



Efisiensi daya keluaran solar panel monokristalin pada berbagai sudut kemiringan horisontal

Monocrystalline output power efficiency at various horizontal tilt angles

N. Ikhsas.¹, N. Nurpatricia*, M. Mirmanto

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Manasaja, Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia., HP¹. 082235551334

*E-mail: nurpatricia@unram.ac.id

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:
Received
Accepted
Available online

As a tropical country, one of which is Indonesia, in the eastern part, it has a strategic location. Due to the greater intensity of the sun and the position close to the equator which is very advantageous for the placement of solar panels which do not really affect the changing seasons for one year, this is because the earth's position is tilted 23.45° from the earth's trajectory when it orbits the sun. From the position of the panel installed in the front yard of Building C at the Faculty of Engineering, University of Mataram, it has a datum angle of 22° facing north with the method of approaching the shadow from the pole when the sun's peak is highest. With the result that the variation of the horizontal shaft tilt of -10° facing west has the highest level of solar panel power efficiency with 10,86414% and has the lowest when the horizontal shaft tilt is 20° facing east with an efficiency of 9,98794%.

Keywords:
Monocrystalline panel
Horizontal shaft tilt
Output power efficiency



Dinamika Teknik Mesin, Vol. X, No. X XXXX 20XX, p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729

1. PENDAHULUAN

Menurut Iskandar (2020) dalam penulisan bukunya berjudul “Praktis Belajar Pembangkit Listrik Tenaga Surya.” Jarak antara matahari dan bumi menurut *MIT open course ware* adalah 150×10^6 km, dengan perkiraan dan pertimbangan berdasarkan geometri matahari dan bumi. Matahari memiliki kecerahan $6,3 \times 10^7$ W/m², suhu 5778 K, dan radius 7×10^8 m. Matahari memancarkan energi sebesar 1370 W/m² ke atmosfer bagian atas bumi dalam satuan astronomi. Sinar matahari menempuh perjalanan 8,3 menit dari permukaan matahari ke bumi. Sebuah foton dimulai dari pusat matahari dan bergerak ke permukaan selama 10.000 hingga 170.000 tahun, berubah arah setiap kali bertemu dengan partikel bermuatan. Salah satu jenis energi yang mudah diubah menjadi energi lain adalah listrik. Namun penggunaan bahan bakar listrik yang terbuat dari batu bara dan minyak bumi semakin lama semakin habis dan akan punah yang juga hasil pembakarannya dapat menimbulkan pemanasan global (Mirmanto dkk, 2019). Jumlah maksimum daya listrik dihasilkan persatuan luas oleh panel monokristalin yang merupakan panel paling efektif. Untuk mencapai konsumsi listrik yang tinggi, *monocrystalline* ditunjukkan untuk penggunaan di daerah dengan kondisi alam sangat ganas dan kondisi iklim yang intens. Dibandingkan dengan panel polikristalin, panel monokristalin memiliki efisiensi yang sangat baik. Kerugian dari panel *monocrystalline* ini adalah tidak akan

berfungsi secara efektif di tempat teduh dan cuaca mendung akan mengurangi efisiensinya secara signifikan (Purwoto dkk, 2018). Selain itu dengan memberikan panel surya sudut kemiringan horisontal dengan sudut azimut yang tepat, kekuatan matahari yang diterimanya dapat ditingkatkan. Pada hasil pengujian panel surya 10 Wp terhadap intensitas cahaya matahari menunjukkan bahwa pada intensitas cahaya matahari terhadap energi listrik yang dihasilkan seperti arus dan tegangan semakin besar intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya maka semakin besar pula tegangan dan arus yang dihasilkan (Usman, 2020).

