



Analisis Potensi Pemanfaatan Energi Matahari Melalui Panel Surya di Kota Medan

Anisa Niwanda^{1*}, Elsa Kardiana², Muhammad Arif³, Putri Rahmadani⁴, Ridho Amalan Saufi⁵, Suandro Mangihut Manik⁶

¹⁻⁶ Program Studi Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Medan, Indonesia

anisaniwanda123@gmail.com^{1*}, putriahmadani652@gmail.com⁴, ridhoamalansaufi@gmail.com⁵,
suanromanik@gmail.com⁶

Korespondensi penulis: anisaniwanda123@gmail.com

Abstract: This study aims to examine the potential and challenges of utilizing Solar Power Plants (PLTS) in Medan City, which is geographically located near the equator and receives high exposure to sunlight throughout the year. The method used is a literature review with a narrative review approach that analyzes secondary data from various journals and relevant scientific articles. The results of the study show that Medan City has an average annual horizontal global solar radiation intensity of 463.61 W/m², with the potential for electrical power that can be generated from rooftop solar panels reaching 748.57 MW (monocrystalline), 598.85 MW (polycrystalline), and 299.43 MW (thin film). This potential is comparable to the capacity of large-scale power plants. The use of PLTS contributes to reducing carbon emissions, increasing energy security, creating jobs, and developing the local economy. However, challenges such as high installation costs, limited suitability of roof structures, and low public awareness are still major obstacles in the implementation of this technology. Therefore, synergy is needed between government policies, public education, and technological innovation to optimize the use of solar energy in urban areas such as Medan.

Keywords: Solar Energy, Solar Panels, Solar Power Plant

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi dan tantangan pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Kota Medan yang secara geografis berada dekat garis khatulistiwa dan menerima paparan sinar matahari yang tinggi sepanjang tahun. Metode yang digunakan adalah studi literatur (literature review) dengan pendekatan narrative review yang menganalisis data sekunder dari berbagai jurnal dan artikel ilmiah relevan. Hasil studi menunjukkan bahwa Kota Medan memiliki rata-rata intensitas radiasi matahari global horizontal tahunan sebesar 463,61 W/m², dengan potensi daya listrik yang dapat dihasilkan dari panel surya rooftop mencapai 748,57 MW (monokristalin), 598,85 MW (polikristalin), dan 299,43 MW (thin film). Potensi ini sebanding dengan kapasitas pembangkit listrik skala besar. Pemanfaatan PLTS berkontribusi pada pengurangan emisi karbon, peningkatan ketahanan energi, penciptaan lapangan kerja, dan pengembangan ekonomi lokal. Meskipun demikian, tantangan seperti biaya instalasi yang tinggi, keterbatasan kesesuaian struktur atap, dan rendahnya kesadaran masyarakat masih menjadi hambatan utama dalam implementasi teknologi ini. Oleh karena itu, diperlukan sinergi antara kebijakan pemerintah, edukasi masyarakat, dan inovasi teknologi untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi surya di kawasan perkotaan seperti Medan.

Kata kunci: Energi Surya, Panel Surya, Pembangkit Listrik Tenaga Surya

1. LATAR BELAKANG

Indonesia adalah negara yang mempunyai berbagai jenis sumber daya energi dalam jumlah yang cukup melimpah. Negara Indonesia yang terletak pada daerah khatulistiwa, maka wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10 - 12 jam dalam sehari. Potensi sumber energi matahari di Indonesia sebagai sumber energi listrik alternatif yang sangat perlu dimanfaatkan mengingat, total intensitas penyinaran rata-rata 4,5 kWh/m² perhari, matahari bersinar berkisar 2000 jam per tahun, sehingga tergolong kaya sumber energi matahari. Data Ditjen Listrik dan Pengembangan Energi pada tahun

1997, kapasitas yang terpasang listrik tenaga surya di Indonesia mencapai 0,88 MW dari potensi yang tersedia $1,2 \times 10^9$ MW.

Kota Medan terletak di dekat garis khatulistiwa, yang mana sinar matahari jatuh hampir tegak lurus sepanjang tahun, dibandingkan dengan daerah lain di lintang yang lebih tinggi. Sehingga hal ini menyebabkan intensitas radiasi matahari yang lebih tinggi dan rasa panas yang lebih menyengat dibandingkan dengan daerah lain di lintang yang lebih tinggi. Dengan melihat potensi energi surya yang terdapat di Indonesia seperti yang sudah dijelaskan, maka perlunya untuk melihat potensi energi surya yang terdapat di Kota Medan.

