

Optimization of Solar Home System Utilization

Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari (*Solar Home System*)

Muhammad Habib Alif, Ari Endang Jayati, Satria Pinandita

Dept. of Electrical Engineering, Universitas Semarang

e-mails : habib.zhenju@gmail.com

Received: 22 Nov. 2023; revised: 15 Dec 2023; accepted: 23 Dec 2023

Abstract — *The need for electricity is increasing with the increasing number of people and equipment used daily. Coal as the main source of nuclear power plants is currently experiencing limitations so that other alternatives are needed to meet the needs of electrical energy. Solar energy resources are one of the breakthroughs used to meet electricity needs. This research method uses experimental methods. Solar panels must be optimized to produce maximum energy. The results showed that for the tilt of the panel angle to obtain maximum energy is 50. The panels are installed in an open place unobstructed by trees, as well as on flat topography especially the kathulistiwa area. Solar panels with a slope of 50 produce the most electricity compared to other angular slopes at the same place.*

Keywords: *electrical energy, solar power, solar power plant*

Abstrak — *Kebutuhan akan listrik masyarakat semakin meningkat dengan bertambahnya jumlah penduduk dan peralatan yang digunakan sehari-harinya. Batu bara sebagai sumber utama PLTN saat ini mengalami keterbatasan sehingga dibutuhkan alternative lainnya untuk mencukupi kebutuhan energy listrik. sumber daya energy tenaga surya merupakan salah satu terobosan yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik. Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Panel surya harus dioptimalkan agar menghasilkan energy yang maksimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk untuk kemiringan sudut panel agar memperoleh energi yang maksimal adalah 5⁰. Panel dipasang ditempat yang terbuka tidak terhalang dengan pohon-pohon, serta pada topografi yang datar khususnya daerah kathulistiwa. Panel surya dengan kemiringan 5⁰ menghasilkan enegri listrik yang paling besar dibandingkan dengan kemiringan sudut lainnya pada tempat yang sama.*

Kata Kunci: *energi listrik, tenaga surya, PLTS*

I. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman, kebutuhan energi yang digunakan manusia semakin meningkat. Kebutuhan tersebut sangat berguna bagi kelangsungan hidup. Energy dapat diartinya sebagai kemampuan untuk melakukan suatu pekerjaan [1]. Energy merupakan daya yang dapat dipakai untuk melakukan aneka macam proses kegiatan mencakup energy mekanik, panas, serta lain – lain.

Energi listrik yang ada dibumi sekarang ini terbatas,tidak sesuai dengan kebutuhan yang terus meningkat

dari waktu ke waktu serta perkembangan dunia industry yang begitu pesat. Bahkan kebutuhah tersebut lebih me ninggkat dari pertumbuhna ekonomi. Listrik sangat berperan penting dalam menunjang aktivitas [2].

Dengan meningkatnya pertumbuhan teknologi-teknologi canggih pada dunia industri, perkantoran, maupun rumah tangga, maka energi listrik sangat penting untuk mendukung aktivitas manusia dalam kehidupan sehari-hari, sehingga maka kebutuhan energi listrik akan meningkat tinggi, sehingga tidak menutup kemungkinan akan terjadinya kekurangnnya energi listrik itu sendiri [3]. Kesadaran masyarakat untuk berhemat energi listrik masih rendah. Perilaku hemat energi listrita isu kelangkaan listrik dianggap hanyalah politisasi karena kegagalan pemerintah.

Penggunaan listrik yang berlebihan seringkali kita temui dalam kehidupan sehari-hari, adapun contohnya yaitu ketika pagi hari tidak mematikan lampu, dan juga lupa mematikan kipas angin [4]. Hal ini bisa terjadi karena dalam kehidupan sehari-hari kita sudah terbiasa dengan hidup boros dan tidak menerapkan perilaku ekonomis energy, jadi harus diterapkan kebiasaan disiplin dalam segala hal telebih khusus dalam memakai tenaga listrik.

Untuk mendapatkan kekurangan energi listrik, dapat ddengan memanfaatkan adanya sinar matahari yang ada setiap harinya, dengan begitu kekurangan kebutuhan energi listrik yang ada nanti nya akan dapat terpenuhi, dan dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dari penggunaan proses pembangkit konvensional yang ada saat ini. Matahari adalah energy terbesar di bumi dan sering dimanfaatkan oleh manusia. Energi matatari dianggap energi yang tidak membuat polusi sehingga ramah lingkungan serta sangat baik untuk masa yang akan dating [5].