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini meliputi evaluasi sistem catu daya listrik PLTS yang sudah terpasang dan melakukan perencanaan kembali PLTS tipe rooftop untuk memenuhi kebutuhan energi listrik ketika terjadi pemadaman listrik dalam jangka waktu yang cukup lama. Hasil evaluasi yang telah dilakukan diperoleh bahwa PLTS yang sudah terpasang hanya mampu menyuplai energi listrik maksimal selama 6,9 jam. Dengan hasil evaluasi ini maka dilakukan perencanaan kembali untuk memenuhi kebutuhan energi listrik OGL ketika terjadi pemadaman listrik. Hasil perencanaan PLTS rooftop yang telah dilakukan diperoleh kebutuhan komponen PLTS rooftop yaitu panel surya sebanyak 36 buah berkapasitas 200 Wp, baterai 40 buah berkapasitas 12 V 100 Ah, Solar Charge controller MPPT berkapasitas 60 A, Inverter 3,5 kVA, dan kualitas kayu dengan kode mutu E-22 berdimensi 150 mm x 80 mm untuk menopang panel surya serta beberapa komponen proteksi (Nurchayono A.B, 2019).

Kristiawan dkk (2019) dengan penelitiannya berjudul “Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar” dengan kajian simulasi suatu sistem PLTS di kota Denpasar, tepatnya di SD Negeri 5 Pedungan. Potensi PLTS Rooftop dengan menggunakan simulator Helioscope dengan variabel sudut atap $30,96^\circ$ menghasilkan potensi energi sebesar 3.214,6 kWh. Potensi PLTS Atap dengan variabel sudut optimal 15° menghasilkan nilai energi listrik potensial yang lebih tinggi yaitu 3,407 kWh. Informasi dalam penelitian ini didasarkan pada skenario dasar PLTS yang dipasang di atap gedung sekolah. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai atap gedung SD Negeri 5 Pedungan dengan menggunakan berbagai jenis teknologi panel surya, inverter, dan kapasitas maksimal.

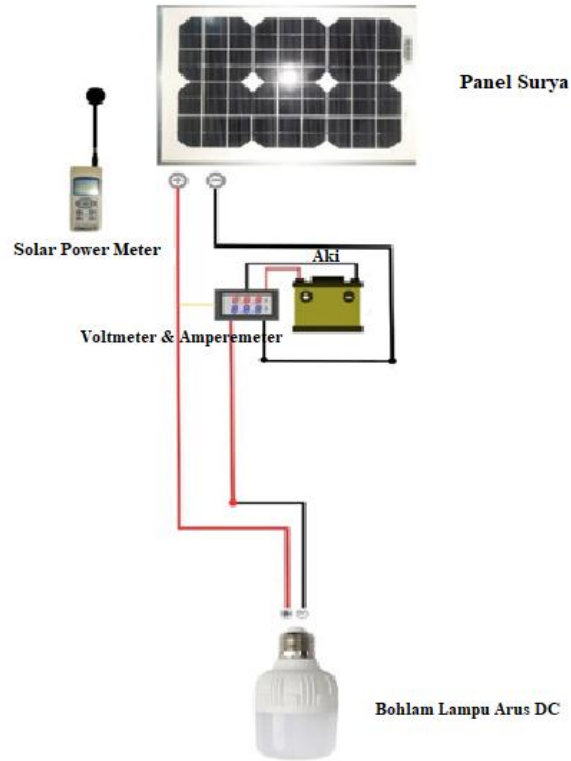
Padang dkk (2020) melakukan penelitian yang berjudul “Pemanfaatan Energi Alternatif dan Terbarukan”. Ada dua proses yang digunakan oleh PLTS untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Yang pertama adalah pendekatan fotovoltaik, di mana sel fotovoltaik secara langsung mengubah foton dari matahari menjadi energi listrik. Sistem ini dapat diakses secara luas dan harga terjangkau di pasar. Mereka dapat ditempatkan di perumahan di lokasi yang sangat jauh yang berada di luar jangkauan listrik PLN karena instalasi dan pemeliharannya cukup sederhana. Metode kedua melibatkan menerima sinar matahari, memantulkannya dari kumpulan cermin, dan kemudian memfokuskannya pada titik fokus. Karena mungkin ada ribuan cermin, banyak panas yang terkumpul dan bisa mencapai 560°C . Garam yang meleleh menyerap panas ini, yang kemudian digunakan untuk memanaskan udara dan menghasilkan uap. Untuk menghasilkan tenaga, turbin kemudian diputar oleh uap. Total energi matahari yang diperoleh sangat tinggi selama ada sinar matahari, sehingga energi ini disimpan sebagai panas dalam reservoir energi yang dapat bertahan selama sepuluh jam. Ini menandakan bahwa generator ini akan terus menghasilkan listrik selama 10 jam ke depan meskipun matahari telah terbenam.