Matahari adalah sumber energi yang sangat luar biasa, yang setiap hari dan disetiap negara di dunia terbit dari timur dan tenggelam di barat. Saat ini, sebagian besar sumber energi listrik di Indonesia berasal dari bahan bakar fosil dan hanya 12% dari sumber energi baru terbarukan (EBT). Namun, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) berkomitmen untuk meningkatkan EBT menjadi 23% pada tahun 2025. Penggunaan fosil sebagai sumber energi untuk membangkitkan tenaga listrik membuat ketersediaan bahan bakar fosil semakin terbatas, sehingga penggunaan energi surya sebagai alternatif lain sumber tenaga listrik akan dikembangkan pada penelitian kali ini.

Energi Surya merupakan sumber energi yang tidak terbatas dan tidak akan pernah habis ketersediaannya dan energi ini juga dapat di manfaatkan sebagai energi alternatif yang akan di ubah menjadi energi listrik, dengan menggunakan sel surya. Panel Surya sebagai sumber energi listrik alternatif dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang memerlukan energi listrik, namun terkendala dengan ketidak tersediaannya energi listrik dari PLN seperti para pedagang kaki lima, masyarakat yang tinggal di wilayah terpencil maupun daerah yang belum teraliri listrik dari PLN. (Rifky dkk, 2021) Energi matahari dengan sumber energi yang melimpah, paling stabil, tersedia dalam jangka waktu yang panjang karena hampir tidak pernah habis dan tidak menghasilkan polusi, matahari memiliki potensi besar bagi tempat yang berada di zona katulistiwa seperti Indonesia, termasuk Kota Medan yang terletak di dekat garis khatulistiwa.

2. KAJIAN TEORITIS

Energi Matahari

Energi adalah kemampuan melakukan kerja. Disebut demikian karena setiap kerja yang dilakukan sekecil apapun dan seringnya apapun tetap membutuhkan energi. Menurut KBBI energi didefinisikan sebagai daya atau kekuatan yang diperlukan untuk melakukan berbagai proses kegiatan. Energi merupakan bagian dari suatu benda tetapi tidak terikat

pada benda tersebut. Energi bersifat fleksibel artinya dapat berpindah dan berubah. Berikut beberapa pendapat ahli tentang pengertian energi;

- a. Energi adalah kemampuan membuat sesuatu terjadi (Robert L. Wolke)
- b. Energi adalah kemampuan benda untuk melakukan usaha (Mikrajuddin)
- c. Energi adalah suatu bentuk kekuatan yang dihasilkan atau dimiliki oleh suatu benda (Pardiyono)
- d. Energi adalah sebuah konsep dasar termodinamika dan merupakan salah satu aspek penting dalam analisis teknik (Michael J. Moran), dll.

Dari berbagai pengertian dan definisi energi diatas dapat disimpulkan bahwa secara umum energi dapat didefinisikan sebagai kekuatan yang dimiliki oleh suatu benda sehingga mampu untuk melakukan kerja.

Energi matahari adalah kekuatan yang dimiliki matahari untuk menghasilkan efisiensi energi untuk menghasilkan suatu energi untuk benda agar mampu bekerja. Salah satu sumber energi terbarukan yang melimpah adalah sumber energi matahari. Hal ini disebabkan wilayah Indonesia terletak pada garis khatulistiwa. Sumber energi matahari ini dapat diperoleh secara gratis dan tidak menimbulkan dampak lingkungan (Kusmantoro & Farikhah, 2022). Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi alternatif untuk energi matahari ini juga akan menurunkan kadar emisi karbondioksida dan tentunya akan berpengaruh baik terhadap lingkungan (Ali & Windarta, 2020). Pemanfaatan energi matahari ini juga dapat mengurangi emisi karbondioksida sehingga energi ini disebut dengan energi ramah lingkungan. Pemanfaatan energi matahari ini digunakan dengan cara mengumpulkan panas matahari untuk menghasilkan fluida panas (steam) yang diperoleh melalui radiasi sinar matahari sehingga dapat meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi karbondioksida. Selain itu, energi matahari juga dapat diterapkan di 8 dalam sistem rancan gedung sehingga dapat memanfaatkan energi dari matahari seperti pencahayaan, pemanasan air maupun sebagai energi listrik.

