

Pemetaan Potensi Energi Surya Berbasis Global Solar Atlas di Fakultas Teknik Universitas Mataram

Supriyatna¹, Abdul Natsir¹, Ni Made Seniari¹, Ida Ayu Sri Adnyani¹, Sabar Nababan¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jl Majapahit No 62 Mataram, NTB (83125)

INFORMASI ARTIKEL

Article history:

Received March 18, 2024

Revised March 20, 2024

Accepted March 20, 2024

Keywords :

Potensi PLTS;
Optimal irradiasi;
Rooftop,
Global solar atlas.

ABSTRAK

Indonesia the average global horizontal irradiation value is 4,75 kWh/m² per day. Because Indonesia is on the equator. This energy potential has great opportunities for application in off-grid and microgrid PV systems. Global solar atlas is a free web-based application developed to help policymakers, planners, and investors identify areas of solar radiation intensity for solar power generation virtually anywhere in the world. The coordinate points for irradiation measurements in the yard of the Faculty of Engineering, University of Mataram using a Solar Power Meter (SPM) at coordinates -8.5880530, 116.0976210. The measurement position of an azimuth angle of 0 degrees and a solar panel tilt of 12 degrees is the optimum global irradiation of 1930.2 kWh/m² per year. The potential for PLTS rooftops at the Faculty of Engineering, the total PV panels have the potential to be installed on the rooftop as many as 2,283 (300 Wp per PV panel), the total power of the PV panels is 684,900 Wp or 684.9 kWp. Based on the Global solar atlas, the total potential energy that can be generated by all PV panels in the North and South directions is 882.9 MWh/year.

Corresponding Author :

Supriyatna, Teknik Elektro, UNRAM, Jl Majapahit No 62 Mataram, NTB (831250), Indonesia

Email: supriyatna@unram.ac.id

1. PENDAHULUAN

Saat ini, energi surya mendapat perhatian yang tinggi sebagai suatu pendekatan yang berpotensi meluas untuk produksi energi berkelanjutan. Penelitian tentang teknologi fotovoltaik (PV) telah berkembang secara global. Jumlah pembangkit listrik PV tumbuh dengan cepat. Sehingga penelitian-penelitian tentang metode atau teknik untuk mapping dan menghitung potensi energi surya menjadi sangat urgen untuk suatu kota/wilayah, luasan atap bangunan kampus. Agar bisa memperkirakan total luas atap yang berguna untuk instalasi PV dan insiden radiasi matahari tahunan.

Indonesia merupakan negara berpotensi energi surya yang besar, nilai rerata Global Horizontal Irradiation sebesar 4.75 kWh/m² per hari [1]. Oleh karena Indonesia berada pada garis khatulistiwa. Dengan potensi energi yang besar ini, sangat berpeluang untuk menerapkan sistem PV baik yang off-grid maupun microgrid untuk mengurangi pemakaia listrik PLN sehingga terjadi penghematan yang cukup signifikan.

Konfigurasi pembangkit energi terbarukan seperti jaringan listrik off-grid dan microgrid adalah solusi untuk melistriki gedung perkantoran dan rumah-rumah pelanggan. Konfigurasi ini dirancang untuk memaksimalkan pemanfaatan energi terbarukan terutama sistem PV. Penelitian ini berfokus pada masyarakat perkotaan, gedung pemerintah, dan kampus menggunakan modul surya yang dipasang di atap atau di lahan parkir untuk memudahkan para pengguna melakukan pengisian listrik.

Untuk merealisasikan solusi yang ditawarkan, maka perlu melakukan pemetaan potensi dengan memastikan area-area yang menjadi sasaran penelitian memiliki kandungan energi yang cukup tinggi sehingga mudah dalam mendesain dan implementasikan sistem PV. Penelitian ini merupakan pemetaan potensi energi surya pada atap gedung di Fakultas Teknik Universitas Mataram.

