

ANALISIS PEMANFAATAN RADIASI PADA SISTEM PANEL SURYA UNTUK OPTIMALISASI ENERGI TERBARUKAN

*(Analysis of Radiation Utilization in Solar Panel Systems for
Renewable Energy Optimization)*

¹Roni Yanuar, ²Althesa Androva, ³Muhamad Safi'i, ⁴Rizki Dwi Ardika, ⁵Yafid Effendi

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Persatuan Guru Republik
Indonesia Semarang 50125

⁵Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang, Tangerang 15118
e-mail: althesaandrova@upgris.ac.id

Receive: 16 Juli 2026

Accepted: 01 Agustus 2026

Abstract

The utilization of solar energy through photovoltaic (PV) systems has become one of the most promising environmentally friendly renewable energy solutions, particularly in tropical regions such as Indonesia. However, the performance of solar panels is strongly influenced by solar radiation intensity and the installation tilt angle. This study aims to analyze the effect of solar radiation on the performance of a 50 Wp monocrystalline solar panel installed at a fixed tilt angle of 20°. The research was conducted experimentally through field testing by measuring the output voltage and current from 09:00 to 16:00 Western Indonesian Time (WIB). The experimental results indicate that the panel output voltage remained relatively stable within the range of 16–18 V, while the output current varied significantly according to changes in solar radiation intensity. The maximum current and power outputs were achieved between 11:00 and 13:00 WIB, when solar radiation intensity reached its optimal level. The calculated solar panel efficiency was 17.25%. These findings demonstrate that a 20° tilt angle effectively optimizes solar radiation absorption and enhances the performance of the solar panel. Therefore, this installation angle can serve as a practical reference for the deployment of fixed-tilt solar panels to maximize renewable energy utilization in tropical regions.

Keywords: Solar Panel, Solar Radiation, Tilt Angle, Renewable Energy, Efficiency.

Abstrak

Pemanfaatan energi matahari melalui sistem panel surya merupakan salah satu solusi energi terbarukan yang ramah lingkungan, khususnya di wilayah iklim tropis seperti Indonesia. Namun, kinerja panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari dan sudut kemiringan pemasangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan radiasi matahari terhadap kinerja panel surya *monocrystalline* berkapasitas 50 wp yang dipasang secara statis dengan sudut kemiringan 20°. Pengujian dilakukan secara eksperimental di lapangan dengan pengambilan data tegangan dan arus pada rentang waktu pukul 09:00 – 16:00 WIB. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan keluaran panel relatif stabil pada kisaran 16 – 18 V, sedangkan arus keluaran mengalami perubahan yang bermakna seiring dengan variasi intensitas radiasi matahari. Nilai arus dan daya maksimum diperoleh pada rentang waktu siang hari, yaitu antara pukul 11:00 – 13:00 WIB, saat intensitas radiasi matahari berada pada kondisi optimal. Perhitungan efisiensi panel surya menghasilkan nilai efisiensi sebesar 17,25%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sudut kemiringan 20° mampu mengoptimalkan penerimaan radiasi matahari dan kinerja panel surya, sehingga dapat dijadikan acuan dalam pemasangan panel surya statis

untuk optimalisasi energi terbarukan di wilayah tropis.

Kata Kunci: Panel Surya, Radiasi Matahari, Sudut Kemiringan, Energi Terbarukan, Efisiensi