Indonesia adalah Negara tropis yang memiliki panas matahari yang dapat dimanfaatkan menjadi tenaga listrik. Pemerintah saat ini mengembangkan pembangkit listrik tenaga surya atau yang disebut PLTS untuk daerah-daerah terpencil yang sulit dijangkau [6] Daerah yang belum memiliki infrastruktur secara lengkap dan kesulitan untuk diberi aliran listrik menggunakan jaringan yang ada, maka PLTS menjadi alternatif dari permasalahan yang ada. PLTS untuk rumahan

atau dengan skala kecil biasa disebut dengan nama solar home system yaitu SHS [6]

Solar home system dimanfaatkan secara rumahan untuk menjadi energy listrik dan dapat dimanfaatkan secara harian oleh masyarakat. SHS memiliki modul yang kecil yaitu hanya 50-100 Water Peak (Wp) [7]. Namun, dengan modul kecil tersebut rumah yang memanfaatkan SHS sudah dapat memperoleh listrik sebesar 150-300Wh. SHS yang menggunakan skala kecil maka biasanya menggunakan system DC untuk menghindari arus listrik yang hilang akibat penggunaan inverter [8]. SHS juga memiliki kelebihan dimana tidak membutuhkan jaringan karena sistem yang digunakan kecil sehingga sangat sesuai jika digunakan rumahan atau keperluan gedung-gedung secara individual. sistem ini sangat cocok jika digunakan di daerah-daerah terpencil atau desa yang sulit untuk dijangkau [9]. SHS ini digunakan hanya untuk memenuhi kebutuhan dasar yaitu lampu untuk penerangan pada malam hari. Namun, SHS juga dapat ditingkatkan modul suryanya yaitu menggunakan modul surya yang lebih besar dari 100 Wp dimana akan menghasilkan energy listrik harian lebih dari 400Wh [10].

SHS semakin banyak digunakan untuk akses energi dan klaim telah dibuat tentang kemampuan mereka untuk meningkatkan kesejahteraan manusia. Oleh karena itu, makalah ini secara sistematis dan kritis menilai efek kesejahteraan manusia dari sistem ini [11]. Menurut tinjauan sistematis, sistem energi terbarukan skala kecil ini memiliki efek positif dalam hal pendidikan, kesehatan, keselamatan dan keamanan, hiburan, dan keterhubungan sosial [12]. Di bidang pendapatan dan produktivitas perusahaan, hasilnya beragam, dengan beberapa penelitian menunjukkan bahwa adopsi sistem rumah surya berkontribusi pada peningkatan pendapatan dan produktivitas perusahaan, dan yang lain menemukan sedikit atau tidak ada bukti untuk mendukung pandangan ini [13]. Namun, tinjauan kritis menunjukkan bahwa beberapa efek positif sering didasarkan pada pelaporan diri, dan bukti ketat mengenai sifat dan besarnya efek kesejahteraan dari sistem ini saat ini langka dan kadang-kadang tidak meyakinkan [14].

Berdasarkan hasil penelitian-penelitian sebelumnya diketahui adanya beberapa perbedaan hasil dari energy listrik yang dihasilkan dari penggunaan SHS. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Riafinola et al., (2022) ditemukan energy sebesar 323,4Wh. Hasil penelitian ini menghasilkan tegangan sebesar 20 sampai dengan 40 Volt. Hasil ini berbeda dengan hasil yang ditemukan dalam penelitian Meliala et al., (2020) bahwa hasil energi listrik yang dihasilkan hanya 200Wh. Hasil penelitian ini sudah dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik yang ada untuk penerangan ruangan sekolah.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis sudut datang sinar matahari yang sesuai untuk menghasilkan energi listrik yang maksimal sehingga pemanfaatan panel surya menjadi optimal.

II. METODE

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini berupa kaji tindak, yang diawali dengan identifikasi dan karakterisasi sel surya, yang dilanjutkan

dengan serangkaian analisis untuk mencari besar sudut pergeseran yang optimal. Analisis dilakukan pada data hasil pengukuran tegangan output sel surya untuk beberapa sudut kemiringan. Hasil-hasil penelitian akan diaplikasikan sebagai upaya untuk mengoptimalkan pemanfaatan PLTS dalam rangka memenuhi captive power.

