

ANALISIS PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN TERHADAP DAYA KELUARAN PANEL SURYA DI PERUM PEMDA SUKAHARJA KARAWANG

Regita Aulia Safitri ¹,

Program Studi Teknik Elektro Universitas Singaperbangsa Karawang

Email: regitaas227@gmail.com

Akbar Rizki Priadi ²

Program Studi Teknik Elektro Universitas Singaperbangsa Karawang

Email: akbar10dc.net@gmail.com

Tyo Bima Pratama ³

Program Studi Teknik Elektro Universitas Singaperbangsa Karawang

Email: tyobimaprata5@gmail.com

Yuliarman Saragih ⁴

Program Studi Teknik Elektro Universitas Singaperbangsa Karawang

Email: yuliarman@staff.unsika.ac.id

ABSTRACTS: *Solar energy is a sustainable and most promising source of energy because the quantity is very large. Energy sources from the sun are expected to be a solution to the problem of energy needs, after many fossil energy sources are decreasing and causing environmental problems. Given Indonesia's location on the equator, it allows sunlight to be received optimally in almost all parts of Indonesia throughout the year. To optimize the intensity of sunlight absorbed by solar panels, the system design requires a panel tilt angle that is most suitable for receiving the greatest solar radiation. The unstable position of the sun caused changes in the output power of the solar panel. Based on these problems, this research was conducted on the effect of tilt angle on the output power of solar panels in Karawang District. The research was conducted through direct data collection on the rooftop of Perum Pemda Sukaharja, Karawang District on October 5, 2023 from 07.00 to 16.00. Solar panels were faced north and given tilt angles of 10°, 20°, and 30°. The highest output power (P) was obtained at 12:00 and the lowest at 07:00. The conclusion of this test is that the solar panel facing north with an angle of 10° has the highest output power of 31.414 Watts with an average measurement result of 18.87 Watts. The 10° tilt angle is the most optimal angle recommendation for solar panels to be applied in Perum Pemda Sukaharja, Karawang District.*

Keyword: Solar Panel, Tilt Angle, and Optimal Power.

ABSTRAK: Energi surya merupakan sumber energi yang berkelanjutan dan paling menjanjikan karena kuantitasnya sangat besar. Sumber energi dari matahari diharapkan mampu menjadi solusi dari permasalahan kebutuhan energi, setelah banyaknya sumber energi fosil yang semakin berkurang dan menimbulkan permasalahan lingkungan. Mengingat letak Indonesia yang berada di garis khatulistiwa, memungkinkan sinar matahari diterima secara optimal hampir di seluruh wilayah Indonesia sepanjang tahun. Untuk mengoptimalkan intensitas sinar matahari yang diserap oleh panel surya, perancangan sistemnya memerlukan sudut kemiringan panel yang paling sesuai untuk menerima radiasi matahari terbesar. Posisi matahari yang tidak stabil menyebabkan perubahan daya keluaran panel surya. Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan penelitian mengenai pengaruh sudut kemiringan terhadap daya keluaran panel surya di Kabupaten Karawang. Penelitian dilakukan melalui pengambilan data secara langsung di rooftop Perum Pemda Sukaharja Kabupaten Karawang pada tanggal 5 Oktober 2023 dari pukul 07.00 sampai 16.00. Panel surya dihadapkan ke arah utara serta diberikan sudut kemiringan 10°, 20°, dan 30°. Diperoleh hasil daya keluaran (P) paling tinggi pada pukul 12.00 dan paling rendah pada pukul 07.00. Kesimpulan dari pengujian ini adalah panel surya yang dihadapkan ke arah utara dengan sudut 10° memiliki daya keluaran tertinggi sebesar 31,414 Watt dengan rata-rata hasil pengukurannya adalah 18,87 Watt. Pada sudut kemiringan 10° merupakan rekomendasi sudut paling optimal bagi panel surya untuk diterapkan di Perum Pemda Sukaharja Kabupaten Karawang.

Kata Kunci: Panel Surya, Sudut Kemiringan, dan Optimal Daya.

PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya teknologi, kebutuhan akan energi listrik menjadi semakin meningkat. Salah satu energi alternatif yang dapat digunakan adalah energi surya dari matahari. Energi surya merupakan sumber energi yang berkelanjutan dan paling menjanjikan karena kuantitasnya sangat besar. Sumber energi dari matahari diharapkan mampu menjadi solusi dari permasalahan kebutuhan energi, setelah banyaknya sumber energi fosil yang semakin berkurang dan menimbulkan permasalahan lingkungan. Besarnya energi surya, menjadikan sel surya sebagai sumber energi alternatif yang sangat menjanjikan di masa depan. Mengingat letak Indonesia yang berada di garis khatulistiwa, memungkinkan sinar matahari diterima secara optimal hampir di seluruh wilayah Indonesia sepanjang tahun [1].

