya menjadi energi listrik dengan komponen penunjang lain seperti baterai, dan Solar Charge Controller (SCC) sebelum energi listrik tersebut disambungkan ke beban yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga. Panel surya atau solar cell merupakan kumpulan sel surya yang memanfaatkan energi matahari yang dikonversikan menjadi energi listrik (Fajar, 2022).

Pembangkit listrik tenaga surya/solar cell mempunyai konsep yang sederhana. Yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui solar cell. Solar cell ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem solar sel sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan

Dalam upaya pencarian sumber energi baru sebaiknya memenuhi syarat yaitu menghasilkan jumlah energi yang cukup besar, biaya ekonomis dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu pencarian tersebut diarahkan pada pemanfaatan energi matahari baik secara langsung maupun tidak langsung dengan menggunakan panel surya yang dapat merubah energi matahari menjadi energi listrik yang dinamakan Solar Cell. Teknologi Solar Cell telah lama dikenal oleh manusia penangkap panas yang dibawa sinar matahari untuk diubah menjadi sumber energi listrik (Teten, 2021). Apalagi kita sadari bahwa negara Indonesia terletak pada daerah khatulistiwa yang kaya akan pancaran energi matahari, sehingga kita dapat memanfaatkan kondisi tertentu untuk membangkitkan energi listrik salah satunya melalui Solar Cell.

Tujuan utama penggunaan sistem energi surya aktif adalah mengumpulkan energi paling banyak dari radiasi matahari, dan mengubahnya menjadi panas atau listrik. Pemanfaatan termal energi surya saat ini kembali diminati karena penyebaran pendinginan matahari dan sebagai bagian dari sistem PV/T untuk meningkatkan efisiensinya Sangat penting untuk memahami bagaimana sistem panas matahari beroperasi di lokasi tertentu dan dalam kondisi iklim tertentu untuk memaksimalkan efisiensi (Vladar, 2021).

Konsep yang sederhana dimiliki oleh pembangkit listrik tenaga surya/Solar Cell dimana proses perubahan bentuk energi dari energi tenaga surya menjadi energi listrik. Seperti diketahui bahwan tenaga surya/matahari, merupakan suatu energi yang ditimbulkan dari alam. Dewasa ini, sumber daya alam (matahari) sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik pada satelit komunikasi melalui solar cell. Aktifitas Solar cell dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari sesuai dengan kapasitas alat yang diinstalasikan guna pemenuhan kebutuhan (Iwan, 2020).

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini, maka terkait dengan pelaksanaan penelitian dengan pendekatan kuantitatif, cenderung bersifat deskriptif belaka yang hasilnya digeneralisasikan terhadap populasi, dan diasumsikan sebagaimana kebenarannya terjadi jika ini penelitian pendekatan kuantitatif yang dilakukan adalah penelitian yang populasinya berbasis web atau akun di internet Indonesia mempunyai intensitas radiasi yang berpotensi untuk membangkitkan energi listrik, dengan rata-rata daya radiasi matahari di Indonesia sebesar 10000 Watt/m². Data hasil pengukuran intensitas radiasi tenaga surya di seluruh Indonesia yang sebagian besar dilakukan oleh BPPT dan sisanya oleh BMG Energi matahari hanya 69% yang diterima permukaan bumi. Pada permukaan bumi, energi matahari sebesar 3×1.024 joule/tahun atau 2×1.017 W (setara 10.000 kali kebutuhan energi dunia). Memanfaatkan 0,1% permukaan bumi dengan sel surya (efisiensi 10%) sudah dapat mencukupi kebutuhan energi dunia (Hasbullah, 2017).