Melakukan review terhadap PV rooftop berbasis GIS dengan pendekatan estimasi potensi pada skala perkotaan [2], [3]. Di lingkungan perkotaan, sistem energi terdesentralisasi dari sumber fotovoltaik terbarukan, bersih dan tersedia, secara bertahap menggantikan sistem energi konvensional sebagai sumber pembangkit listrik yang menarik. Apalagi dengan tersedianya area atap yang belum tereksplorasi dan kemudahan pemasangan, seiring dengan perkembangan teknologi dan pengurangan biaya panel fotovoltaik secara permanen. Estimasi berbasis sistem informasi geografis (GIS) dibenarkan sebagai pendekatan yang menjanjikan untuk memperkirakan potensi surya fotovoltaik atap.

Pemetaan potensi energi surya di Indonesia menggunakan jaringan syaraf tiruan dan GIS [4]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi teoritis penyinaran matahari di Indonesia menggunakan metode jaringan syaraf tiruan dan memvisualisasikan penyinaran surya per provinsi sebagai peta surya seluruh Indonesia. Data geografis dan meteorologi dari 25 lokasi yang diperoleh dari database NASA digunakan untuk melatih jaringan saraf dan data dari 5 lokasi digunakan untuk menguji nilai estimasi. Peta iradiasi matahari dapat memberikan informasi yang bermanfaat tentang profil sumber energi matahari sebagai masukan untuk implementasi sistem energi surya.

Menerapkan sebuah metode estimasi potensi pembangkitan daya PV rooftop untuk sebuah daerah [5]. Saat ini energi matahari mendapat perhatian yang tinggi sebagai pendekatan yang berpotensi meluas untuk produksi energi berkelanjutan, dan studi tentang teknologi fotovoltaik (PV) telah berkembang secara global. Jumlah pembangkit listrik PV tumbuh dengan cepat. Penelitian ini mengusulkan metode untuk menghitung potensi PV atap untuk suatu kota atau wilayah dengan memperkirakan total luas atap yang berguna untuk instalasi PV dan insiden radiasi matahari tahunan.

Dinamika fotovoltaik surya terintegrasi dan nanogrid penyimpanan baterai untuk pengisian kendaraan listrik [6]. Dalam penelitian ini, kinerja surya fotovoltaik nanogrid didefinisikan sebagai sistem tenaga skala kecil, yang terdiri dari satu domain untuk kontrol, keandalan, dan kualitas daya yang dinilai untuk pengisian kendaraan listrik. Testbed nanogrid, berisi PV sebagai catu daya, dua puluh stasiun pengisian EV, Sistem Penyimpanan Energi Baterai (BESS), dan inverter pintar terhubung ke pengumpulan utama di University of California, Irvine (UCI) Microgrid. Kami menyajikan empat algoritme kontrol inverter pintar yang berbeda yang mengatur pengiriman baterai untuk tujuan manajemen energi yang berbeda.

Implementasi sistem fotovoltaik surya skala besar di lembaga pendidikan tinggi di Illinois [7]. Energi matahari memiliki beberapa manfaat lingkungan, ekonomi, dan pendidikan untuk perguruan tinggi kampus, tetapi sulit bagi sekolah negeri untuk mencari dana untuk proyek-proyek ini. Studi ini menunjukkan bahwa sistem fotovoltaik (PV) surya di kampus Illinois State University (ISU) layak secara teknis dan finansial. Meskipun ada beberapa studi kelayakan surya dari institusi pendidikan tinggi di AS, analisis keuangan yang mendalam masih kurang. Kami melakukan penilaian situs tenaga surya di lima lokasi potensial di kampus, menggunakan model kinerja energi matahari untuk menganalisis kelayakan teknis setiap lokasi, dan melakukan penilaian keuangan menggunakan alat pemodelan keuangan PV profesional untuk membandingkan pilihan pembiayaan yang berbeda. Hasil kami menunjukkan bahwa tiga lokasi di kampus dapat digunakan untuk mengembangkan sistem PV surya gabungan dari satu megawatt. Model kepemilikan langsung dan pihak ketiga layak secara finansial untuk sistem gabungan ini. Temuan kami dapat ditiru sebagai studi kasus untuk pengembangan sistem PV surya masa depan di kampus-kampus.