Untuk mengoptimalkan intensitas sinar matahari yang diserap oleh panel surya, perancangan

¹²³⁴ Program Studi Teknik Elektro Universitas Singaperbangsa Karawang

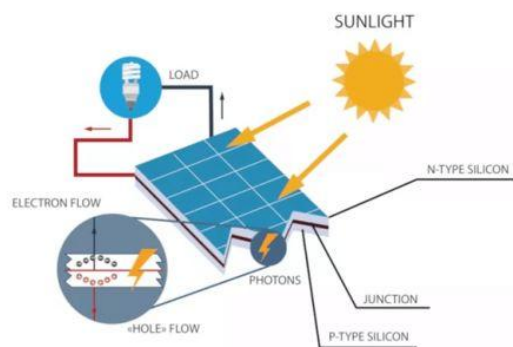
sistemnya memerlukan sudut kemiringan panel yang paling sesuai untuk menerima radiasi matahari terbesar. Penempatan panel surya dalam suatu instalasi dipengaruhi oleh dua macam sudut, yaitu sudut kemiringan panel surya terhadap bidang mendatar atau *slope* dan sudut yang diukur searah dengan acuan selatan atau sudut azimut [2].

Posisi matahari yang tidak stabil juga menyebabkan perubahan daya keluaran panel surya. Oleh karena itu, sudut kemiringan yang tepat merupakan salah satu faktor terpenting dalam posisi panel surya untuk memperoleh energi matahari secara optimal. Sel surya akan menerima energi matahari yang stabil apabila cuaca cerah, dan energi matahari dari setiap daerah akan bervariasi karena faktor atau kondisi lingkungan seperti awan serta curah hujan yang tidak merata [3]. Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan penelitian mengenai pengaruh sudut kemiringan terhadap daya keluaran panel surya di Perum Pemda Sukaharja Karawang. Hal ini penting dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan tentang sudut kemiringan yang tepat agar diperoleh daya keluaran yang optimal pada panel surya.

TINJAUAN PUSTAKA

Panel Surya Prinsip *photovoltaic* menyatakan bahwa energi dari cahaya (foton) pada panjang gelombang tertentu menstimulasi beberapa elektron dalam suatu material menjadi pita energi, inilah yang memungkinkan panel surya mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Ilmuwan Belgia Alexandre Edmond Becquerel mengidentifikasi konsep ini pada tahun 1839. Panel surya tersedia dalam berbagai bentuk, termasuk polikristalin dan monokristalin. Panel surya yang disebut monokristal memiliki susunan kristal tunggal dan efisiensi 14%–17%, sedangkan panel surya yang disebut polikristal memiliki susunan kristal acak dengan efisiensi 12%–14% lebih rendah dibandingkan panel surya monokristal. Terlihat tidak ada banyak perbedaan antara bahan monokristalin dan polikristalin dalam hal ketahanan suhu yaitu sekitar 40°C. Menurut data, energi *gap* semikonduktor menentukan apakah suatu kristal bersifat monokristalin atau polikristalin. Salah satu faktor yang mempengaruhi karakteristik kelistrikan suatu material adalah nilai energi *gap* suatu material semikonduktor. Kriteria tersebut digunakan untuk memodelkan efektivitas panel surya [1].

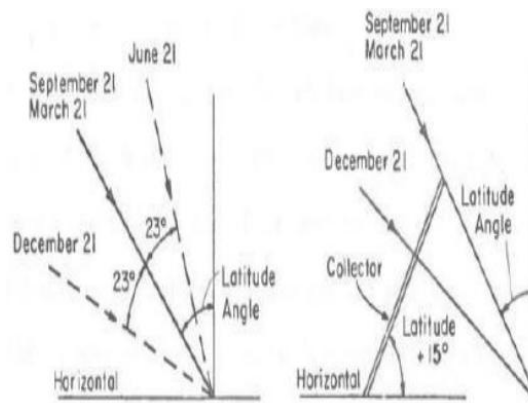
Panel surya (*photovoltaic*) adalah kumpulan panel surya yang disusun secara paralel dan seri, untuk menghasilkan peningkatan tegangan dan arus sehingga cukup untuk digunakan pada sistem catu daya beban. Permukaan panel surya harus selalu menghadap matahari agar dapat menghasilkan energi listrik sebanyak-banyaknya [4].