Indonesia terletak di sepanjang jalur khatulistiwa (11°LU dan 6°LS) memiliki intensitas sinar matahari yang cukup stabil sepanjang tahun dan potensinya besar untuk EBT (LIPI, Buku Indonesia 2005–2025, 2012). Pemanfaatan energi terbarukan dari energi matahari melalui

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) PV. Photovoltaic Cell/Sel Surya terdiri atas dua sambungan pada area dua lapisan tipis semikonduktor (jenis p dan n). PLTS PV adalah sistem pembangkitan listrik berdasarkan hasil konversi energi matahari melalui media fotovoltaik (PV). PLTS PV memanfaatkan teknologi modern serta ramah lingkungan, namun biaya investasi awal yang menjadi kendala utama

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem PLTS pada dasarnya terdistribusi menjadi dua sistem klasifikasi. Pertama yaitu PLTS dengan sistem grid connected yang terhubung ke jaringan listrik dari PLN. Apa yang lainnya adalah PLTS yang berdiri tunggal atau sederhana disebut sebagai PLTS mandiri. Sistem PLTS ini dirancang untuk bekerja secara mandiri tanpa terhubung ke konfigurasi sistem Jaringan listrik di PLN. Desain sistem PLTS itu sendiri harus memperhatikan beberapa faktor. Pertama secara teknis sesuai dengan tujuan desain dengan menentukan konfigurasi sistem mana yang akan digunakan. Kedua, Faktor ekonomi dimana akan berada mempengaruhi biaya yang dikeluarkan seperti biaya investasi, biaya perawatan, dan energi yang dihasilkan. Faktor: Oleh karena itu diperlukan perencanaan dan analisis Cocom untuk desain sistem PLTS grid terhubung atau terpisah PLTS. Kemudian bahan yang digunakan harus terbuat dari material yang efektif. Sel surya yang digunakan adalah generasi ketiga yaitu perovskit. Secara khusus, efisiensi konversi daya dan biaya material memainkan peran penting dalam komersialisasi sel surya. Hingga saat ini, sel surya berbasis silikon generasi ketiga mendominasi dengan power conversion-efficiency (PCE) yang besar sebesar 25 - 26%. Namun demikian, kelas baru sel surya generasi ketiga yang disebut sebagai sel surya perovskit merupakan alternatif untuk sel surya silikon yang dapat menunjukkan PCE sebesar 22,1%. terutama kami telah berfokus pada sel surya perovskit berbasis karbon, berbasis timah, dan berbasis polimer serta aplikasinya. Secara umum, kinerja fotovoltaik dari sel surya perovskit dianggap berasal dari sifat intrinsiknya seperti koefisien penyerapan tinggi, celah pita yang dapat diatur. Dalam sel surya perovskit modern, halida organik-anorganik perovskit memainkan peran penting. Namun, logam mulia dan bahan organik HTL mahal, yang tidak menguntungkan bagi komersialisasi sel surya perovskit. Untuk mengatasinya, dengan cara mengurangi biaya fabrikasi dan untuk meningkatkan stabilitas sel surya, banyak peneliti mengusulkan sel surya perovskit berbasis karbon bebas HTL -free *carbon-based perovskite solar-cells* (CePSCs). Saat ini, CePSC bebas mendapat banyak perhatian dan perangkat tersebut mencapai PCE maksimum 16,37%. Selain itu, biaya pembuatan CePSC sangat rendah dan menunjukkan stabilitas yang luar biasa terhadap kelembapan. Terlepas dari kelebihanannya, CePSC memiliki beberapa keterbatasan. Dibandingkan dengan sel surya perovskit konvensional, CePSC menunjukkan PCE rendah yang dianggap sebagai salah satu batasan utama CePSC. Selain itu, antarmuka ETL dan perovskite adalah satu-satunya antarmuka di CePSC yang secara efisien memisahkan pasangan lubang elektron.

Bahan berbasis perovskit (ABX₃, fotokatalis generasi ketiga) baru-baru ini digunakan dalam industri fotovoltaik, sedangkan kemajuan mutakhir fotokatalis perovskit dalam perbaikan lingkungan tidak tersedia saat ini. Dalam ulasan ini, kemajuan terbaru perovskit tersubstitusi A-, B- dan X dan penghilangan fotokatalitik gas perusak, kontaminan organik, logam berat serta radionuklida pada berbagai perovskit ditinjau secara komprehensif. Kemudian, komentar sugestif mengenai tantangan saat ini dan masa depan dirangkum. Tujuan utama dari makalah tinjauan ini adalah untuk memberikan beberapa panduan bermanfaat untuk pemanfaatan bahan berbasis perovskit di masa mendatang dalam pembersihan lingkungan. Selanjutnya, dalam 5 tahun terakhir capaian bauran EBT masih berada jauh di bawah target tahunan yang diproyeksikan, walaupun terjadi peningkatan pemanfaatan EBT sejak tahun 2018. Pertumbuhan pasokan energi terbarukan menunjukkan perkembangan yang positif karena mampu tumbuh mencapai 26% per tahun atau mencapai 20,04 MTOE pada tahun 2019, namun pengembangan pembangkit listrik EBT baru mencapai 10,2 GW atau di bawah target RUEN sebesar 13,9 GW. Saat pembangkit listrik EBT masih didominasi oleh PLTA, PLTP, dan PLTBM.