Panel Surya

Solar cell adalah perangkat listrik yang mengubah energi cahaya langsung menjadi listrik oleh efek fotovoltaiik, yang merupakan bentuk sel fotolistrik bila terkena cahaya, menghasilkan dan mendukung arus listrik tanpa terikat pada eksternal sumber tegangan. Fotovoltaiik adalah bidang teknologi dan penelitian yang berkaitan dengan penerapan praktis sel surya untuk menghasilkan listrik dari cahaya, namun sering digunakan untuk

menghasilkan listrik dari sinar matahari. Efek fotovoltaiik adalah proses fisik mendasar dimana sel surya mengubah sinar matahari menjadi listrik.

Panel surya adalah Alat yang digunakan untuk menghasilkan energi adalah panel surya yang merupakan gabungan dari beberapa sel surya. Sel surya adalah perangkat yang dapat mengubah sinar matahari menjadi listrik secara langsung melalui efek fotovoltaiik (Sartika et al., 2023). Pada sel surya, semikonduktor tipe-n ditempatkan pada lapisan yang menghadap ke arah sinar matahari, sehingga sinar matahari yang mengenai permukaan sel surya selanjutnya diserap dan masuk ke lapisan penipisan dan lapisan semikonduktor tipe p. Dapat menembus semikonduktor ketika sambungan pn terkena sinar matahari, elektron di menerima energi dari sinar matahari dan meninggalkan semikonduktor tipe-n, meninggalkan lubang di wilayah yang ditinggalkan oleh elektron.

Menurut Hersch, P dan Zweibel, K (1982), fenomena ini disebut fotogenerasi lubang elektron. Karena terdapat medan listrik E pada sambungan p-n, elektron yang terfotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor tipe-n, dan lubang tertarik ke arah semikonduktor tipe-p. Rangkaian kabel dihubungkan ke dua komponen semikonduktor ini, elektron mengalir melalui kabel. Jika miniatur lampu disambungkan dengan kabel, maka 10 lampu menyala karena menerima arus listrik yang dihasilkan oleh pergerakan electron.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Medan pada bulan Mei 2025, dengan menggunakan studi literatur. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian studi literatur (*literature review*) dengan model review yang dipilih adalah *narrative review*. Studi yang dilakukan pada model narrative review yaitu membandingkan data dari beberapa jurnal international yang telah dianalisis serta dirangkum berdasarkan pengalaman penulis, teori dan model yang ada. Metode penelitian yang digunakan berupa metode penelitian kualitatif dengan sumber data yang digunakan berupa data sekunder yang diperoleh dari beberapa jurnal international, artikel dan penelitian terdahulu yang telah dianalisis oleh penulis terkait masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode kajian pustaka dan menggunakan metode pengambilan data lapangan yang diuraikan secara deskriptif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi Pemanfaatan Energi Matahari

Kota Medan memiliki potensi energi matahari yang besar, dengan rata-rata radiasi matahari global horizontal tahunan mencapai 463,61 W/m². Intensitas radiasi matahari tertinggi terdapat di Kecamatan Medan Tuntungan (479,81 W/m²) dan terendah di Kecamatan Medan Belawan (438,77 W/m²). Berdasarkan studi, jika seluruh atap permukiman di Kota Medan dipasang panel surya model rooftop, potensi daya yang dapat dihasilkan mencapai; 748,57 MW untuk panel surya monokristalin; 598,85 MW untuk panel surya polikristalin; dan 299,43 MW untuk panel surya thin film. Potensi ini setara dengan pembangkit listrik berkapasitas besar dan dapat memenuhi kebutuhan energi listrik yang signifikan di Kota Medan.