Pengaruh intensitas matahari didapat dengan cara perubahan waktu sehingga intensitasnya bervariasi dengan sudut tetap 90° dan suhu permukaan relatif sama, suhu permukaan didapatkan dengan cara memvariasi suhu dengan sudut pengarah tetap 90° dan intensitas relatif sama, sudut pengarah didapat dengan cara memvariasi sudut pengarah dengan intensitas dan suhunya relatif sama. Pengaruh kinerja panel surya yaitu semakin besar intensitas matahari maka arusnya semakin besar dan tegangannya cenderung tetap. Suhu permukaan mempengaruhi performa panel surya yaitu semakin besar temperaturnya maka tegangannya semakin kecil dan arusnya cenderung tetap. Sudut pengarah mempengaruhi performa panel surya yaitu semakin mendekati tegak lurus terhadap datangnya cahaya matahari maka tegangan dan arusnya akan semakin besar. Data-data hasil pengujian kemudian diolah untuk mengetahui daya listrik maksimum yang mampu dihasilkan. Hasil tugas akhir ini menunjukkan bahwa pada intensitas matahari 1006 W/m^2 dengan daya terbesar yang mampu dihasilkan adalah 28,035 watt. Pada temperature permukaan $54,5^\circ\text{C}$ dengan daya terbesar 28,035 watt. Pada sudut pengarah 90° daya terbesar yang dihasilkan adalah 26,7735 watt. Performa panel surya dipengaruhi oleh intensitas matahari, temperatur permukaan, dan sudut pengarah semakin besar faktor yang mempengaruhinya daya yang dihasilkan juga semakin besar.

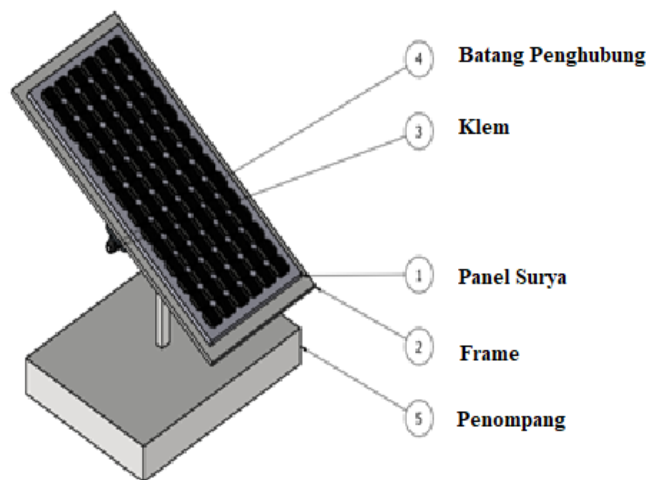
2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Jenis metode penelitian ini dapat dipakai untuk menguji suatu perlakuan atau desain baru dengan membandingkan satu atau lebih kelompok pengujian dengan perlakuan dan tanpa perlakuan. Bahan yang digunakan disini dalam pengujian adalah panel surya monokristalin 10 Wp yang digunakan sebagai sumber untuk energi listrik lampu dengan memanfaatkan sel modul solar panel untuk penangkapan intensitas radiasi matahari.