PV modul merupakan sebuah semikonduktor dengan permukaan luas, terdiri dari rangkaian dioda tipe n dan p, yang mengkonversi energi matahari menjadi listrik. Bi-Directional Inverter adalah komponen elektronik yang merubah tegangan DC menjadi AC dan juga

sebaliknya dari sistem AC ke DC. Atau Inverter biasa hanya mampu mengkonversi dari DC menjadi AC, dengan adanya inverter maka PLTS dapat beroperasi parallel dengan generator lain. Charge Controller & Baterai, Charge Controller mengatur pengisian energi DC ke Baterai untuk menyimpan energi listrik.

Sangat penting untuk penerapan fotokatalis berbasis perovskite untuk menghilangkan berbagai polutan lingkungan yang sangat efisien dalam perbaikan lingkungan yang sebenarnya. Kurangnya stabilitas jangka panjang telah menghalangi penerapan perovskite dalam reaksi fotokatalitik

Senyawa mineral yang dikategorikan sebagai *rare earth elements* (REE) atau logam tanah jarang ini cocok diterapkan untuk produk industri berteknologi tinggi. Terlebih perovskite ini proses produksinya sederhana dan murah jika dibandingkan bahan panel surya yang telah ada saat ini. Sifat versatilitas dari larutan perovskite ini menjadikannya sebagai bahan yang paling cocok diadopsi untuk pelapis semprot, dicetak atau dicat sebagai sel surya. Selama ini, panel surya konvensional terbuat dari kristal-kristal silikon. Proses pembuatannya harus dipanggang pada suhu 800 derajat Celcius. Di sisi lain, panel surya perovskite dapat dibuat melalui temperatur rendah dan bahkan 200 kali lebih tipis dari panel surya konvensional. Koefisien penyerapannya tinggi memungkinkan dibuatkan film sangat tipis yaitu sekitar 500 Newton meter (Nm) untuk menyerap spektrum matahari yang maksimal.

Selain itu, percepatan elektrifikasi EBT untuk pembangkit listrik juga menghadapi masalah khususnya untuk pembangkit listrik dengan skala kecil, hal ini terjadi akibat letak pembangkit listrik skala kecil umumnya berada di lokasi yang terpencil dan jauh dari infrastruktur pendukung jaringan listrik baik transmisi ataupun distribusi, sehingga untuk menyalurkan produksi tenaga listrik dari pembangkit melalui jaringan listrik membutuhkan investasi besar yang akan dibebankan kepada pengembang. Intermittensi juga menjadi salah satu kendala dalam pengembangan pembangkit listrik EBT skala kecil, mengingat sifat intermitensi tersebut dapat menimbulkan gangguan terkait kestabilan sistem ketenagalistrikan dimana pembangkit tersambung.