Tahapan implementasi metode yang dilakukan adalah pertama-tama harus mengidentifikasi tegangan output sel surya untuk beberapa sudut kemiringan. Selanjutnya menghitung kerugian energi untuk menggerakkan solar tracker. Kemudian menghitung besar sudut pergerakan optimal. Tahap keempat adalah sistem PLTS

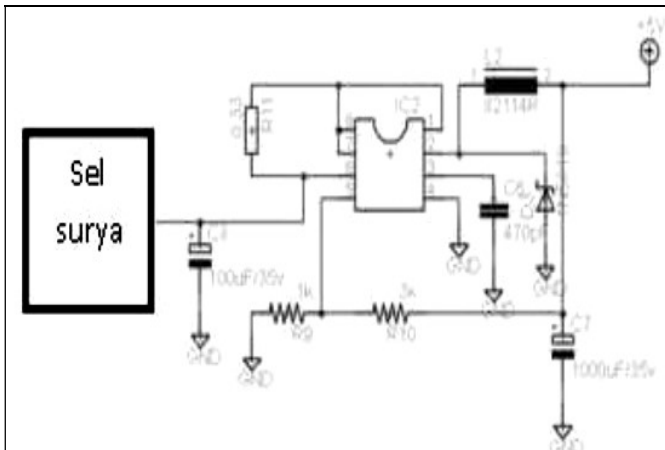
Sebuah sistem pembangkit listrik tenaga surya terbagi menjadi beberapa bagian. Sel surya akan merubah energi dari matahari menjadi energi listrik. Listrik yang dihasilkan oleh tenaga surya akan disimpan dalam accumulator melalui sebuah charger controller. Charger controller inilah yang mengatur tegangan dan arus yang masuk ke accumulator. Beban adalah perangkat elektronik yang memerlukan supply AC, sehingga diperlukan inverter untuk mengubah tegangan DC dari accumulator menjadi sebuah tegangan AC. Pengubah tegangan ini disebut Inverter.

Sel Surya *Charge Controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang ditambahkan ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Sel surya *charge controller* juga *overcharging* (kelebihan pengisian - karena baterai sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya, dimana akan mengurangi umur baterai. Sel surya *charge controller* menerapkan teknologi Pulse width modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Beberapa fungsi detail dari sel surya *charge controller* adalah untuk mengatur arus untuk pengisian ke baterai, *overcharging*, *overvoltage*. Fungsi lainnya yaitu untuk mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak 'full discharge', *overloading*. Ketiga, berfungsi untuk monitoring temperatur baterai.

Untuk membuat *charge controller* perlu diperhatikan karakteristik sel surya dan accumulator. Dalam penelitian ini digunakan 2 modul sel surya, dengan masing-masing modul memiliki tegangan keluaran maksimal 21,5 volt dan arus maksimal 4,7 A. accumulator yang digunakan memiliki tegangan maksimal 13,5 volt. Sehingga dirancang *charger* dengan karakteristik sebagai berikut tegangan input maksimal 21,5 volt, tegangan output maksimal 13,5 volt dan arus maksimal 5 A.

Seperti yang telah disebutkan di atas solar *charge controller* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel sel surya berhenti. Accumulator *charger* digunakan rangkaian seperti gambar 1

Solar *Charge Controller* terdiri dari : 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output panel sel surya, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai / aki dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban (load).



Gambar 1 Charge Controller

TABEL I. HUBUNGAN ANTARA SUDUT DATANG SINAR DENGAN TEGANGAN OUTPUT SEL SURYA

no	sudut (Derajat)	Tegangan
1	84	19,4
2	99	19,4
3	114	19,3
4	144	18,7
5	159	18,3
6	174	17,6
7	189	17
8	204	16,7
9	219	16,6

Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena ada 'diode protection' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel sel surya ke baterai, bukan sebaliknya.

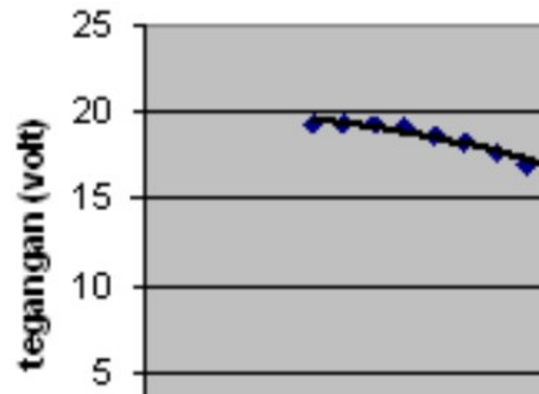
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan nilai tegangan yang berbeda-beda berdasarkan sudut datang sinar matahari. Peralatan yang digunakan sel surya, voltmeter dan penggaris.

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan data pengukuran hubungan antara sudut datang sinar matahari dengan tegangan yang dihasilkan oleh sel surya seperti Tabel I pengukuran dilakukan pada pagi hari jam 09.00.

Data yang didapat dipergunakan untuk mencari *trendline* hubungan antara sudut datang sinar matahari dengan tegangan yang dihasilkan. Dari analisa data didapat fungsi $y = -0.0001x^2 + 0.0071x + 19.714$ dengan $R^2 = 0.9672$. secara grafik terlihat seperti Gambar 2.