■ **Gambar 1.** Ilustrasi cara kerja panel surya

Modul yang merupakan unit rakitan dari beberapa panel surya *photovoltaic* adalah bagian utama sistem surya *photovoltaic*. Dengan menggunakan teknologi kristal, dapat dibuat modul *photovoltaic*. Modul *photovoltaic* kristal dapat dibangun menggunakan proses yang relatif berteknologi rendah, berbeda dengan sel *photovoltaic* yang memerlukan teknologi canggih. Banyak panel surya yang digabungkan secara paralel dan seri membentuk modul *photovoltaic* [4].

Sudut Kemiringan Permukaan Panel Surya Saat merancang sistem PLTS, faktor yang disebut kemiringan permukaan atau modul kemiringan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap jumlah energi listrik yang dihasilkan. Sebisa mungkin rancangan yang dihasilkan selalu tegak lurus dengan matahari terbit. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan kemiringan yang efektif pada saat merancang PLTS. Kegiatan yang dilakukan pada saat ini disebut *tracking* dan memerlukan penyesuaian modul *photovoltaic* untuk memastikan cahaya matahari yang akan datang selalu terlihat. Walaupun *tracking* dapat dilakukan, namun dalam praktiknya hal ini tidak mungkin dilakukan pada sistem berskala besar [5].



■ **Gambar 2.** Variasi sudut datang radiasi dan kemiringan modul panel surya

Oleh karena itu, upaya yang dapat dilakukan untuk memaksimalkan penerimaan sinar matahari antara lain dengan mengatur sudut penerimaan modul terhadap sinar matahari berdasarkan informasi kekuatan radiasi matahari setiap bulannya. Dari bulan Oktober hingga Maret, sudut datang matahari berfluktuasi dari 5° hingga 23° di bawah garis putus-putus, dengan sudut tegak lurus terhadap posisi garis lintang. Sudut kemiringan modul panel surya ditetapkan menjadi 15° lebih tinggi untuk memaksimalkan sepanjang musim panas [5].

Solar Charge Controller adalah perangkat elektronik yang berfungsi sebagai pengatur arus AC yang diisi ke baterai dan disalurkan ke beban. SCC dapat mengontrol *overcharging* (kondisi baterai terus menerima arus pengisian meski sudah penuh). Selain itu, SCC juga dapat mengatur kelebihan tegangan pada panel surya (*solar cell*). *Solar Charge Controller* mengimplementasikan teknologi *Pulse Width Modulation (PWM)* untuk mengendalikan pengisian baterai dan pelepasan arus dari baterai menuju ke beban. Panel surya / *solar cell* 12 Volt biasanya memiliki tegangan keluaran 16 hingga 21 Volt. Sehingga jika tanpa menggunakan *Solar Charge Controller*, baterai bisa rusak karena tegangan yang tidak stabil dan *overcharging*. Baterai pada umumnya di-charge dengan tegangan 14 hingga 14,7 Volt. Terdapat beberapa fungsi *solar charge controller* yaitu:

1. Mengatur aliran listrik untuk pengisian ke baterai, menghindari pengisian berlebih, dan menghindari tegangan berlebih.
2. Mengatur aliran listrik yang dibebaskan dari baterai supaya baterai tidak mengalami pengurasan daya hingga rendah dan *overloading*.
3. Mengontrol suhu pada baterai [5].

Kapasitas Panel Surya daya merupakan besaran turunan dari tegangan dan arus sehingga nilai yang dihasilkan dari tegangan dan arus merupakan daya dari panel surya [6]. Kapasitas daya dari panel surya dapat kita cari dengan menghitung menggunakan rumus dibawah [3]:

$$P=V \times I \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

P = Daya panel (Watt)

V = Tegangan Panel Surya (Volt)

I = Kuat arus Panel Surya (Ampere).