Pemanfaatan energi matahari melalui panel surya di Kota Medan menawarkan berbagai manfaat, seperti: *Pertama*, Mengurangi emisi gas rumah kaca dan pencemaran udara, hal ini dikarenakan PLTS tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca dan polutan udara, sehingga berkontribusi pada pengurangan polusi dan memerangi perubahan iklim. *Kedua*, Meningkatkan ketahanan energi, dikarenakan PLTS dapat menjadi sumber energi alternatif yang andal dan berkelanjutan, sehingga mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang semakin langka dan mahal. *Ketiga*, Menciptakan lapangan pekerjaan, Pengembangan dan pemanfaatan PLTS dapat membuka peluang lapangan pekerjaan baru di sektor energi terbarukan. *Keempat*, Meningkatkan ekonomi lokal dengan Investasi dalam PLTS dapat mendorong pertumbuhan ekonomi lokal dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Meskipun memiliki potensi besar, terdapat beberapa tantangan dalam pemanfaatan energi matahari di Kota Medan, seperti biaya awal pemasangan panel surya masih tergolong tinggi. Kemudian, Tidak semua atap bangunan memiliki kesesuaian untuk pemasangan panel surya. Dan masih rendahnya kesadaran masyarakat tentang manfaat dan potensi energi matahari.

Medan memiliki iklim tropis dengan rata-rata suhu udara harian berkisar antara 24°C hingga 32°C. Suhu terpanas biasanya terjadi pada bulan September dan Oktober, dengan suhu rata-rata sekitar 28°C- 32°C. Sedangkan suhu terdingin terjadi pada bulan Januari dan Februari, dengan suhu rata-rata sekitar 24°C. Tingginya paparan sinar matahari di Medan menjadikan kota ini ideal untuk penggunaan panel surya. Panel surya bekerja paling optimal pada suhu yang lebih hangat, dan Medan memiliki banyak sinar matahari sepanjang tahun. Hal ini membuat panel surya menjadi pilihan yang efisien dan hemat biaya untuk energi di Medan. Suhu di Medan memiliki pengaruh terhadap kinerja panel

surya. Semakin tinggi suhu, semakin rendah efisiensi panel surya dalam menghasilkan energi listrik. Hal ini karena panas dapat meningkatkan resistensi internal panel surya, yang pada gilirannya menurunkan arus dan tegangan yang dihasilkan. Secara umum, panel surya bekerja paling optimal pada suhu sekitar 25°C. Pada suhu di atas 35°C, efisiensi panel surya dapat turun hingga 10%. Penurunan efisiensi ini dapat berakibat pada berkurangnya jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya.

Untuk perancangan system pembangkit listrik tenaga surya terpusat dilakukan optimasi berdasarkan parameter lahan yang tersedia, kebutuhan listrik, ketersediaan material yang dapat dibawa ke daerah pulau terluar, kemudahan mendapatkan suku cadang dan pemeliharaan. Untuk optimasi berdasarkan lahan yang tersedia dan kebutuhan listrik, maka perencanaan dan optimasi dilakukan dengan perangkat lunak PVsyst. Sedangkan faktor material dan sukucadang serta aspek pemeliharaan dilakukan dengan pemilihan material yang populer saat ini yang sudah banyak digunakan sekitar lokasi.

Ada banyak cara untuk memanfaatkan energi dari matahari. Tumbuhan mengubah sinar matahari menjadi energi kimia dengan menggunakan fotosintesis. Kita memanfaatkan energi ini dengan memakan dan membakar kayu. Bagaimanapun, istilah “tenaga surya” mempunyai arti mengubah sinar matahari secara langsung menjadi panas atau energi listrik untuk kegunaan kita. Dua tipe dasar tenaga matahari adalah “sinar matahari” dan “photovoltaic” (photo=cahaya, voltaic=tegangan). Photovoltaic tenaga matahari melibatkan pembangkit listrik dari cahaya. Rahasia dari proses ini adalah penggunaan bahan semi konduktor yang dapat disesuaikan untuk melepas elektron, partikel bermuatan negative yang membentuk dasar listrik.

Untuk memanfaatkan potensi energi surya tersebut, ada 2 (dua) macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu:

- a. Teknologi energi surya fotovoltaiik, Energi surya fotovoltaiik digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik, pompa air, televisi, telekomunikasi, dan lemari pendingin di Puskesmas dengan kapasitas total ± 6 MW.
- b. Teknologi energi surya termal, Energi surya termal pada umumnya digunakan untuk memasak (kompor surya), mengeringkan hasil pertanian (perkebunan, perikanan, kehutanan, tanaman pangan) dan memanaskan air.