Sehari diasumsikan sel surya mendapatkan energi selama 12 jam, dari timur ke barat (180°). Jika sel surya digerakkan untuk menjaga sudut datang selalu dibawah atau sama dengan 10° , maka sel surya perlu digerakkan setiap 1 jam 20 menit. Jika sel surya digerakkan untuk menjaga sudut datang selalu dibawah atau sama dengan 20° , maka sel surya perlu digerakkan setiap 2 jam 40 menit. Analisis selengkapnya seperti tabel II



Gambar 2 hubungan sudut dengan tegangan

TABEL II. PERHITUNGAN ENERGY YANG DIHASILKAN TRACKER DALAM SEHARI

sudut	Vout Min (Volt)	energy masuk (Wh)	Energi keluar (Wh)	sisanya energi
5	19,486	1169,16	6.127	1163,03
10	19,424	1165,44	5.767	1159,67
15	19,357	1161,42	5.406	1156,01
20	19,285	1157,43	5.586	1151,51
30	19,126	1147,26	4.325	1143,24
40	18,947	1136,82	2.835	1133,94
45	18,850	1131,11	3.244	1127,76

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan maka ditemukan bahwa panel surya yang dipasang dengan sudut 5° memiliki energy yang paling besar dibandingkan dengan sudut lebih dari 5° . Panel yang dipasang dengan sudut 5° akan menghasilkan energy yang paling optimal untuk digunakan listriknya.

Sudut 5° menjadi sudut paling ideal dalam pemasangan panel surya Karen dapat menangkap cahaya matahari dengan baik dan maksimal sehingga diperoleh energy yang maksimal juga. Dari hasil percobaan menunjukkan bahwa eksperimen dengan berbagai sudut dan diperoleh sudut yang ideal. penggunaan panel suray agar optimal energy yang dihasilkan maka digunakan kemiringan 5° . Panel surya sipasang ditempat terbuka yang tidak terhalang datang sinar matahari sehingga penyinaran dapat diterima secara maksimal. Selain itu, tempat panel surya yang dipasang di tempat terbuka lapang menjadikan penyinaran sempurna dan lebih meksimal. Sudut 5° menjadikan panel dapat menerima panas lebih lama waktunya dibandingkan dengan panel yang lebih miring. Hal ini karena matahari bergerak dari arah timur ke barat untuk di Indonesia maka jika terlalu miring panel hanya dapat penyinaran dari sebelah saja tidak maksimal. Hal sebaliknya jika panel tidak terlalu miring maka panas matahari dari pagi sampai sore hari bisa diterima panel dengan maksimal. PLTS dapat memenuhi kebutuhan energy listrik bagi masyarakat yang tinggal di pedesaan yang sulit dijangkau menggunakan jaringan listrik PLN. PLTS ini dapat memberikan sumbangsi kebutuhan listrik masyarakat sehingga permasalahan listrik di daerah yang kurang terjangkau dapat diatasi. Selain itu,

pemanfaatan PLTS dapat mengurangi listrik dari batu bara dan fosil yang selama ini digunakan

Hasil dari percobaan panel surya ini memperoleh energi yang lebih besar jika dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya yang hanya 200 sampai dengan 400 Wh saja. Hal ini dapat dipengaruhi banyak faktor seperti besarnya modul yang digunakan, lokasi panel, serta kemiringan panel juga memberikan pengaruh terhadap energy yang dihasilkan.

Panel yang mendapat sinar matahari lebih banyak maka energy yang dihasilkan juga akan lebih besar dibandingkan dengan panel yang hanya mendapat sinar matahari dengan waktu sebentar. Panel dipasang di tempat terbuka seperti di tanah lapang yang jauh dari pepohonan dan perbukitan maka akan lebih maksimal. Jika panel di pasang di daerah perbukitan maka sebaiknya panel di pasang di puncak bukit sehingga penyinaran matahari tidak terhalang oleh bukit. Panel akan memperoleh sinar secara maksimal setiap harinya dan menjadikan energy yang dihasilkan akan lebih lama karena lebih banyak.

Pemilihan lokasi dalam pemasangan panel tidak hanya factor kemiringan sudut saja. Namun, juga topografi yang ada akan menentukan banyaknya panel menerima sinar matahari. Daerah yang memiliki topografi dataran lebih menguntungkan dibandingkan dengan daerah dengan topografi perbukitan atau pergunungan. Pemasangan panel juga memepertimbangkan adanya gangguan dari alam seperti rawan banjir, gangguan binatang liar, gangguan pohon tumbang.

Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor, yakni jenis n dan jenis p. Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, ($n =$ negatif). Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan p ($p =$ positif) karena kelebihan muatan positif.

Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktifitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. Di dalam semikonduktor alami ini, elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau hole dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor. Dua jenis semikonduktor n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan p-n atau dioda p-n

Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan pn berada pada titik setimbang, yakni saat di mana jumlah hole yang berpindah dari semikonduktor p ke n dikompensasi dengan jumlah hole yang tertarik kembali kearah semikonduktor p akibat medan listrik E. Begitu pula dengan jumlah elektron yang berpindah dari semikonduktor n ke p, dikompensasi dengan mengalirnya kembali elektron ke semikonduktor n akibat tarikan medan listrik E.

Pada sambungan p-n inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. Untuk keperluan sel surya, semikonduktor n berada pada lapisan atas sambungan yang menghadap kearah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor p, sehingga cahaya

matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus terserap dan masuk ke daerah deplesi dan semikonduktor .

Cahaya matahari dengan panjang gelombang (dilambangkan dengan simbol "lamda" sebagian di gambar atas) yang berbeda, membuat fotogenerasi pada sambungan pn berada pada bagian sambungan pn yang berbeda pula. Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi di sana. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor.

Pemanfaatan energi alternatif tenaga surya selanjutnya adalah sebagai sumber energi listrik di pabrik maupun area perkantoran. Hal ini menjadi bukti bahwa PLTS atau energi listrik tenaga surya mampu mendukung bisnis menjadi lebih baik dan lebih hemat [16]. Tentu Anda sudah tahu jika listrik di area pabrik, kantor atau industri cenderung lebih besar dibandingkan dengan kebutuhan rumah tangga. Tidak mengherankan jika tarif listrik di area industri atau perkantoran bisa sangat membengkak. Dengan menggunakan energi alternatif tenaga surya, perusahaan bisa menghemat tagihan listrik dari penggunaan energi yang lebih ramah lingkungan [17].

Pembangkit Listrik Tenaga Surya membutuhkan baterai untuk menyimpan arus listrik, untuk menentukan baterai yang digunakan berdasarkan tegangan dalam satuan Volt dan Daya dalam satuan Ampere jam (Ah). Biasanya baterai yang digunakan dengan kapasitas daya 12 atau 24 volt.

Kebutuhan baterai harus mempertimbangkan efisiensi hari bersinarnya matahari atau dimana matahari tidak bersinar maksimal karena pengaruh dari kondisi cuaca dihari tertentu, agar sistem tetap aktif walaupun terjadi pengaruh cuaca yang kurang baik sehingga panel surya tidak bisa mengkonversi sinar matahari adalah selama 3 hari. Karena kebutuhan daya perhari harus dikalikan dengan 3, dan juga harus memperhitungkan faktor efisiensi baterai pada saat pemakaian baterai tidak boleh sampai habis total [18].

Penggunaan energi alternatif untuk gedung komersial, seperti gedung perkantoran, pusat perbelanjaan, hotel, rumah sakit, dan lainnya, juga telah terbukti lebih hemat, efektif dan efisien. Pemerintah telah mulai menggunakan energi terbarukan dengan pembangkit listrik tenaga surya untuk mendukung program infrastruktur atau pembangunan. Salah satu contohnya adalah untuk elektrifikasi pedesaan [19].

Masih banyak desa-desa di Indonesia yang belum mendapatkan akses listrik secara merata. Meskipun angka rasio elektrifikasi pedesaan mencapai 99,48% atau meningkat signifikan 84% dari tahun 2019, per Agustus 2020 masih terdapat 433 desa di Indonesia yang belum teraliri listrik. Secara terperinci, 433 desa tersebut terbagi di daerah Papua sebanyak 325 desa, Papua Barat sebanyak 102 desa, Nusa Tenggara Timur sebanyak 5 desa, dan Maluku 1 desa. Dengan menggunakan energi alternatif dari tenaga surya, diharapkan akses listrik akan dapat segera dinikmati secara merata oleh semua masyarakat Indonesia.

Untuk mendukung penggunaan energi baru dan terbarukan, pemerintah telah mulai menggunakan energi

alternatif sinar matahari untuk kebutuhan fasilitas publik. Contohnya, menggunakan energi surya untuk penerangan *outdoor* sehingga anggaran bisa lebih dihemat. Indonesia merupakan negara tropis, sehingga di masa depan energi alternatif sinar matahari ini akan dimanfaatkan secara maksimal dalam berbagai sector [20].

Kelebihan PLTS dan PLTS atap dari SUN Energy adalah kualitas yang terbaik dengan mutu pelayanan oleh tenaga ahli. SUN Energy selalu mempertahankan standar keamanan dan kelestarian lingkungan. SUN Energy juga menyediakan solusi penghematan listrik yang variatif sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan Anda, mulai dari penghematan listrik di rumah, gedung perkantoran, hotel, pusat perbelanjaan sampai dengan pabrik dan industri besar [21].