PENDAHULUAN

Kebutuhan macam sumber energi pada masa ini sangat membutuhkan beraneka macam teknologi yang mendukung kinerja manusia di berbagai sektor, pada saat ini semakin banyak pemanfaatan sumber tenaga atau sumber energi alternatif (Muhamad, S et al., 2024). Dunia saat ini sedang membutuhkan energi baru yang melimpah dan lebih ramah dengan lingkungan sekitar, guna menghadapi dampak perubahan iklim, adanya keamanan energi, hingga normalisasi perekonomian sebagai beberapa dorongan untuk mengganti sumber daya fosil dan beralih menggunakan sumber daya energi yang baru (Hasan, Q et al., 2024). Energi terbarukan mencerminkan upaya penyelesaian permasalahan energi yang terjadi di seluruh kancah internasional. Keuntungan energi terbarukan adalah tidak pernah habis dan selalu tersedia (Monica, M et al., 2024). Salah satunya adalah menggunakan energi panas matahari. Energi matahari merupakan salah satu sumber energi yang paling potensial karena sifatnya yang bersih, berkelanjutan, dan tersedia melimpah tiada habisnya. Indonesia adalah negara yang memiliki iklim tropis sehingga mendapatkan energi panas matahari yang lebih optimal dan menjanjikan. Maka dari itulah bahwa wilayah atau suatu daerah yang berada pada iklim tropis bisa menggunakan energi matahari sebagai sumber energi alternatif (Muhamad, S et al., 2026).

Sinar matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan panel surya. Panel surya merupakan perangkat yang mengubah energi matahari menjadi listrik menggunakan konsep dasar fotovoltaiik, yaitu proses konversi cahaya menjadi energi listrik pada material semi konduktor (Rima, A et al., 2026). Panel surya juga memiliki sejumlah keunggulan, di antaranya bersifat ramah lingkungan, tidak menghasilkan emisi karbon, mudah dipasang, serta mampu menyediakan energi berkelanjutan. Prinsip kerja panel surya pada dasarnya ketika pancaran sinar matahari mengenai panel surya, menyebabkan elektron-elektron pada panel bergerak dari wilayah negatif ke wilayah positif, terminal bagian luarnya akan menghasilkan energi listrik (Qomaria, L et al., 2021). Selain itu, panel surya telah digunakan pada berbagai sektor kehidupan, mulai dari sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), sistem penerangan rumah tangga, pompa air tenaga surya, hingga aplikasi industri berskala besar (Fang, G et al., 2026).

Meskipun memiliki banyak kelebihan, panel surya juga memiliki beberapa keterbatasan. Produksi daya listrik yang dihasilkan sangat bergantung pada tingkat radiasi matahari, kondisi cuaca, serta posisi dan sudut pemasangan panel. Fluktuasi radiasi matahari menyebabkan ketidakstabilan daya keluaran, sehingga kinerja sistem panel surya tidak selalu optimal. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang tepat terhadap pemanfaatan radiasi matahari agar sistem panel surya dapat bekerja secara maksimal dan menghasilkan energi listrik yang optimal. Pada saat ini pemanfaatan panel surya di Indonesia mengalami peningkatan pesat, hal ini memberikan dampak positif dengan beralihnya masyarakat Indonesia mulai menggunakan energi terbarukan yang ramah lingkungan. Penelitian yang dilakukan oleh (Hasan, Q et al., 2024) menunjukkan

bahwasanya sejumlah besar kawasan di dunia sudah mulai beralih menggunakan energi baru terbarukan. Akan tetapi, masalah utama energi surya ialah tidak stabil dalam menghasilkan dayanya, yang diakibatkan oleh ketergantungan pada tingkat radiasi matahari. Efisiensi panel surya juga masih sangat terbatas dan perlu adanya teknologi tambahan untuk meningkatkan performanya, seperti sistem penyimpanan energi atau penyesuaian sudut kemiringan modul. Oleh karena itu, panel surya yang dipasang sesuai sudut kemiringan yang tepat akan mengoptimalkan jumlah pancaran sinar matahari yang diterima dan akan menghasilkan daya yang besar (Fang, G et al., 2026).

Berdasarkan uraian tersebut, kebaruan penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja panel surya monocrystalline berkapasitas 50 Wp yang dipasang secara statis pada sudut kemiringan 20 derajat di lingkungan tropis. Penelitian ini menitikberatkan pada hubungan antara radiasi matahari dan kinerja panel surya sebagai dasar dalam meningkatkan efisiensi dan daya keluaran sistem. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah serta menjadi referensi dalam pengembangan dan penerapan teknologi panel surya yang lebih optimal, khususnya di wilayah beriklim tropis seperti Indonesia.