Peluang teknologi energi surya termal di Kota Medan cukup besar, terutama untuk mendukung peningkatan kualitas pasca-panen komoditi pertanian di Kota Medan, untuk bangunan komersial atau perumahan di perkotaan. Peluang pemanfaatannya dalam sektor-sektor masyarakat, yaitu:

- a. Industri, khususnya agro-industri dan industri pedesaan, yaitu untuk penanganan pasca-panen hasil-hasil pertanian, seperti: pengeringan (komoditi pangan, perkebunan, perikanan/peternakan, kayu olahan) dan juga pendinginan (ikan, buah dan sayuran).
- b. Bangunan komersial atau perkantoran, yaitu: untuk pengkondisian ruangan (Solar Passive Building, AC) dan pemanas air.
- c. Rumah tangga, seperti: untuk pemanas air dan oven/ cooker. Di Puskesmas terpencil di pedesaan, yaitu: untuk sterilisator, refrigerator vaksin dan pemanas air.

Dalam keadaan cuaca yang cerah, sebuah sel surya akan menghasilkan tegangan konstan sebesar 0.5 V sampai 0.7 V dengan arus sekitar 20 mA dan jumlah energi yang diterima akan mencapai optimal jika posisi sel surya (tegak lurus) terhadap sinar matahari selain itu juga tergantung dari konstruksi sel surya itu sendiri. Ini berarti bahwa sebuah sel surya akan menghasilkan daya $0.6 \text{ V} \times 20 \text{ mA} = 12 \text{ mW}$. Jika matahari memancarkan energinya ke permukaan bumi sebesar 100 W/m^2 atau 100 mW/cm^2 , maka bisa dibayangkan energi yang dihasilkan sel surya yang rata-rata mempunyai luas 1 cm^2 dibandingkan dengan bahan bakar fosil (BBM) dengan proses fotosintesis yang memakan waktu jutaan tahun.

Teknik Pemasangan Panel Surya

Panel surya dapat diinstal di atas atap, di atas bangunan, di tanah, dan berdiri sendiri menggunakan tiang. Tapi, di daerah pemukiman yang keterbatasan ruang menjadi kendala besar, atap rumah umumnya lebih disukai. Umumnya panel surya dipasang secara tetap (fixed) padaudukannya. Untuk Negara-negara 4 musim teknik yang diadopsi umumnya adalah dengan menghadapkan panel tersebut ke arah selatan (Negara-negara di belahan bumi utara) atau ke arah utara (Negara-negara di belahan bumi selatan) seperti yang telah diteliti oleh Tackle and Shaw (2007).

Panel surya diposisikan tegak lurus terhadap arah datangnya matahari tepat di siang hari. Panel surya paling efektif ketika kontak langsung dengan sinar matahari sehingga mereka dapat menangkap sebagian besar sinar matahari yang mengarah ke mereka. Panel surya harus diposisikan sehingga mereka mendapatkan paparan sinar matahari yang baik di sekitar tengah hari ketika energi matahari bisa ditangkap secara maksimum. Paparan sinar matahari dapat bervariasi tergantung musim dan posisi matahari terhadap bumi, panel surya harus dipasang sedemikian rupa sehingga mereka dapat menghadap ke posisi matahari secara maksimal di setiap musim.

Langkah pertama dalam memasang sebuah panel surya adalah memasang rangka besi di atap rumah. Setelah itu, langkah selanjutnya adalah memasangudukan panel surya. Dudukan di atas atap harus dipasang rapat menggunakan baut stainless steel sehingga mereka tidak bergeser bahkan ketika angin kencang bertiup. Instalasi panel surya di atap genteng agak sulit dan kontak langsung panel surya ke genteng harus dihindari guna mencegah kerusakan pada genteng yang rapuh.

Setelah dipasang, panel surya kemudian harus dihubungkan ke inverter. Inverter mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus bolak-balik (AC) karena sebagian besar perangkat rumah tangga umumnya berjalan di arus AC. Selanjutnya inverter harus dihubungkan ke sistem listrik di rumah. Kabel yang tepat dan switch AC / DC harus dipasang dengan benar oleh ahli listrik sehingga inverter terhubung dengan baik ke sistem listrik di rumah. Jika terjadi kelebihan listrik, baterai harus dihubungkan ke inverter untuk menyimpan kelebihan listrik agar dapat digunakan ketika tidak ada sinar matahari, energi yang berlebih juga bisa dijual ke perusahaan listrik (di beberapa negara).