Selain pembangkit listrik tenaga surya yang dipasang di dataran, terdapat juga PLTS atap dimana PLTS tersebut dipasang di atas atap, dari sanalah dikenal sebagai PLTS Atap. Untuk industri, perumahan dan gedung komersial, PLTS atap ini lebih direkomendasikan dibandingkan dengan PLTS lainnya [22]. Atap menjadi lokasi yang strategis untuk mendapatkan banyak sinar matahari. Sinar matahari tersebut kemudian ditangkap oleh panel surya yang terpasang di atap bangunan atau rumah Anda. Untuk jenis PLTS atap yang Anda gunakan ini bisa disesuaikan dengan kebutuhan Anda. Pilihannya pun sangat beragam. Misalnya saja, jenis panel yang disediakan oleh SUN Energy ini ada 1 kWp, 2 kWp, 4 kWp dan juga 6 kWp. Selain itu, SUN Energy juga melayani pemasangan sistem tenaga surya untuk skala yang lebih besar, sehingga jenis panel produk yang ditawarkan sangat beragam [23].

Menggunakan PLTS atap juga jauh lebih ramah lingkungan, sehingga efek pemanasan global bisa berkurang. 1 kWp energi surya dapat mengurangi emisi CO₂ sebanyak 9 ton per tahunnya [24]. Untuk industri, pabrik dan juga gedung komersial, PLTS atap yang diaplikasikan semakin besar sehingga emisi gas karbondioksida juga berkurang semakin banyak. Misalnya saja, dengan penggunaan daya 200 kWp, emisi CO₂ yang dikurangi ini sebesar 1,8 ribu ton. Belum lagi jumlah bahan bakar seperti batubara yang terbakar untuk pemakaian sumber listrik konvensional ini bisa berkurang. PLTS atap tidak membutuhkan bahan bakar seperti listrik PLN sehingga tidak menyebabkan polusi udara. Di masa depan, industri dan pabrik harus lebih ramah lingkungan sehingga kualitas lingkungan tetap terjaga dengan baik. Untuk fungsi dan hasil yang maksimal, maka PLTS harus memasang pembangkit listrik tenaga surya dengan baik dan benar. Anda juga harus memperhatikan lokasi pemasangan PLTS atap tersebut. PLTS yang dipasang di atap paling efektif dalam menyerap sinar matahari [25]

Komponen PLTS atap yang berkualitas dan memiliki kinerja yang bagus sehingga tidak mudah rusak meski digunakan dalam jangka waktu yang lama [26]. Perizinan proyek juga harus dikantongi terutama jika skalanya pemasangan panel surya untuk kebutuhan besar agar tidak dianggap ilegal. Akan lebih bagus lagi jika pemasangan menggunakan jasa dari perusahaan pengembang sistem tenaga surya terpercaya di Indonesia yang menyediakan berbagai

macam layanan mulai dari perizinan sampai dengan pemasangan.

Kelebihan PLTS dan PLTS atap dari SUN Energy adalah kualitas yang terbaik dengan mutu pelayanan oleh tenaga ahli [27]. SUN Energy selalu mempertahankan standar keamanan dan kelestarian lingkungan. SUN Energy juga menyediakan solusi penghematan listrik yang variatif sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan, mulai dari penghematan listrik di rumah, gedung perkantoran, hotel, pusat perbelanjaan sampai dengan pabrik dan industri besar.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan panel surya agar optimal energy yang dihasilkan maka digunakan kemiringan 5⁰. Panel surya sipasang ditempat terbuka yang tidak terhalang datang sinar mataharinya sehingga penyinaran dapat diterima secara maksimal. Selain itu, tempat panel surya yang dipasang di tempat terbuka lapang menjadikan penyinaran sempurna dan lebih meksimal. Sudut 5⁰ menjadikan panel dapat menerima panas lebih lama waktunya dibandingkan dengan panel yang lebih miring. Hal ini karena matahari bergerak dari arah timur ke barat untuk di Indonesia maka jika terlalu miring panel hanya dapat penyinaran dari sebelah saja tidak maksimal. Hal sebaliknya jika panel tidak terlalu miring maka panas matahari dari pagi sampai sore hari bisa diterima panel dengan maksimal. PLTS dapat memenuhi kebutuhan energy listrik bagi masyarakat yang tinggal di pedesaan yang sulit dijangkau menggunakan jaringan listrik PLN.

PLTS ini dapat memberikan sumbangsi kebutuhan listrik masyarakat sehingga permasalahan listrik di daerah yang kurang terjangkau dapat diatasi. Selain itu, pemanfaatan PLTS dapat mengurangi listrik dari batu bara dan fosil yang selama ini digunakan.