Terlebih perovskite ini proses produksinya sederhana dan murah jika dibandingkan bahan panel surya yang telah ada saat ini. Sifat versatilitas dari larutan perovskite ini menjadikannya sebagai bahan yang paling cocok diadopsi untuk pelapis semprot, dicetak atau dicat sebagai sel surya. Selama ini, panel surya konvensional terbuat dari kristal-kristal silikon. Proses pembuatannya harus dipanggang pada suhu 800 derajat Celcius. Di sisi lain, panel surya perovskite dapat dibuat melalui temperatur rendah dan bahkan 200 kali lebih tipis dari panel surya konvensional. Koefisien penyerapannya tinggi memungkinkan dibuatkan film sangat tipis yaitu sekitar 500 Newton meter (Nm) untuk menyerap spektrum matahari yang maksimal. Panel surya perovskite adalah jenis sel surya yang mencakup senyawa terstruktur perovskite. Bahan organik-anorganik hibrida atau bahan berbasis timah hibrida adalah bahan yang paling umum dipakai sebagai lapisan aktif pemanen cahaya. Salah satu bahan perovskite adalah halida methylamonium. Selanjutnya pada perakitan keseluruhan PLTS tentunya memerlukan biaya yang tidak sedikit. Namun, dengan perencanaan yang baik dan perhitungan balik modal (Break Even Point), kita dapat meminimalisir kerugian yang akan dihadapi serta keuntungan yang akan didapatkan

KESIMPULAN DAN SARAN

Panel surya perovskite adalah jenis sel surya yang mencakup senyawa terstruktur perovskite. Bahan organik-anorganik hibrida atau bahan berbasis timah hibrida adalah bahan yang paling umum dipakai sebagai lapisan aktif pemanen cahaya. Salah satu bahan perovskite adalah *halida methylamonium*. Perovskite merupakan bahan panel surya dengan tingkat efisiensi 10 kali lipat dari bahan yang telah umum digunakan saat ini. Alangkah baiknya Penerapan *green energy* dengan *clean technology* harus menjadi pilihan saat ini dan sebagai prioritas untuk mendukung *sustainability* dari ketersediaan energi listrik di Indonesia. Apalagi potensi pengembangan energi surya di Indonesia sangat besar, bisa mencapai 207,8 GW meski yang baru bisa direalisasikan tak lebih dari 0,15 GW. Melihat kondisi itu maka teknologi perovskite pada panel surya dapat diterapkan di Indonesia mengingat peluangnya yang masih terbuka lebar. Terlebih jika melihat efisiensi yang dihasilkan dari panel surya PV jenis kristal

silikon yang berkisar 7-16 persen saja. Itupun masih bergantung kepada orientasi penempatan panel serta kondisi cuaca. Tentunya hal ini merupakan babak baru kehidupan manusia, mulai meninggalkan sumber energi fosil yang telah berlangsung lebih dari satu abad. Selamat datang perovskite. Panel surya kristal silikon dibuat relatif tebal dan berlapis. Tidak seperti perovskite dengan film yang tipis, sehingga bisa lebih kuat dan tahan lama. Panel-panel dengan lapisan-lapisan film tipis perovskite dapat menyerap cahaya dari panjang gelombang yang kisarannya sangat lebar dan lebih produktif menghasilkan listrik dibanding silikon pada panel PV. Di luar itu, bahan baku perovskite yaitu REE banyak terdapat di Indonesia