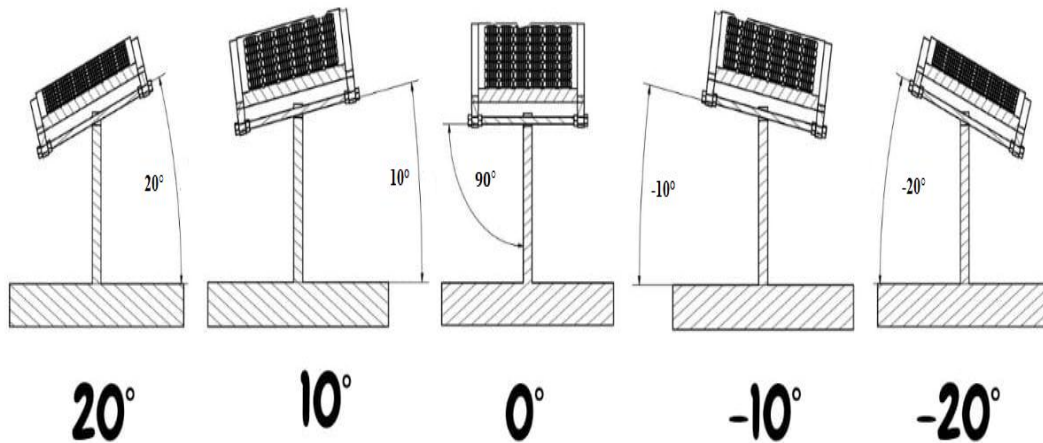
Proses yang terjadi pada sistem rakitan panel surya ini dengan menggunakan wiring diagram hubung singkat dimana tegangannya *short circuit* (V_{sc}) dan arusnya *short circuit* (I_{sc}). Pada arus dan tegangan yang keluar dari panel surya yakni *direct circuit* (DC). Dimana arus DC dan tegangan DC ini diukur dengan melalui sistem wiring hubung singkat yang dihubungkan dengan alat ukur yang disebut avometer & voltmeter. Aki disini digunakan sebagai penyuplai tegangan DC yang sangat kecil dari kalibrasi avometer & voltmeter yang disebabkan dari tegangan sumber solar panel itu sendiri. Karena ini wiring hubung singkat maka aliran tegangan DC dan arus DC langsung ke bohlam lampu DC.



Gambar 1. Wiring diagram hubung singkat solar panel



Gambar 2. Rakitan solar penel pada datum 22°



Gambar 3. Variasi kemiringan horizontal terhadap datum

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk pada efisiensi keluaran daya solar panel ini adalah sebagai berikut.

$$\eta = \frac{P_E}{P_I} \times 100\%$$

Sebelum memperoleh efisiensi daya keluaran solar panel maka dilakukan perhitungan daya masuk pada panel surya dengan persamaan hukum Ohm berikut:

$$P_I = I_{rad} \times A \quad (1)$$

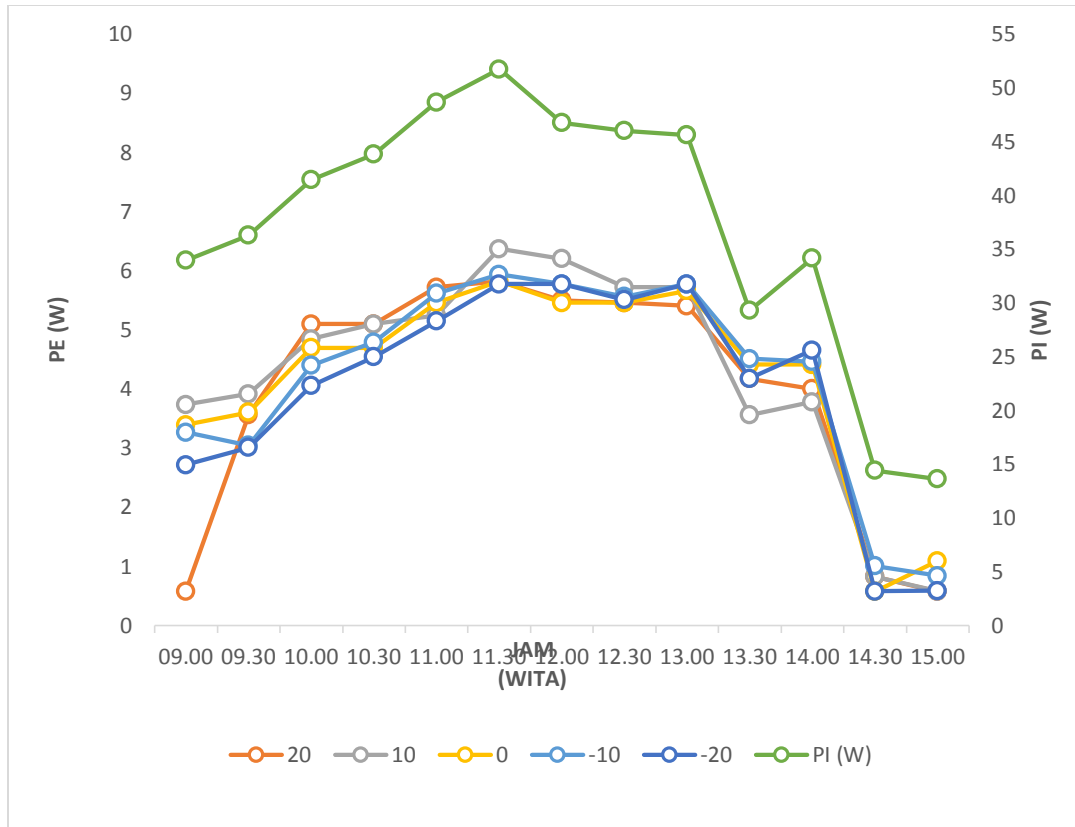
dengan I_{rad} ini didapatkan dari intensitas radiasi matahari di solar powermeter dengan satuannya W/m^2 dan luasan sel benda hitam yang terdapat di sel solar panel. Kemudian dihasilkan daya keluaran dari aliran wiring hubung singkat solar panel yakni V_{sc} dan I_{sc} .

$$P_E = V_{sc} \times I_{sc} \quad (2)$$

Beberapa variabel yang diuji pada penelitian ini antara lain tegangan hubung singkat dan arus hubung singkat pada berbagai kemiringan horizontal.