Melakukan pengujian menggunakan sebuah universal charge controller untuk mengintegrasikan sumber-sumber energi terbarukan dengan berbagai konfigurasi jaringan tenaga listrik [8], yang mempertimbangkan kondisi lokal, faktor lingkungan, sosial, dan keuangan. Konfigurasi yang ditawarkan adalah jaringan listrik off-grid untuk pedesaan seperti solar home system (SHS), serta jaringan listrik kecil (microgrid) untuk komunitas.

2. METODE

2.1 Jaringan Listrik Mikro (Microgrid)

Jaringan listrik mikro, dalam bahasa Inggris disebut "Microgrid" merupakan kelompok pembangkit kecil yang terdistribusi dan terintegrasi dalam suatu jaringan grid. Pembangkit kecil tersebut mensuplai kebutuhan energi listrik untuk komunitas beban yang kecil seperti perumahan, sekolah, kampus, perkantoran, pertokoan (pasar) dan industri kecil yang ada di daerah perkotaan atau pedesaan. Microgrid secara esensial adalah jaringan distribusi aktif karena merupakan sistem pembangkitan terdistribusi (distributed generation) yang mandiri dan memiliki beban yang beragam pada level sistem distribusi [9].

Microgrid merupakan salah satu contoh pola pembangkitan terdistribusi yang bisa melingkupi berbagai sumber energi, baik energi fosil maupun energi terbarukan (angin, surya, biogas, dan sebagainya). Dalam satu sistem microgrid dapat beroperasi paralel dengan sistem interkoneksi yang lebih besar atau beroperasi mandiri, sehingga dapat bekerja pada tingkat distribusi tegangan menengah dan tegangan rendah.

Terdapat 2 jenis sistem jaringan listrik mikro berdasarkan sambungan jaringan listrik ke grid, [10] yaitu:

A. Sistem jaringan mikro off-grid

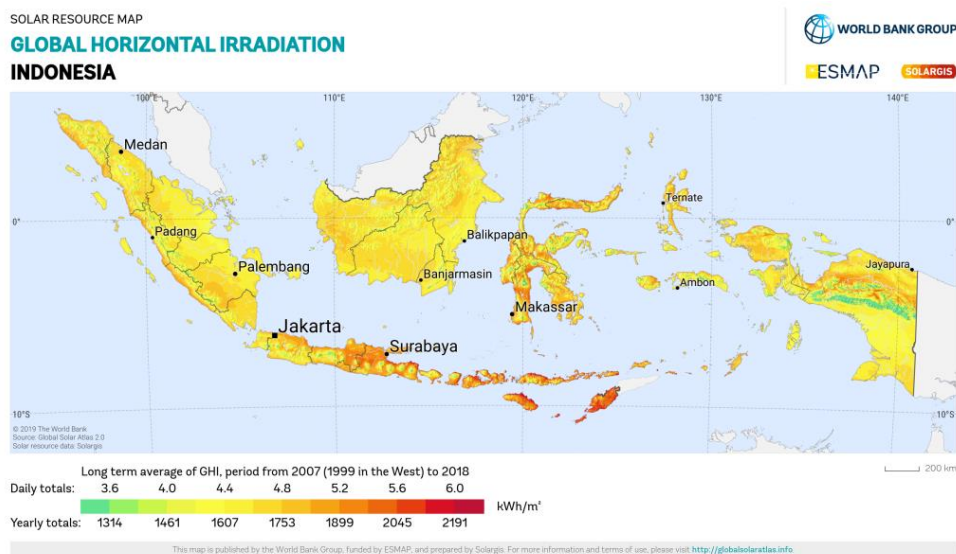
Jaringan ini tidak terhubung dengan grid. Pasokan daya pada jaringan mikro sepenuhnya bergantung pada kemampuan pembangkit-pembangkit dalam menghasilkan daya dan cadangan energi yang tersimpan pada media penyimpanan (baterai) yang digunakan. Jaringan ini digunakan untuk lokasi terpencil yang tidak dapat diakses oleh jaringan listrik milik PLN.