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, L. (2016). Dinamika Sektor Kelistrikan Di Indonesia: Kebutuhan Dan Performa Penyediaan. *Ekonomi Dan Pembangunan*, 24 no. 1, 29–41. <https://media.neliti.com/media/publications/201046-dinamika-sektor-kelistrikan-di-indonesia.pdf>
- Burak, 2018. A framework for selecting the location of very large photovoltaic solar power plants on a global/supergrid. *Energy Reports Volume 4*, November 2018, Pages 586-602
- Ditjen Gatrik, Statistik Ketenagalistrikan 2018, Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian Du Y, Liu P, Li F, Hou X, Zhang H, Shi Y, Zhao X. Precursor engineering for performance enhancement of hole-transport-layer-free carbon-based MAPbBr₃ perovskite solar cells. *J Alloys Compd* 2020;832:154902. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.154902>
- Eda, J., Mulyadi, M., Kartadinata, B., & Tanudjaja, H. (n.d.). Analisis Dampak Pemasangan Grid Tie Inverter pada Interkoneksi antara Jaringan PLN dan Solar Cell Terhadap Faktor Daya dan Harmonisa Sistem Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik menghasilkan keluaran AC sinusoidal, penyaklaran masukan sumber DC . 127–137.
- Fajar – *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro Volume 16*, No.2, Mei 2022 Rancang Bangun Solar Tracking System Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler
- Haerurrozi, Abdul Natsir, S. (2019). Analisis Unjuk Kerja Plts On-Grid Di Laboratorium Energi Baru Terbarukan (Ebt) Universitas Mataram. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Hasbullah, “Konversi Energi Surya”, (2017) Teknik Elektro FTPUPI. *Indonesia Energy Outlook 2019*, Dewan Energi Nasional (DEN). Kebijakan Energi Nasional (KEN), Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.79 Tahun 2014-2017
- Hendi Bagja Nurjaman¹, Trisna Purnama², Volume 06, No. 02, November 2022, page 136 - 142
Volume 06, No. 02, November 2022, page 136 – 142
- Iwan Purwanto, *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti Vol.5.No.2 Juli 2020*, ISSN (p): 0853-7720, ISSN (e): 2541-4275
- Jurasz. 2020. A review on the complementarity of renewable energy sources: Concept, metrics, application and future research directions. *Solar Energy Volume 195*, 1 January 2020, Pages 703-724
- Ketut Sugirianta, I. B., Giriantari, I., & Satya Kumara, I. N. (2016). Economic Analysis of Solar Electricity Rates using the Life Cycle Cost Method (Analisa Keekonomian Tarif Penjualan Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1 MWp Bangli Dengan Metode Life Cycle Cost). *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 15(2), 121–126.
- Kumar, 2021. A review on perovskite solar cells (PSCs), materials and applications. *Journal of Materiomics* 7 (2021) 940e956
- Michael. 2019. Flexible electricity generation, grid exchange and storage for the transition to a 100% renewable energy system in Europe. *Renewable Energy Volume 139*, August 2019, Pages 80-101
- Nahela, S., Faridyan, I. F., Rachman, N. A., Risdiyanto, A., Teknik, F., Jember, U., Timur, J., Ilmu, L., Indonesia, P., & Barat, J. (2020). 3 Analisis Perbandingan Supply Arus Grid Tied Inverter Panel Surya Dan Pln Pada Beban 400 Watt Terhadap Radiasi Matahari Comparison Analysis of Current Supply By Grid Tied Inverter Solar Cell and Pln for Load 400 Watt on Solar. 18(2), 69–78.



- Nugraha, I. M. A., Giriantari, I. A. D., & Kumara, I. N. S. (2013). Studi Dampak Ekonomi dan Sosial PLTS Sebagai Listrik Pedesaan Terhadap Masyarakat Desa Ban Kubu Karangasem. *Prosiding Conference on Smart-Green Technology in Electrical and Information Systems*, A-010(studi dampak), 43–46.
- Pratama, R. (2020). Pengembangan Sistem Akuisisi Data Arus, Tegangan, Daya Dan Temperatur Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Jurnal Edukasi Elektro*, 3(2), 55–62. <https://doi.org/10.21831/jee.v3i2.29812>
- Sandro Putra, C. R. (2016). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Mandiri Untuk Rumah Tinggal. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 6(1), 23.4.
- Teten Haryanto *Jurnal Teknik Mesin: Vol. 10, No. 1, Februari 2021* 42 ISSN 2549-2888
- Taqwan Thamrin, 2018 *Jurnal Sistem Informasi dan Telematika* ISSN 2087-2062
- Tao H, Li J, Zhang C, Ding L, Zhang W, Xiao J. TiO₂@PbTiO₃ core-shell nanoparticles as mesoporous layer to improve electron transport performance in carbon-based perovskite solar cells. *Mater Chem Phys* 2020: 123436. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.123436>.
- Utomo, T. (2009). Kajian Kelayakan Sistem Photovoltaik Sebagai Pembangkit Daya Listrik Skala Rumah Tangga. *Eccis*, III(167), 13–17.
- Vika Azkiya Dihni. (2021). Konsumsi Listrik Per Kapita Indonesia Capai 1.109 kWh pada Kuartal III 2021 | *Databoks.KataData*, September, 1. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/12/10/konsumsi-listrik-per-kapita-indonesia-capai-1109-kwh-pada-kuartal-iii-2021>
- Vladar, 2021. Improving efficiency of domestic solar thermal systems by a flow control. Department of Physics, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, H-2100 Hungary.