Harus diperhatikan bahwa mungkin terdapat penghalang di antara panel surya dan sinar matahari. Penghalang kecil seperti cabang-cabang pohon sangat bisa menghambat kinerja panel surya, sehingga harus dipangkas pada saat pemasangan panel surya itu. Jalur matahari harus ditelusuri sepanjang hari sebelum memasang panel surya sehingga tidak ada objek yang menghalangi paparan sinar matahari ke panel surya sepanjang siang hari ketika matahari bersinar. Jika tidak mungkin untuk menghilangkan beberapa hambatan seperti dinding tetangga, maka panel surya dapat dimiringkan ke sudut-sudut yang tidak terhalang. Kota Medan, seperti banyak kota lainnya di Indonesia, mungkin menghadapi beberapa tantangan dalam menerapkan energi surya. Beberapa alasan mengapa kota Medan belum sepenuhnya menerapkan energi surya mungkin termasuk:

- a. Keterbatasan Kapasitas Terpasang PLTS: Kapasitas terpasang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia masih jauh di bawah rencana, dengan realisasi hanya 271,6 MW pada 2022, dibandingkan dengan rencana 893,3 MW. Keterbatasan ini dapat menghambat pengembangan PLTS.
- b. Biaya yang Tinggi: Investasi awal dalam instalasi panel surya dan infrastruktur terkait bisa menjadi halangan utama. Meskipun biaya panel surya telah menurun dalam beberapa tahun terakhir, biaya awalnya masih bisa cukup tinggi untuk beberapa pihak.

- c. Kurangnya Kesadaran dan Pendidikan: Masyarakat dan pemangku kepentingan mungkin belum sepenuhnya menyadari manfaat dan potensi energi surya. Pendidikan dan kesadaran mengenai keberlanjutan energi bisa menjadi faktor penting dalam meningkatkan adopsi energi surya.
- d. Tata Ruang dan Infrastruktur: Tata ruang yang sudah ada dan infrastruktur yang telah ada mungkin tidak mendukung instalasi panel surya secara luas. Perlu perencanaan yang cermat untuk mengintegrasikan energi surya ke dalam infrastruktur kota yang sudah ada.

Regulasi dan Kebijakan: Kebijakan dan regulasi yang mendukung pengembangan energi surya mungkin belum cukup jelas atau kuat. Ini dapat mencakup hambatan perizinan, kebijakan tarif, atau kurangnya insentif untuk pengembangan energi surya.

Kelebihan dan Kekurangan Panel Surya

Kelebihan panel surya sebagai berikut:

- a. Tagihan Listrik Relatif Murah: Panel surya dapat menghemat tagihan listrik dengan menggunakan energi matahari yang diubah menjadi listrik yang dapat digunakan di rumah.
- b. Harga Jual Rumah Meningkat: Penggunaan panel surya dapat meningkatkan nilai jual rumah karena menjadi investasi dalam infrastruktur energi terbarukan.
- c. Memiliki Garansi Lama: Panel surya memiliki garansi yang sangat lama, yaitu selama 25-30 tahun, sehingga biaya perawatan, penggantian, dan perbaikan dapat diminimalisir.
- d. Memiliki Listrik Cadangan Saat Matahari Tidak Bersinar: Panel surya menyimpan cadangan listrik yang dapat digunakan saat malam hari, hujan, atau saat matahari tidak bersinar.
- e. Bisa Dipasang dalam Berbagai Iklim: Panel surya dapat dipasang dalam berbagai iklim, termasuk iklim tropis seperti di Indonesia, sehingga tidak terbatas pada iklim tertentu.
- f. Menghemat Biaya Energi Jangka Panjang: Penggunaan panel surya dapat menghemat biaya energi jangka panjang dengan mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil.
- g. Perawatan yang Mudah: Panel surya relatif mudah dalam perawatan dan pemeliharaan, sehingga biaya perawatan dapat diminimalisir.
- h. Dapat Digunakan Sebagai Cadangan Listrik: Panel surya dapat digunakan sebagai

cadangan listrik saat listrik utama tidak tersedia.

- i. Ramah Lingkungan: Panel surya menggunakan energi matahari yang terbarukan, sehingga tidak berkontribusi pada emisi gas rumah kaca dan pelestarian lingkungan.