B. Sistem jaringan mikro on-grid

Jaringan ini terhubung dengan grid yaitu jaringan listrik PLN. Kelebihannya adalah ketika pasokan daya dari pembangkit-pembangkit lokal seperti PLTS, PLTB, PLTMH yang digunakan kurang dapat dibantu oleh pasokan daya dari jaringan listrik utama sehingga kontinuitas daya tetap terjaga, juga jika terjadi kelebihan pasokan daya yang dihasilkan oleh pembangkit-pembangkit lokal dapat dijual ke jaringan PLN.

2.2 Pemetaan Potensi Energi Surya;

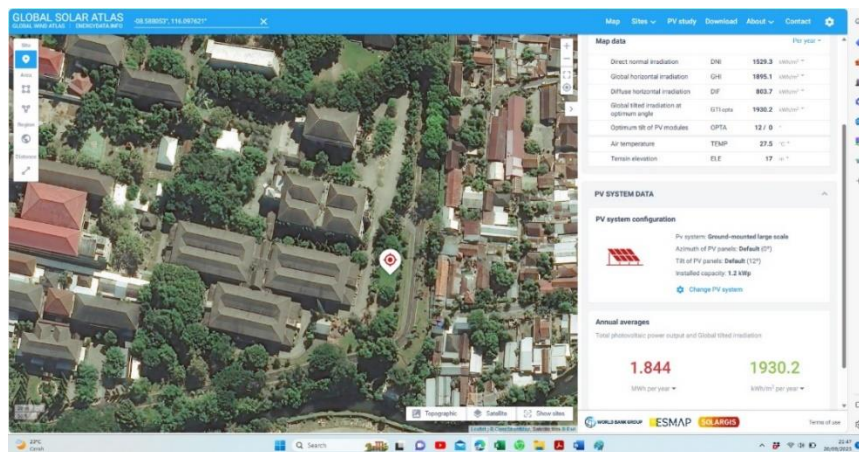
Global solar atlas memfasilitasi query online dan menyediakan kumpulan data yang dapat diunduh secara gratis berdasarkan data masukan dan metodologi pemodelan terbaru. Pengguna juga dapat mengunduh peta potensi sumber daya surya resolusi tinggi untuk digunakan dalam GIS, baik di tingkat global, negara, provinsi, dan lain-lain. Informasi tentang dataset dan metodologi yang digunakan untuk membuat Global Solar Atlas dapat ditemukan di bagian Metodologi dan Kumpulan Data. Global solar atlas adalah aplikasi gratis berbasis web yang dikembangkan untuk membantu pembuat kebijakan, perencana, dan investor mengidentifikasi daerah-daerah intensitas radiasi surya untuk pembangkit listrik tenaga surya secara virtual di manapun di dunia, dan kemudian melakukan perhitungan awal.



Gambar 1. Tampilan beranda Global Solar Atlas

2.3 Pemetaan Lokasi Fakultas Teknik Universitas Mataram

Titik koordinat pengukuran iradisi menggunakan Solar Power Meter (SPM) pada koordinat $-8,588053^0$, $116,097621^0$. Gambaran posisi pengukuran sudut azimuth 0^0 kemiringan panel surya 12^0 , terlihat pada Gbr. 2.



Gambar 2 Koordinat titik pengukuran halaman FT UNRAM

3. HASIL DAN DISKUSI

A. Pendataan Potensi Rooftop Gedung Fakultas Teknik UNRAM

Pemetaan menggunakan ArcGIS pada 3 Gedung Utama di Fakultas Teknik, Gedung D tidak termasuk dalam perhitungan. Rooftop pada Gedung D akan difungsikan selain PLTS, mengingat strukturnya datar sehingga tidak termasuk pada area perhitungan potensi PLTS rooftop.