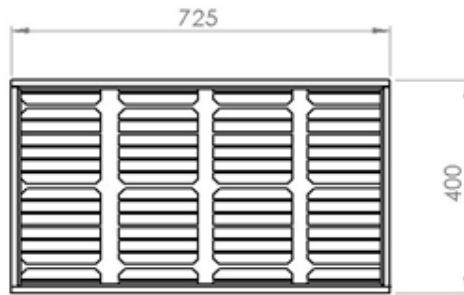
METODE PENELITIAN

2.1. Model Fisik

Dalam penelitian ini, model fisik menunjukkan sistem panel surya fotovoltaik berkapasitas 50 Wp yang diuji secara langsung di lapangan. Sistem tersebut dipasang secara statis pada sudut 20 derajat terhadap bidang horizontal dan diarahkan ke lintang lokasi pengujian. Pengujian dilakukan dari pukul 09.00 hingga 16.00 WIB untuk mengukur perubahan intensitas radiasi matahari sepanjang siklus harian. Efek fotovoltaik pada material semikonduktor memungkinkan panel surya mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik. Ini menghasilkan besaran tegangan, arus, dan daya listrik, yang dihitung berdasarkan hubungan $P = V \times I$. Dalam model ini, kondisi pengujian tanpa bayangan, permukaan panel bersih, dan pengaruh lingkungan dianggap relatif konstan. Akibatnya, model fisik dapat secara realistis menunjukkan karakteristik kinerja panel surya terhadap perubahan intensitas radiasi matahari. Berikut gambar dan spesifikasi panel surya yang dijelaskan pada Tabel 1 dan di ilustrasikan oleh Gambar 1 dan 2.

Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya.

Item	Spesifikasi
Max.power (pmax)	50 W
Optimum operating voltage (vm)	17.8 V
Optimum operating current (im)	2.81 A
Open-circuit current (isc)	2.93 A
Open circuit voltage	600 V (DC)
Wight	3.1 kg
Max system voltage	600 V (DC)
Dimension	735 x 400 mm



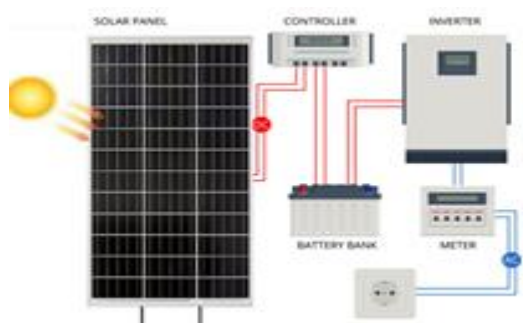
Gambar 1. Tampak atas Panel Surya.



Gambar 2. 3D Geometri Panel Surya Kapasitas 50 Wp Tipe Monocrystalline.

2.2. Skema Eksperimen

Skema eksperimen disusun sesuai dengan rangkaian sistem panel surya sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Panel surya *monocrystalline* berkapasitas 50 wp dipasang secara statis dengan sudut kemiringan 20° terhadap bidang horizontal dan diarahkan menghadap matahari sesuai lintang lokasi pengujian. Keluaran listrik dari panel surya berupa arus searah (DC) kemudian dialirkan menuju *solar charge controller* yang berfungsi untuk mengatur, melindungi, dan menstabilkan tegangan serta arus sebelum disalurkan ke baterai. Pada sistem ini inverter dipasang setelah baterai untuk mengonversi arus searah (DC) menjadi arus bolak – balik (AC) apabila diperlukan. Pengumpulan data dilakukan secara berkala dari pukul 09.00 hingga 16.00 WIB. Data hasil pengukuran selanjutnya digunakan untuk menghitung daya keluaran dan efisiensi panel surya, serta analisis hubungan intensitas radiasi matahari dengan tegangan dan arus keluaran panel surya. Skema eksperimen ini dirancang untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai alur energi dan karakteristik kinerja panel surya dalam kondisi pengujian lapangan yang dijelaskan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Skema Eksperimen Panel Surya.