METODE PENELITIAN

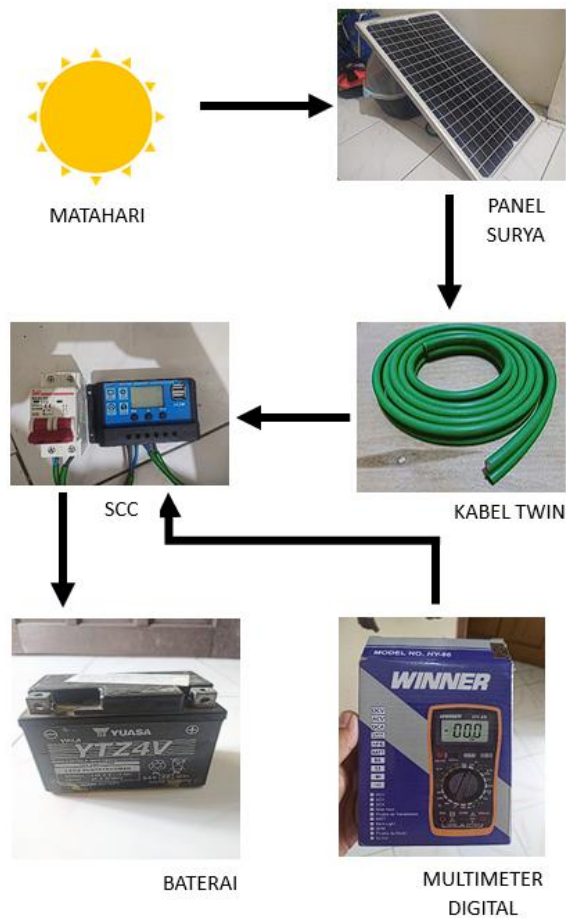
Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental dengan pengambilan data secara langsung di *rooftop* Perum Pemda Sukaharja Kabupaten Karawang, dengan ketinggian bangunan kurang lebih 3 meter dari permukaan tanah. Seluruh pengambilan data dilakukan pada tanggal 5 Oktober 2023 dari pukul 7.00 sampai 16.00. Panel surya diberikan sudut kemiringan 10°, 20°, dan 30°. Selain itu, penelitian ini juga didukung dengan berbagai studi literatur dan penelitian terdahulu dengan pembahasan mengenai hal yang serupa. Dalam pelaksanaannya, panel surya yang digunakan adalah panel surya 30 Wp jenis *monocrystalline*.

■ **Tabel 1.** Spesifikasi panel surya *monocrystalline*

Model	MS30M-36
Nilai Daya Maksimum (Pm)	30W
Toleransi	0~+5W
Tegangan pada Pmax (Vmp)	18V
Arus pada Pmax (Imp)	1.67A
Tegangan Sistem Maksimum Maksimum	1500VDC
Teknologi Sel	Mono-Si
Berat	2.49kg
Dimensi (mm)	630*360*25mm

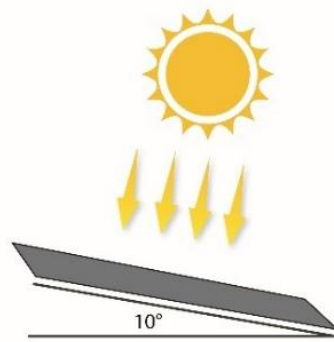
Tahapan yang dilakukan untuk penelitian Studi Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Daya Keluaran Panel Surya di Kabupaten Karawang yakni:

1. Skema dari penelitian mengenai panel surya ini dapat dilihat pada Gambar 3.

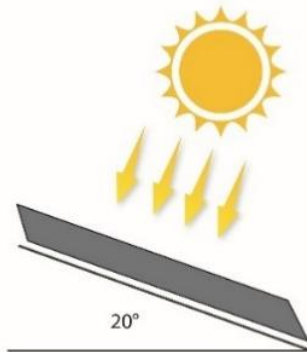


■ **Gambar 3.** Blok diagram skema instrumen penelitian

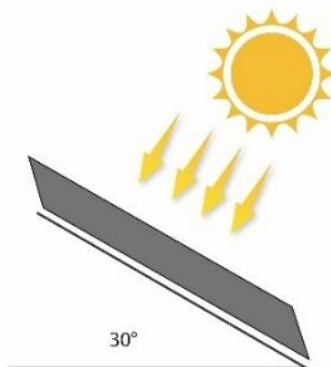
2. Panel surya dihadapkan ke arah utara, kemudian diatur menggunakan busur untuk sudut kemiringan yang bervariasi. Ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 4 sampai Gambar 6.



■ **Gambar 4.** Ilustrasi panel surya dengan kemiringan sudut 10°



■ **Gambar 5.** Ilustrasi panel surya dengan kemiringan sudut 20°



■ **Gambar 6.** Ilustrasi panel surya dengan kemiringan sudut 30°

3. Data tegangan (V) pada panel surya, diambil dari SCC yang dihubungkan dengan baterai, hasil tegangan akan muncul pada display SCC.
4. Data arus (I) pada panel surya diambil dari kabel twin yang dihubungkan dengan SCC dan sudah tidak tersambung baterai, kemudian multimeter dihubungkan pada SCC dan dapat diukur arusnya.
5. Sedangkan untuk daya (P) dari panel surya, diambil dengan menggunakan perhitungan $P=V \times I$.
6. Mengambil data suhu di sekitar dengan memanfaatkan website weather.com.
7. Melakukan analisis berdasarkan data hasil pengukuran dan perhitungan, kemudian dibuatkan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

HASIL DAN DISKUSI

Panel surya yang digunakan adalah jenis *monocrystalline* dengan kapasitas 30 Wp yang dilakukan pengujian di *rooftop* Perum Pemda Sukaharja Kabupaten Karawang, terdapat pada Gambar 7.