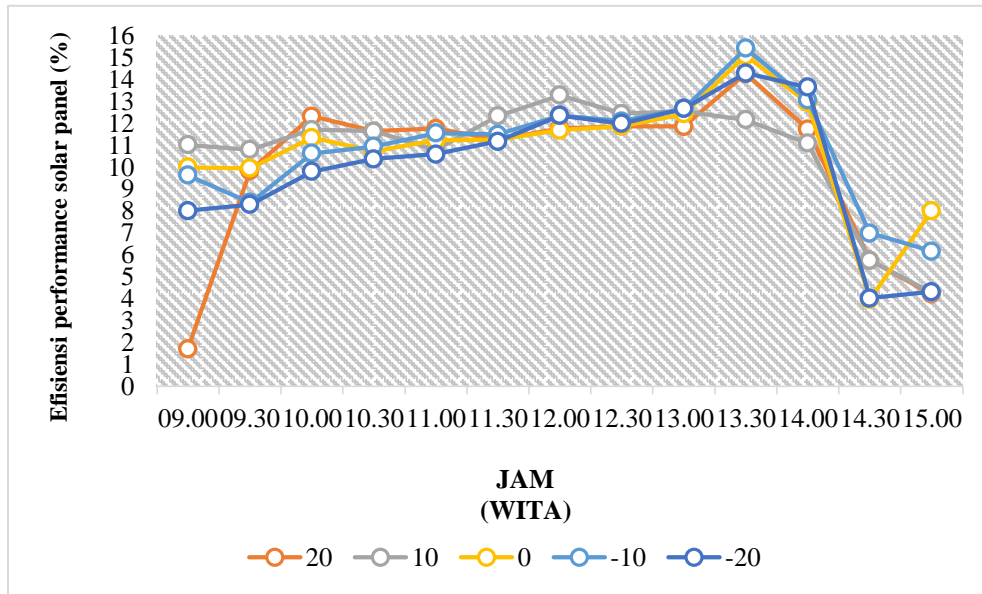
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian solar panel monokristalin 10 Wp bertujuan untuk mencari daya keluaran yang dihasilkan dari daya input yang diterima yakni intensitas radiasi matahari dari luas penampang benda hitam yang ada di solar panel dan juga untuk efisiensi dari solar panel itu sendiri. Pengambilan data dilakukan dengan variasi kemiringan horizontal yang sudah ditetapkan dengan datum nya 22° kearah utara selama 8 hari. Pengambilan data dilakukan selama 6 jam/hari dimulai dari jam 09.00 wita s/d 15.00 wita. Data yang ditampilkan pada grafik ini adalah rata-rata harian terbaik saat cuaca matahari konstan cerah selama pengujian dari penelitian 5 variasi kemiringan horizontal yakni dari -20° , -10° , 0° , 10° , dan 20° . Berikut gambar grafik dari hubungan P_E & P_I terhadap kemiringan horizontal solar panel monokristalin yang ditampilkan dari rata-rata harian efektif.



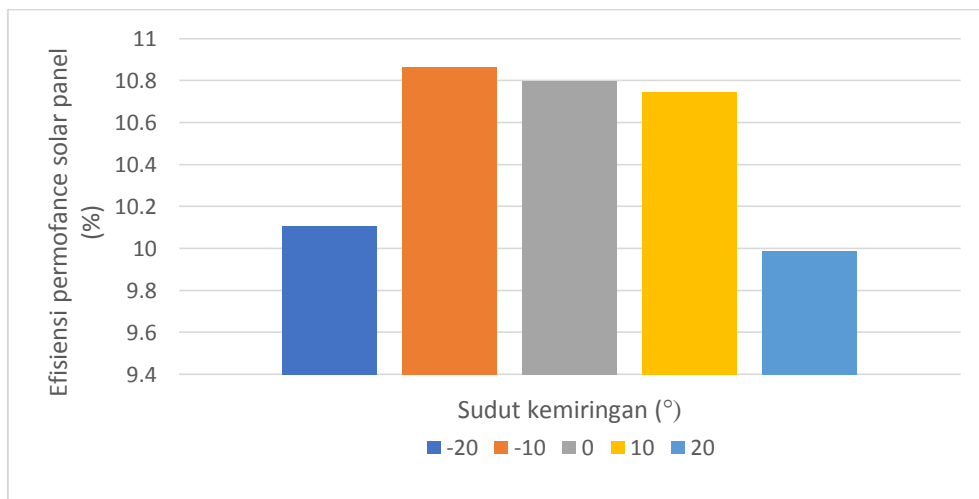
Gambar 1. Hubungan PE & PI terhadap kemiringan horisontal