2.2 Pengolahan Data

Efisiensi solar panel merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan panel surya dalam mengubah energi radiasi matahari yang diterima menjadi energi listrik. Nilai efisiensi dinyatakan dalam persentase (%) dan menggambarkan seberapa besar energi matahari yang berhasil dikonversi menjadi daya listrik. Semakin tinggi nilai efisiensi, semakin baik kinerja panel surya dalam memanfaatkan energi matahari pada luas permukaan yang sama. Secara matematis, efisiensi solar panel dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \times 100 \% \quad (1)$$

P adalah daya keluaran (*output power*) panel surya, yaitu energi listrik yang dihasilkan panel setiap satuan waktu, dengan satuan Watt (W).

Secara matematis, daya keluaran dihitung menggunakan persamaan:

$$P = V \times I \quad (2)$$

Dalam penelitian, nilai P umumnya menggunakan daya keluaran sesaat yang diperoleh dari hasil pengukuran tegangan dan arus pada waktu yang sama. Apabila pengukuran dilakukan pada titik daya maksimum (*Maximum Power Point*), maka daya dinyatakan sebagai:

$$P_{max} = V_{mp} \times I_{mp} \quad (3)$$

Pada Persamaan efisiensi panel surya, variabel P menyatakan daya keluaran (*output power*) yang dihasilkan panel surya, dinyatakan dalam satuan Watt (W). Nilai daya diperoleh dari hasil perkalian antara tegangan (V) dan arus (I) keluaran panel surya pada saat pengukuran. Dalam analisis performa modul fotovoltaik, daya yang digunakan umumnya adalah daya maksimum (P_{max}) yaitu daya yang dihasilkan panel pada titik daya maksimum (*Maximum Power Point*), sehingga dapat merepresentasikan kinerja panel secara optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Nilai Tegangan dan Arus

Dalam melakukan pengujian pengukuran arus dan tegangan pada panel surya berkapasitas 50 wp, peneliti mengambil data selama 1 hari dan dengan kurun waktu 8 jam, yaitu pada pukul 09.00, 10:00, 11:00, 12:00, 13:00, 14:00, 15:00, dan 16:00. Hal itu dilakukan untuk mengetahui perbedaan besar arus dan tegangan pada jam - jam tersebut. Selain itu, pengukuran arus dan tegangan juga dilakukan untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh panel surya tersebut. Peneliti memilih melakukan percobaan dalam rentang waktu 09.00 sampai dengan 16.00 adalah dikarenakan pada kurun waktu tersebut intensitas cahaya matahari berada pada tingkat tinggi dan pada jam tersebut energi

matahari dalam keadaan optimal. Hasil pengukuran

Tabel 2. merupakan hasil pengukuran guna memperoleh nilai tegangan dan arus yang dihasilkan panel.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Solar Cell 50 Wp

Waktu (Jam)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)
09:00	17.32	1.68
10:00	17.69	1.94
11:00	17.55	2.37
12:00	18.25	2.83
13:00	18.10	2.75
14:00	17.21	2.20
15:00	17.45	1.74
16:00	16.88	1.25

Hasil pengamatan menunjukkan tegangan dan arus yang bervariasi sepanjang waktu pengamatan. Tegangan yang dihasilkan panel berada pada kisaran 16 – 18 V, sedangkan arus keluaran mengalami perubahan yang lebih signifikan seiring dengan bertambah atau berkurangnya intensitas radiasi matahari. Hal ini disebabkan karena intensitas matahari yang berubah – ubah setiap waktunya.