KUTIPAN

- [1] M. Usman, "Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya," *Power Elektron. J. Orang Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 52-57, Jul. 2020, doi: 10.30591/polektron.v9i2.2047.
- [2] A. G. S. Utama, N. M. Janani, S. Silfiana, T. N. A. Wulandari, and B. Budiningtyas, "Automation Of Electrical Energy Savings System: Hemat Listrik, Hemat Biaya," *Ekuitas J. Pendidik. Ekon.*, vol. 6, no. 2, Dec. 2018, doi: 10.23887/ekuitas.v6i2.16303.
- [3] Suwarti, "Analisis Pengaruh Intensitas Matahari, Suhu Permukaan & Sudut Pengarah Terhadap Kinerja Panel Surya," *Eksergi*, vol. 14, no. 3, p. 78, Mar. 2019, doi: 10.32497/eksergi.v14i3.1373.
- [4] I. G. Ramadhan, I. A. T. P. Yunen, D. Syahrani, S. Rosdiana, and M. R. Al-Ariki, "Pemanfaatan Energi Surya Dalam Pembuatan Lampu Sebagai Upaya Meminimalisir Penggunaan Listrik," *J. Graha Pengabdian*, vol. 4, no. 2, p. 102, 2022, doi: 10.17977/um078v4i22022p102-109.
- [5] L. B. Pratomo and N. Sinaga, "Tinjauan Singkat Optimalisasi Pemanfaatan Energi Surya Pada Sektor Rumah Tangga," *J. Miner. Energi, dan Lingkung.*, vol. 6, no. 2, p. 1, 2023, doi: 10.31315/jmel.v6i2.4777.
- [6] P. Megantoro, H. F. Aldi Kusuma, S. A. Reina, A. Abror, L. J. Awaln, and Y. Afif, "Reliability and performance analysis of a mini solar home system installed in Indonesian household," *Bull. Electr. Eng. Informatics*, vol. 11, no. 1, pp. 20-28, Feb. 2022, doi: 10.11591/eei.v11i1.3335.
- [7] I. Renreng, "Smart Hidroponik Berbasis Energi Surya untuk Urban Farming di Kabupaten Gowa," *Tekno. Terap. Untuk Pengabdian Masyarakat*, vol. 5, no. 1, pp. 90-96, 2022, doi: https://doi.org/10.25042/jurnal_tepat.v5i1.227.