Gambar diatas menunjukkan hubungan P_E & P_I terhadap kemiringan horisontal. Dimana nilai P_E adalah nilai daya elektrik yang keluar dari kabel instalasi solar panel dengan parameternya adalah I_{sc} dan V_{sc} . Nilai P_E & P_I tertinggi di jam 11.30 wita dengan memiliki daya dari 5 titik variasi sudut yang menonjol di tunjukkan pada kemiringan 10° (menghadap ke timur) dengan daya elektriknya sebesar 6,372 watt dan terendah ada di kemiringan -20° dengan daya elektriknya sebesar 5,775 watt. Sedangkan saat pada jam 15.00 wita menunjukkan nilai P_E & P_I rendah dengan daya elektrik terbaik ada di kemiringan 0° sebesar 1,09 watt dan nilai terendah daya elektrik ada di kemiringan 20° sebesar 0,57 watt. Dari sekian waktu yang ditunjukkan dari gambar hubungan P_E dan sudut kemiringan, nilai -20° memiliki nilai daya elektrik terendah di jam 14.30 wita dengan daya sebesar 0,581 watt. Pada nilai kemiringan -10° memiliki nilai daya elektrik terendah di jam 15.00 wita dengan daya sebesar 0,84 watt. Selanjutnya nilai kemiringan 0° memiliki nilai daya elektrik terendah di jam 14.30 wita dengan daya sebesar 0,574 watt. Kemudian di nilai kemiringan 10° memiliki nilai daya elektrik terendah di jam 15.00 wita dengan daya sebesar 0,581 watt. Dan terakhir pada nilai kemiringan 20° memiliki nilai daya elektrik terendah di jam 15.00 wita dengan daya sebesar 0,574 watt. Dari semua nilai daya elektrik dari hubungan kemiringan sudut horisontal dan waktu, dapat ditentukan rata-rata harian P_E berdasarkan pembagian dari jumlah pengambilan sampel yang dilakukan di waktu. Dimana daya rata-rata harian dari kemiringan -20° sebesar 4,025077 watt. Selanjutnya di kemiringan -10° sebesar 4,230769 watt. Kemudian di kemiringan 0° sebesar 4,212692. Berikutnya di kemiringan 10° sebesar 4,278846, dan kemiringan 20° sebesar 3,987769.



Gambar 2. Efisiensi solar panel terhadap waktu

Dilihat pada sudut kemiringannya di kemiringan -20° pada jam 13.30 memiliki efisiensi yang besar dengan nilai 14,26387% dan efisiensi terkecil pada jam 14.30 dengan nilai sebesar 4,024438%. Kemudian nilai kemiringan -10° memiliki nilai efisiensi tertinggi di jam 13.30 wita dengan efisiensi sebesar 15,3969% dan efisiensi terkecil pada jam 15.00 wita dengan nilai sebesar 6,157635%. Selanjutnya nilai kemiringan 0° memiliki nilai efisiensi tertinggi di jam 13.30 wita dengan efisiensi sebesar 15,0692% dan efisiensi terkecil pada jam 14.30 wita dengan nilai sebesar 3,97595%. Berikutnya di nilai kemiringan 10° memiliki nilai efisiensi tertinggi di jam 12.00 wita dengan efisiensi sebesar 13,2641% dan efisiensi terkecil pada jam 15.00 wita dengan nilai sebesar 4,25903%. Dan terakhir pada nilai kemiringan 20° memiliki nilai efisiensi tertinggi di jam 13.30 wita dengan efisiensi sebesar 14,25023% dan efisiensi terkecil pada jam 15.00 wita dengan nilai sebesar 4,207718%. Semua nilai efisiensi dari hubungan kemiringan sudut horisontal dan waktu, dapat ditentukan rata-rata harian efisiensi solar panel berdasarkan pembagian dari PE dibagi PI yang dilakukan di waktu tersebut. Dimana rata-rata harian efisiensi solar panel ini dari kemiringan -20° sebesar 10,10565%. Selanjutnya di kemiringan -10° sebesar 10,86414%. Kemudian di kemiringan 0° sebesar 10,7959%. Berikutnya di kemiringan 10° sebesar 10,7423%, dan kemiringan 20° sebesar 9,987941%.