Jika dilihat dari Tabel 1, pada pagi hari pukul 09:00 – 10:00, arus yang dihasilkan masih relatif kecil karena sudut menerima radiasi matahari belum optimal. Seiring bertambahnya waktu menuju tengah hari di antara pukul 11:00 – 13:00, arus keluaran panel mengalami peningkatan dan mencapai nilai maksimum sekitar 2,7 – 3 A. Hal ini terjadi karena intensitas matahari yang diterima permukaan panel berada tingkat tertinggi dan sudut kemiringan 20° sangat mengoptimalkan penerimaan radiasi yang hampir tegak lurus terhadap permukaan panel. Pada sore hari pukul 14:00 – 16:00, arus keluaran panel kembali mengalami penurunan dikarenakan berkurangnya intensitas radiasi matahari dan perubahan sudut datang sinar matahari terhadap permukaan panel. Sedangkan tegangan cenderung meningkat kembali dibanding pada tengah hari. Dengan demikian variasi tegangan dan arus yang dihasilkan mencerminkan karakteristik dari panel surya tipe monocrystalline, di mana arus dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari, sementara tegangan lebih dipengaruhi oleh suhu pada permukaan panel.

Efisiensi

Efisiensi panel surya mengukur seberapa baik panel mengubah sinar matahari menjadi listrik. Di pasaran saat ini, panel *Monocrystalline* memiliki efisiensi 18% - 22%, Beberapa faktor krusial yang dapat menurunkan efisiensi kinerja panel surya meliputi seperti suhu panas dimana Panel bekerja kurang efisien di bawah terik panas ekstrem. Efisiensi ideal dicapai pada suhu sekitar 25°C. Bayangan (*Shading*) terjadi dimana bayangan dari pohon, debu, atau kotoran yang menutupi permukaan panel dapat memblokir penyerapan cahaya secara signifikan. Posisi sudut kemiringan panel yang tidak tepat akan membatasi penerimaan sinar matahari secara maksimal sepanjang hari.

Serta kabel dan inverter berperan dalam konversi arus dari DC ke AC oleh inverter dan jarak kabel yang panjang juga memicu kehilangan energi sekitar 2% - 5%. Tabel 2 merupakan hasil nilai efisiensi solar cell 50 wp.

Tabel menampilkan data hasil pengujian efisiensi solar cell 50 Wp berdasarkan waktu pengamatan dari pukul 09:00 hingga 16:00. Terdapat tiga parameter utama yang diukur dalam tabel ini: Tegangan (Volt), Arus (Amper), dan Efisiensi (%). Berdasarkan data, efisiensi tertinggi tercapai pada pukul 12:00 dengan nilai 17,25% saat tegangan mencapai puncak 18,25 Volt dan arus 2,83 Amper. Efisiensi terendah tercapai pada pukul 16:00 dengan nilai 17,12% saat tegangan dan arus menurun menjadi 16,88 Volt dan 1,25 Amper.

Tabel 2. Hasil Nilai Efisiensi Solar Cell 50 Wp.

Waktu (Jam)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Efisiensi (%)
09:00	17.32	1.68	17,16
10:00	17.69	1.94	17,18
11:00	17.55	2.37	17,22
12:00	18.25	2.83	17,25
13:00	18.10	2.75	17,24
14:00	17.21	2.20	17,21
15:00	17.45	1.74	17,17
16:00	16.88	1.25	17,12

SIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa nilai arus dan daya maksimum diperoleh pada rentang waktu siang hari, khususnya antara pukul 11.00 hingga 13.00 WIB, saat intensitas radiasi matahari berada pada kondisi paling optimal. Hal ini menunjukkan bahwa sudut kemiringan panel sebesar 20° mampu mengoptimalkan penerimaan radiasi matahari dibanding sudut kemiringan 0° di wilayah beriklim tropis seperti Indonesia. Pada pagi dan sore hari, arus keluaran cenderung menurun akibat sudut datang sinar matahari yang tidak optimal dan berkurangnya intensitas radiasi. Perhitungan efisiensi panel surya menunjukkan nilai efisiensi sebesar 17,25%, yang masih berada dalam kisaran efisiensi panel surya monocrystalline pada umumnya. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan radiasi matahari dengan pengaturan sudut kemiringan yang tepat berperan penting dalam meningkatkan kinerja dan daya keluaran sistem panel surya sebagai sumber energi terbarukan.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk melakukan pengujian lebih lanjut dengan variasi sudut kemiringan panel surya guna memperoleh sudut optimal yang menghasilkan daya maksimum sepanjang tahun. Selain itu, penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan durasi pengambilan data yang lebih banyak dan pada