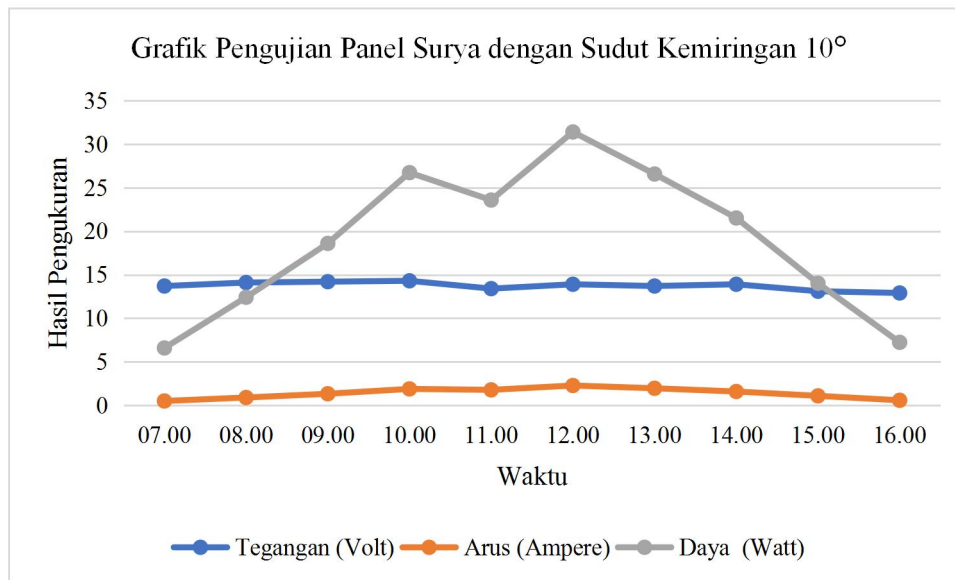
■ **Gambar 7.** Panel surya 30 WP

Pada Tabel 2 merupakan hasil pengujian panel surya dengan kemiringan 10° yang telah dilaksanakan. Dapat dilihat dari tabel bahwa tegangan paling tinggi adalah 14,3V pada pukul 10.00 dan tegangan paling rendahnya 12,9V pada pukul 16.00. Untuk arus yang paling tinggi pada pukul 12.00 sebesar 2,26A dan paling rendah pada pukul 07.00 sebesar 0,48A. Sedangkan daya yang dihasilkan paling tinggi adalah 31,414W dan paling rendah yaitu 6,576W.

■ **Tabel 2.** Hasil pengujian panel surya dengan sudut kemiringan 10°
Sudut Kemiringan Panel = 10°

Waktu (Jam)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
07.00	13,7	0,48	6,576
08.00	14,1	0,88	12,408
09.00	14,2	1,31	18,602
10.00	14,3	1,87	26,741
11.00	13,4	1,76	23,584
12.00	13,9	2,26	31,414
13.00	13,7	1,94	26,578
14.00	13,9	1,57	21,523
15.00	13,1	1,07	14,017
16.00	12,9	0,56	7,224

Berdasarkan data yang diperoleh dari Tabel 2 dapat dibuatkan grafik hubungan antara pengukuran tegangan, arus dan keluaran daya yang dihasilkan oleh panel surya. Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa tegangan dan arus yang didapatkan adalah stabil, sedangkan untuk keluaran daya pada sudut 10° ini terjadi kenaikan dan penurunan seiring bertambahnya waktu. Naik dan turunnya daya ini dapat dipengaruhi faktor cuaca yang berawan, sehingga mengurangi intensitas cahaya yang dapat diserap oleh panel surya. Daya keluaran tertinggi panel surya 30 Wp untuk kemiringan 10° terjadi pada pukul 12.00. Setelah lewat dari pukul 12.00, daya dari panel surya semakin menurun akibat sinar matahari yang semakin sore akan semakin rendah.