Gambar 3. Nilai rata-rata harian efisiensi solar panel terbaik

Gambar diatas menunjukkan hasil rata-rata harian efisiensi solar panel cenderung meningkat pada kemiringan -10° (kearah barat) dan nilai terendah pada kemiringan 20° (kearah barat). Dimana rata-rata harian efisiensi solar panel di kemiringan -10° sebesar 10,86414% dan kemiringan -20° sebesar 10,10565%. Untuk kemiringan 0° memiliki rata-rata efisiensi solar panel sebesar 10,7959%, kemiringan 10° memiliki rata-rata efisiensi solar panel sebesar 10,7423%, dan kemiringan 20° memiliki rata-rata efisiensi solar panel sebesar 9,98741%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian dan analisis mengenai efisiensi daya keluaran solar panel *monocrystalline* pada berbagai sudut kemiringan horisontal dihasilkan sebagai berikut: (1) sudut datum yang sudah ditentukan kearah utara dengan 22° dengan variabel sudut 0° sebagai patokan variasi kemiringan horisontal. Dengan intensitas radiasi matahari rata-rata harian terbaik dalam kondisi cuaca matahari terik selama pengujian ini adalah $37,3912 \text{ W/m}^2$. (2) kemiringan yang memiliki daya yang tertinggi -10° dengan nilai rata-rata harian terbaik daya elektriknya adalah 4,230769 watt dan daya elektriknya terendah ada di kemiringan 20° dengan nilai rata-rata harian terbaik 3,987769 watt, (3) sudut variasi -10° (kearah barat) merupakan bagian keluaran daya yang sangat baik yang memiliki efisiensi daya 10,86414% dibandingkan kemiringan 20° (ke arah timur) dengan efisiensi daya 9,987941 %.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram atas fasilitas penelitian yang digunakan.

DAFTAR NOTASI

Θ	: Sudut kemiringan horisontal
P_I	: Daya intensitas masuk di panel surya (watt)
P_E	: Daya elektrik panel surya (watt)
I_{sc}	: Arus hubung singkat (ampere)
A	: Luas penampang panel surya (benda hitam) (m^2)
V_{sc}	: Tegangan hubung singkat (volt)
E	: Keluaran energi listrik (Wh)
t	: Waktu (jam)
η	: Efisiensi modul PV (%)

DAFTAR PUSTAKA

- Iskandar, H.I., (2020). Praktis Belajar Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Yogyakarta : CV. BUDI UTAMA.
- Kristiawan, H., Kumara, I. N. S., & Giriantari, I. A. D. (2019). Potensi pembangkit listrik tenaga surya atap gedung sekolah di Kota Denpasar. *Jurnal Spektrum*, 6(2).
- Mirmanto, M., Padang, Y. A., Pandiatmi, P., Syahrul, S., & Sinarep, S., (2019). Pemanfaatan energi alternatif untuk keperluan rumah tangga menuju mandiri energi. *Jurnal Karya Pengabdian*, 1(2), 40-48.
- Nurchayono A.B. (2018). Evaluasi dan perencanaan kembali plts tipe *rotop* untuk *backup* catu daya listrik pada Observatorium Geomagnetik Lombok (OGL) [Skripsi, Universitas Mataram]. Repositori Universitas Mataram
- Padang, Y. A., Mirmanto, M. M., Syahrul, S. S., Sinarep, S. S., & Pandiatmi, P. P. (2020). Pemanfaatan energi alternatif dan terbarukan. *Jurnal Karya Pengabdian*, 2(2), 77-84.
- Purwoto, B. H., Jatmiko, J., Fadilah, M. A., & Huda, I. F. (2018). Efisiensi penggunaan panel surya sebagai sumber energi alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 18(1), 10-14.
- Suwarti, W., & Prasetyo, B. (2018). Analisis pengaruh intensitas matahari, suhu permukaan & sudut pengarah terhadap kinerja panel surya. *Jurnal Teknik Energi*, 14(3), 78-85
- Usman, M. K. (2020). Analisis intensitas cahaya terhadap energi listrik yang dihasilkan panel surya. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, 9(2), 52-57.