Kelemahan panel surya sebagai berikut:

- a. Tidak Bisa Dipindah: Panel surya tidak dapat dipindahkan setelah dipasang karena proses pencopotan dapat merusak panel surya. Biaya pemindahan yang tinggi menjadi hambatan ekstra.
- b. Harus Dipasang oleh Profesional: Panel surya harus dipasang oleh tenaga profesional yang ahli di bidangnya untuk memastikan kinerjanya optimal dan mengurangi risiko masalah teknis di masa mendatang.
- c. Biaya Pemasangan yang Cukup Mahal: Biaya pemasangan panel surya yang membutuhkan keahlian khusus membuat biaya panel surya menjadi tinggi, menjadi faktor pertimbangan bagi banyak orang.
- d. Keterbatasan Pemasangan: Panel surya tidak dapat dipasang di semua lokasi, seperti di daerah yang memiliki hujan yang sangat intensif atau di daerah yang memiliki atap yang tidak sesuai.
- e. Keterbatasan Kapasitas: Panel surya memiliki keterbatasan dalam menghasilkan energi, sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan energi yang sangat besar.

5. KESIMPULAN

Kota Medan memiliki potensi energi matahari yang besar, dengan rata-rata radiasi matahari global horizontal tahunan mencapai $463,61 \text{ W/m}^2$. Intensitas radiasi matahari tertinggi terdapat di Kecamatan Medan Tuntungan ($479,81 \text{ W/m}^2$) dan terendah di Kecamatan Medan Belawan ($438,77 \text{ W/m}^2$). Berdasarkan studi, jika seluruh atap permukiman di Kota Medan dipasang panel surya model rooftop, potensi daya yang dapat dihasilkan mencapai; 748,57 MW untuk panel surya monokristalin; 598,85 MW untuk panel surya polikristalin; dan 299,43 MW untuk panel surya thin film. Potensi ini setara dengan pembangkit listrik berkapasitas besar dan dapat memenuhi kebutuhan energi listrik yang signifikan di Kota Medan. Panel surya bekerja paling optimal pada suhu yang lebih hangat, dan Medan memiliki banyak sinar matahari sepanjang tahun. Hal ini membuat panel surya menjadi pilihan yang efisien dan hemat biaya untuk energi di Medan. Suhu di Medan memiliki pengaruh terhadap kinerja panel surya. Semakin tinggi suhu, semakin rendah efisiensi panel surya dalam menghasilkan energi listrik.

DAFTAR REFERENSI

- Dzulfikar, D., & Broto, W. (2016, October). Optimalisasi pemanfaatan energi listrik tenaga surya skala rumah tangga. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)* (Vol. 5, pp. SNF2016-ERE).
- Haryanto, T. (2019). *Mengungkap rahasia tata surya*.
- Ipung, M. S. A., & Thamrin, S. (2023). Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya sebagai alternatif energi masa depan. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara*, 4(3), 2427–2435.
- Manan, S. (2009). Energi matahari, sumber energi alternatif yang efisien, handal dan ramah lingkungan di Indonesia. *Gema Teknologi*.
- Nababan, W. S., Sihombing, S., Peranginangin, S. E., & Napitupulu, R. A. (2023). Analisis tekno ekonomi atap surya studi kasus di Kota Medan, Indonesia. *Sprocket Journal of Mechanical Engineering*, 5(1), 43–49.
- Nugroho, A. A., & Isyanto, H. (2024). Analisa perbandingan kinerja panel surya jenis monocrystalline dan thin film 100 WP. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 7(1), 51–58.
- Pratomo, L. B., & Sinaga, N. (2023). Tinjauan singkat optimalisasi pemanfaatan energi surya pada sektor rumah tangga. *Jurnal Mineral, Energi, dan Lingkungan*, 6(2), 1–7.
- Samsurizal, S., Christiono, C., & Husada, H. (2020). Studi kelayakan pemanfaatan energi matahari sebagai pembangkit listrik tenaga surya di Dusun Toalang. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 9(1), 75–83.
- Siregar, M. F., Kusuma, B. S., & Ginting, Z. (2023, June). Pemanfaatan energi matahari menjadi energi listrik kapasitas 1300 watt untuk beban rumah tangga di Kota Medan. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)* (Vol. 6, No. 1, pp. 172–176).
- Widayana, G. (2012). Pemanfaatan energi surya. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 9(1).
- Yandri, V. R. (2012). Prospek pengembangan energi surya untuk kebutuhan listrik di Indonesia. *Jurnal Ilmu Fisika*, 4(1), 14–19.