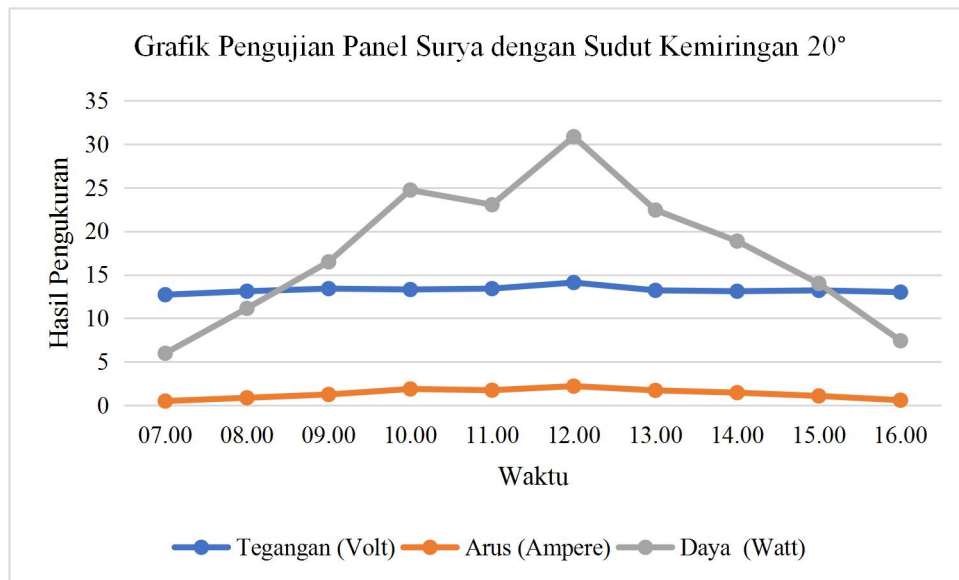
■ **Gambar 8.** Grafik pengujian panel surya dengan sudut kemiringan 10°

Tabel 3 berisikan data hasil pengujian panel surya dengan kemiringan 20° yang dilakukan pada hari dan jangka waktu yang sama. Diperoleh hasil pengukuran tegangan paling tinggi adalah 14,1V pada pukul 12.00 dan tegangan paling rendahnya 12,7V pada pukul 07.00. Arus yang paling tinggi sebesar 2,19A pada pukul 12.00 dan paling rendah sebesar 0,47A pada pukul 07.00. Sedangkan daya yang dihasilkan dari perhitungan diperoleh nilai paling tinggi 30,879W dan paling rendah yaitu 5,969W.

■ **Tabel 3.** Hasil pengujian panel surya dengan sudut kemiringan 20°

Waktu (Jam)	Sudut Kemiringan Panel = 20°		
	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
07.00	12,7	0,47	5,969
08.00	13,1	0,85	11,135
09.00	13,4	1,23	16,482
10.00	13,3	1,86	24,738
11.00	13,4	1,72	23,048
12.00	14,1	2,19	30,879
13.00	13,2	1,70	22,44
14.00	13,1	1,44	18,864
15.00	13,2	1,06	13,992
16.00	13,0	0,57	7,41

Dari Tabel 2 didapatkan sebuah grafik hubungan antara pengukuran tegangan, arus dan keluaran daya yang dihasilkan oleh panel surya. Gambar 9 menunjukkan bahwa tegangan dan arus yang didapatkan adalah cukup stabil karena grafiknya menunjukkan kenaikan dan penurunan yang tidak terlalu signifikan, sedangkan untuk keluaran daya pada sudut 20° yaitu daya semakin menaik terlihat pada pukul 07.00-10.00. Terjadi penurunan dan kenaikan yang cukup signifikan antara pukul 10.00-12.00, daya keluaran tertinggi pukul 12.00. Setelah lewat dari pukul 12.00, daya dari panel surya menurun penurunan akibat sinar matahari yang semakin rendah.



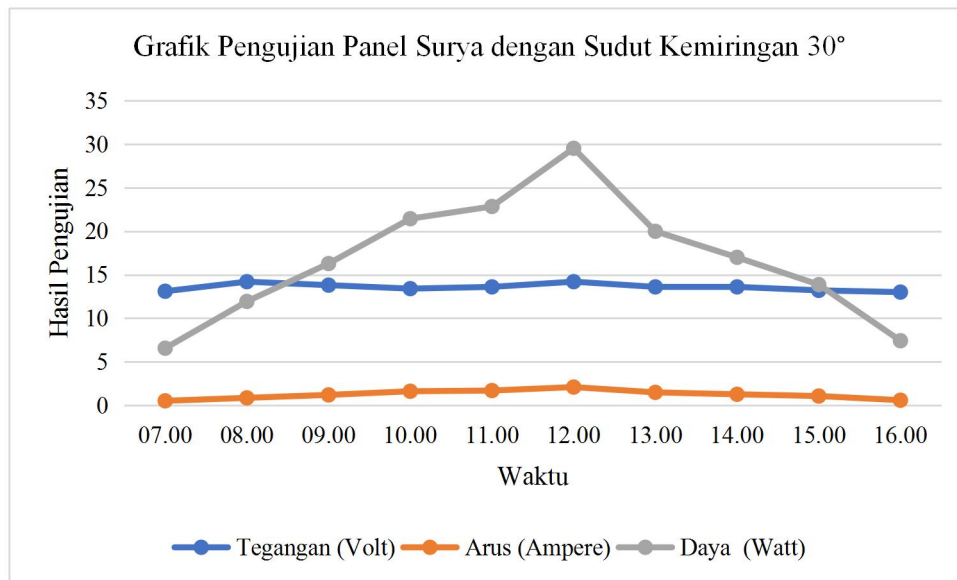
■ **Gambar 9.** Grafik pengujian panel surya dengan sudut kemiringan 20°