kondisi cuaca yang berbeda untuk memperoleh karakteristik kinerja panel surya yang lebih menyeluruh. Selain itu, integrasi sistem penyimpanan energi dan analisis pengaruh suhu permukaan panel terhadap efisiensi juga dapat menjadi pengembangan penelitian selanjutnya guna meningkatkan performa dan keandalan sistem panel surya

DAFTAR PUSTAKA

- Rima, A., Mona A., Marie-Lise, P., and Thierry, L. (2026). Eco-environmental, and social Impacts of producing Electricity with Various Renewable Energy Sources. *Energy*, 320 (4), 1-10.
- Fang., G. (2026). Forecast-driven Economic co-transition of Renewable-rich Urban Energy Hubs with Eco-friendly Transport-based Storage Systems Under Political-social Welfare in Future-ready Smart Cities. *Renewable Energy*, 269 (2), 1-12.
- Ali, M., & Windarta, J. (2020). Pemanfaatan energi matahari sebagai energi bersih yang ramah lingkungan. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 1(2), 68-77.
- Dewi, R. K., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2024). Analisis Pemanfaatan Radiasi Matahari pada Panel Surya Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *PHYDAGOGIC: Jurnal Fisika dan Pembelajarannya*, 6(2), 105-108:
- Dwisari, V., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Pemanfaatan energi matahari: masa depan energi terbarukan. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 376-384.
- Hasrul, R. R. (2021). Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif. *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, 5(2), 79-87.
- Hassan, Q., Viktor, P., J. Al-Musawi, T., Mahmood Ali, B., Algburi, S., Alzoubi, H. M., Khudhair AlJiboory, A., Zuhair Sameen, A., Salman, H. M., & Jaszczur, M. (2024). The renewable energy role in the global energy Transformations. *Renewable Energy Focus* , 48.
- Monica, M., Hendra, H., & Wilianto, W. (2022). Memaksimalkan Penyerapan Energi Matahari Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Dual-Axis Solar Tracking System. *PURIBERSAMA: Jurnal Publikasi Riset Bersama Dosen dan Mahasiswa*, 1(1).
- Priatam, P. P. T. D., Zambak, M. F., Suwarno, S., & Harahap, P. (2021). Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 48-54.
- Qomaria, L., & Sudarti, S. (2021). Analisis Optimalisasi Sistem Solar Cell Sebagai Energi Alternatif Pada Pompa Air Sebagai Pemenuhan Kebutuhan Air Di Lahan Pertanian. *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (JUPITER)*, 2(2), 58-65.
- Muhamad, S., Muhammad, F. F., Wardatul, J., Muchamad, M., Aan, B., Agus, M., Rifki, H., Yuris, S., Muhammad, B. H., Hisyam, M., Althesa, A. (2026). Workshop Perawatan dan Perbaikan PLTS berbasis Limbah untuk Masyarakat RW 3 Kelurahan Bergaslor. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara (JPKMN)*. 7 (1), 1368-1375.
- Saffi, M., Saputra, M. J., Fahmi, I., Ramdhani, A., & Rozaki, S. M. Ramadan. H, (2024). Rancang Bangun Panel Surya Berbasis Limbah Rumah Tangga Untuk Kebutuhan Penerangan Jalan Rw 3 Kelurahan Bergaslor. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Sapangambe Manoktok Hitei*. 4, (2), PP. 251–259.