- [8] N. Ojong, "Fostering Human Wellbeing in Africa through Solar Home Systems: A Systematic and a Critical Review," *Sustainability*, vol. 14, no. 14, p. 8382, Jul. 2022, doi: 10.3390/su14148382.
- [9] J. Ngoma, R. Ndeda, and G. Adwek, "Household adoption dynamics of solar home systems in Democratic Republic of Congo," in *12th International Conference on Clean and Green Energy (ICCGE 2023)*, Institution of Engineering and Technology, 2023, pp. 59–63. doi: 10.1049/icp.2023.1604.
- [10] R. Khezri, A. Mahmoudi, and H. Aki, "Optimal planning of solar photovoltaic and battery storage systems for grid-connected residential sector: Review, challenges and new perspectives," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 153, p. 111763, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.rser.2021.111763.
- [11] A. Kundu and K. Ramdas, "Timely After-Sales Service and Technology Adoption: Evidence from the Off-Grid Solar Market in Uganda," *Manuf. Serv. Oper. Manag.*, vol. 24, no. 3, pp. 1329–1348, May 2022, doi: 10.1287/msom.2021.1060.
- [12] E. Schulte, F. Scheller, D. Sloot, and T. Bruckner, "A meta-analysis of residential PV adoption: the important role of perceived benefits, intentions and antecedents in solar energy acceptance," *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 84, p. 102339, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.erss.2021.102339.
- [13] S. Meliala, R. Putri, S. Saifuddin, and M. Sadli, "Perancangan Penggunaan Panel Surya Kapasitas 200 WP On Grid System pada Rumah Tangga di Pedesaan," *J. Electr. Technol.*, vol. 5, no. 3, pp. 100–111, 2020.
- [14] K. A. Buzrukov, Zakiryo Sattikhodjaevich, "The Use Of Solar Energy In Heating Systems," *J. Pharm. Negat. Results*, pp. 1028–1034, Nov. 2022, doi: 10.47750/pnr.2022.13.S08.129.
- [15] H. Riaffinola, I. K. L. N. Suciningtyas, I. Sholihuddin, and W. R. Puspita, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Penggunaan Listrik Rumah Tangga," *J. Appl. Electr. Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 79–84, Dec. 2022, doi: 10.30871/jae.v6i2.4809.
- [16] H. K. Jani, S. S. Kachhwaha, G. Nagababu, A. Das, and M. Ehyaci, "Energy, exergy, economic, environmental, advanced exergy and exergoeconomic (extended exergy) analysis of hybrid wind-solar power plant," *Energy Environ.*, vol. 34, no. 7, pp. 2668–2704, Nov. 2023, doi: 10.1177/0958305X221115095.
- [17] A. Halimatussadiyah *et al.*, "The Impact of Fiscal Incentives on the Feasibility of Solar Photovoltaic and Wind Electricity Generation Projects: The Case of Indonesia," *J. Sustain. Dev. Energy, Water Environ. Syst.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–16, Mar. 2023, doi: 10.13044/j.sdewes.d10.0425.
- [18] D. Bessette *et al.*, "Community Centered Solar Development (CCSD) Case Study Interviews [Slides]," E-Scholarship Repository, Berkeley, CA (United States), Jun. 2023. doi: 10.2172/1986023.
- [19] D. Ghosh, G. Bryant, and P. Pillai, "Who wins and who loses from renewable energy transition? Large-scale solar, land, and livelihood in Karnataka, India," *Globalizations*, vol. 20, no. 8, pp. 1328–1343, Nov. 2023, doi: 10.1080/14747731.2022.2038404.
- [20] R. K. Charles and M. Majid, "Advances and development of wind-solar hybrid renewable energy technologies for energy transition and sustainable future in India," *Energy Environ.*, p. 0958305X2311524, Jan. 2023, doi: 10.1177/0958305X231152481.
- [21] S. Nasirov, P. Gonzalez, J. Opazo, and C. Silva, "Development of Rooftop Solar under Netbilling in Chile: Analysis of Main Barriers from Project Developers' Perspectives," *Sustainability*, vol. 15, no. 3, p. 2233, Jan. 2023, doi: 10.3390/su15032233.
- [22] J. Ma and T. Xu, "Optimal strategy of investing in solar energy for meeting the renewable portfolio standard requirement in America," *J. Oper. Res. Soc.*, vol. 74, no. 1, pp. 181–194, Jan. 2023, doi: 10.1080/01605682.2022.2032427.
- [23] S. Sareen, A. H. Sorman, R. Stock, K. Mahoney, and B. Girard, "Solidaric solarities: Governance principles for transforming solar power relations," *Prog. Environ. Geogr.*, vol. 2, no. 3, pp. 143–165, Sep. 2023, doi: 10.1177/27539687231190656.
- [24] H. E. Moon, S. W. Choi, and Y. H. Ha, "Prioritizing factors for the sustainable growth of Vietnam's solar photovoltaic power market," *Energy Environ.*, p. 0958305X2211469, Jan. 2023, doi: 10.1177/0958305X221146944.
- [25] A. K. Aggarwal, A. A. Syed, and S. Garg, "Factors driving Indian consumer's purchase intention of roof top solar," *Int. J. Energy Sect. Manag.*, vol. 13, no. 3, pp. 539–555, Sep. 2019, doi: 10.1108/IJESM-07-2018-0012.
- [26] R. Akpahou and F. Odoi-Yorke, "A multicriteria decision-making approach for prioritizing renewable energy resources for sustainable electricity generation in Benin," *Cogent Eng.*, vol. 10, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.1080/23311916.2023.2204553.
- [27] L. Alhmoud, "Why Does the PV Solar Power Plant Operate Ineffectively?," *Energies*, vol. 16, no. 10, p. 4074, May 2023, doi: 10.3390/en16104074.



Muhammad Habib Alif lahir pada tanggal 24 September 1996 di Grobogan, Purwodadi Jawa Tengah. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis merupakan anak dari pasangan Muhammad Nurhadi dan Sri Triyatun. Alamat tempat tinggal Penulis di Desa Pangkalan RT 02 / RW 02, Kecamatan Karangrayung, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah. Penulis Menempuh pendidikan dimulai dari Sekolah Dasar Negeri 02 Pangkalan pada tahun (2002-2008). Setelah itu penulis melanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah Pertama Negeri 01 Karangrayung pada tahun (2008-2011). Dan melanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan Yayasan Taman Pendidikan Islamiah (Yatpi) Godong jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik pada tahun (2011-2014). Pada Tahun 2017 penulis melanjutkan Pendidikan tingkat Sarjana I (S1) pada salah satu perguruan tinggi swasta di Kota Semarang yaitu Universitas Semarang, dengan mengambil Jurusan Teknik Elektro Program Studi Arus Kuat (Kelas Karyawan/Sore).