Data hasil pengujian panel surya dengan kemiringan 30° terdapat pada Tabel 4, dilakukan pada waktu dan hari yang sama pula. Tabel tersebut menunjukkan hasil tegangan tertinggi adalah 14,2V pada pukul 12.00 dan tegangan paling rendah 13V pada pukul 16.00, arus tertinggi sebesar 2,08A pada pukul 12.00 dan paling rendah pada pukul 07.00 sebesar 0,50A, sedangkan daya paling tinggi diperoleh sebesar 29,536W dan paling rendah yaitu 6,55W.

■ **Tabel 4.** Hasil pengujian panel surya dengan sudut kemiringan 30°

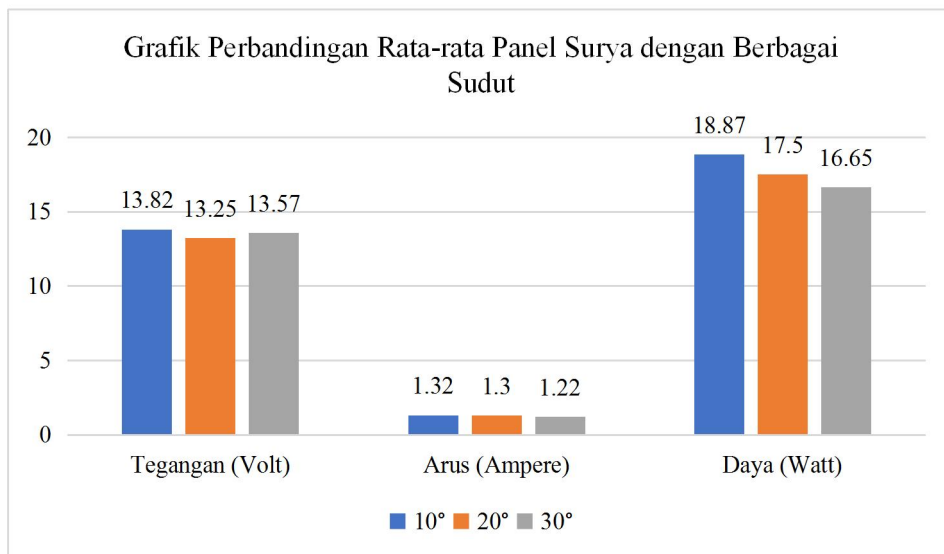
Waktu (Jam)	Sudut Kemiringan Panel = 30°		
	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
07.00	13,1	0,50	6,55
08.00	14,2	0,84	11,928
09.00	13,8	1,18	16,284
10.00	13,4	1,60	21,44
11.00	13,6	1,68	22,848
12.00	14,2	2,08	29,536
13.00	13,6	1,47	19,992
14.00	13,6	1,25	17,00
15.00	13,2	1,05	13,86
16.00	13,0	0,57	7,41

Grafik hubungan antara pengukuran tegangan, arus dan keluaran daya yang dihasilkan oleh panel surya diperoleh dari Tabel 4. Hasil grafik terdapat pada Gambar 10 dengan tegangan dan arus tampak stabil karena grafik menunjukkan kenaikan maupun penurunan yang tidak terlalu signifikan, sedangkan untuk keluaran daya pada sudut 30° ini terjadi kenaikan dan penurunan yang terlihat jelas seiring bertambahnya waktu. Daya yang semakin menaik terlihat pada pukul 07.00-12.00, kemudian terjadi penurunan seterusnya setelah pukul 12.00. Daya keluaran tertinggi panel surya 30 Wp untuk kemiringan 30° terjadi pada pukul 12.00.



■ **Gambar 10.** Grafik pengujian panel surya dengan sudut kemiringan 30°

Berdasarkan Gambar 8 sampai Gambar 10 dapat diperoleh data, yaitu pada umumnya ketika hari semakin siang, maka intensitas cahaya matahari akan semakin tinggi. Dengan begitu dapat diperoleh hasil pengukuran pada tegangan, arus dan daya yang semakin meningkat. Sedangkan ketika waktu sudah melewati tengah hari yaitu sekitar jam 12.00, hasil pengukuran akan menunjukkan penurunan karena sinar matahari yang diterima oleh panel surya juga cenderung menurun.



■ **Gambar 11.** Grafik perbandingan rata-rata panel surya dengan berbagai sudut

Berdasarkan Tabel 2 sampai dengan Tabel 3, dapat dibuatkan perhitungan rata-rata dari masing-masing pengukurannya. Diperoleh hasil rata-rata tegangan dari panel surya monocrystalline 30 Wp pada sudut kemiringan 10° sebesar 13,82V, kemiringan 20° sebesar 13,45V, dan sudut 30° adalah 13,57V. Kemudian rata-rata arus pada panel surya dengan kemiringan 10° adalah 1,37A, sudut 20° sebesar 1,30A, dan sudut 30° diperoleh 1,22A. Sedangkan rata-rata daya yang diperoleh pada sudut 10° sebesar 18,87W, kemiringan 20° sebesar 17,50W, dan sudut kemiringan 30° adalah 16,65. Hasil dari perhitungan rata-rata dari masing-masing sudut ini tersaji pada Gambar 11, diperoleh bahwa semakin tinggi sudut kemiringan yang dilakukan maka akan semakin menurun kuantitas atau hasil pengukurannya. Meskipun terlihat tegangan saat sudut 30° lebih tinggi dari 20°, hal ini mungkin dapat terjadi karena faktor kesalahan pengukuran atau karena adanya cuaca yang lebih berawan saat pengujian berlangsung.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kemiringan sudut pada panel surya yang mengarah ke utara dengan sudut kemiringan 10° , 20° , dan 30° selalu menghasilkan daya keluaran (P) paling tinggi pada pukul 12.00 dan paling rendah pada pukul 07.00. Hasil dari daya keluaran pada kemiringan sudut panel surya 10° paling tinggi adalah 31,414 Watt dan paling rendah sebesar 6,576 Watt. Pada kemiringan 20° tertinggi diperoleh 30,879 Watt dan paling rendahnya 5,969 Watt. Sedangkan untuk sudut 30° didapatkan daya paling tinggi sebesar 29,536 Watt dan paling rendahnya 6,55 Watt. Berdasarkan seluruh data pengujian, diperoleh rata-rata daya berdasarkan kemiringan yaitu sudut 10° sebesar 18,87 Watt, sudut 20° sebesar 17,50 Watt, dan sudut 30° sebesar 16,65 Watt. Kesimpulan dari pengujian ini adalah panel surya yang dihadapkan ke arah utara dengan sudut 10° memiliki daya keluaran tertinggi sebesar 31,414 Watt dengan rata-rata hasil pengukurannya adalah 18,87 Watt. Berdasarkan hal tersebut, pada sudut kemiringan 10° merupakan rekomendasi sudut paling optimal bagi panel surya untuk diterapkan di Perum Pemda Sukaharja Karawang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Siahaan, I. W. Kusuma, and I. B. Adnyana, "Pengaruh Sudut β dan ω pada PLTS di PT Indonesia Power," *Jurnal METTEK*, vol. 6, no. 1, p. 62, Apr. 2020, doi: 10.24843/mettek.2020.v06.i01.p08.
- [2] R. Pido, R. Hidayat Boli, M. Rifal, W. Rauf, N. Shanti Dera, and R. Rianto Day, "Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Terhadap Optimalisasi Daya Panel Surya," *RADIAL*, vol. 10, no. 2, pp. 234–240, 2022, doi: 10.37971/radial.v10i2.287.
- [3] M. Dedik Zakariya, M. Arif Irfa, and Basuki, "Daya Output Panel Surya Tipe Polycrystalline Dengan Kemiringan Sudut 10° Pada Instalasi Penerangan Rumah," *Reaktom: Rekayasa Keteknikan dan Optimasi*, vol. 6, no. 2, pp. 41–47, Dec. 2021, doi: <https://doi.org/10.33752/reaktom.v6i2.2175>.
- [4] R. Hariningrum and S. Artikel, "Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya 100 WP Terhadap Daya Listrik," *Marine Science and Technology Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 67–76, 2021, doi: 10.31331/maristec.v1i2.
- [5] A. K. Albahar and M. F. Haqi, "Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya (PV) Terhadap Keluaran Daya," *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, vol. 8, no. 2, pp. 115–122, 2020.
- [6] C. Indra Sulistin, L. Hakim, and A. Rijanto, "Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Sudut Kemiringan Panel Surya 0° dan 45° Panel Surya Polycrystalline Terhadap Optimalisasi Daya," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi (SEMASTEK)*, 2023. doi: <https://doi.org/10.36815/semastek.v2i1.88>.