Gambar 3 Pemetaan Luasan Atap dan Halaman pada Area Fakultas Teknik UNRAM

Berdasarkan Gbr. 3 penomoran atap gedung (#1 –11) berurutan dari bagian Utara ke Selatan untuk posisi atap menghadap Utara. Penomoran atap Gedung (#12 – 22) berurutan dari bagian Utara ke Selatan untuk posisi atap menghadap ke Selatan. Penomoran #23 – 25 pada area taman dan penomoran #26 – 31 pada area atap selasar.

B. Potensi Iradiasi Sinar Matahari di Area Fakultas Teknik

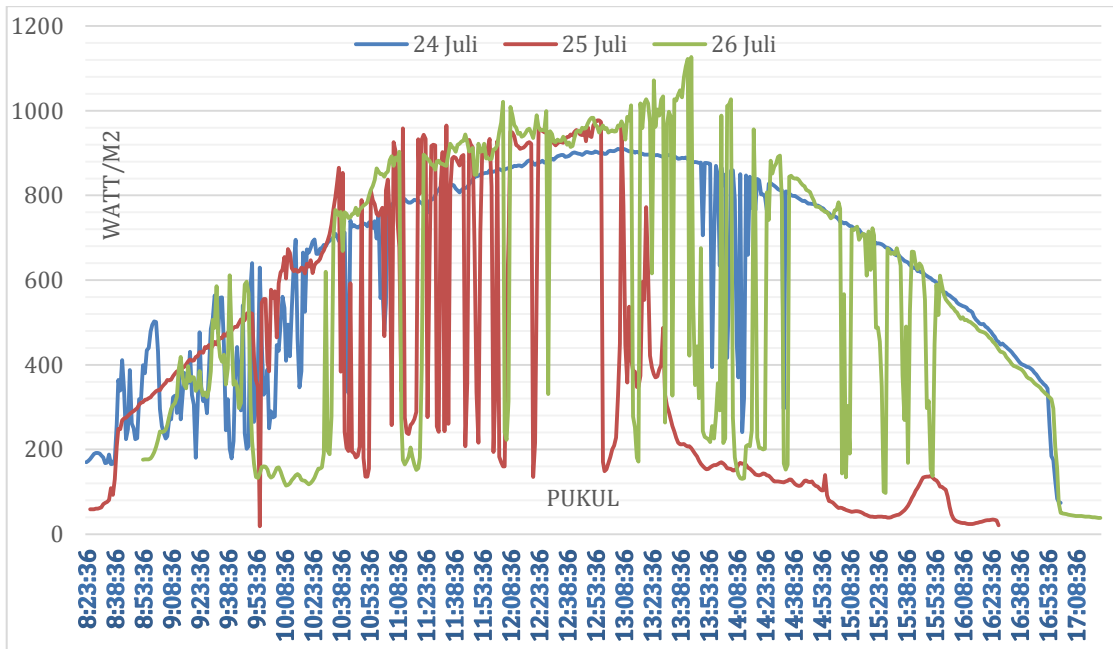
Potensi iradiasi sinar matahari di titik koordinat pengukuran irradasi di halaman depan Fakultas Teknik pada koordinat $8,588053^{\circ}$ Lintang Selatan dan $116,097621^{\circ}$ Bujur Timur menggunakan; i) Alat ukur iradiasi matahari menggunakan Solar Power Meter (SPM), dan ii) Software pada website Solar Global Atlas <https://globalsolaratlas.info/map?s=-8.588053,116.097621&m=site&c=-8.588053,116.097621,11>

Tabel 1 Luasan Rooftop dan Halaman FT UNRAM

No	Koordinat posisi		Luas (m ²)	Arah / Lokasi
1	116° 5' 50.131" E	8° 35' 13.713" S	229,24	Utara
2	116° 5' 49.496" E	8° 35' 15.095" S	120,10	Utara
3	116° 5' 50.433" E	8° 35' 15.292" S	119,59	Utara
4	116° 5' 49.434" E	8° 35' 15.595" S	102,47	Utara
5	116° 5' 50.306" E	8° 35' 15.761" S	96,11	Utara
6	116° 5' 49.677" E	8° 35' 16.611" S	279,61	Utara
7	116° 5' 49.603" E	8° 35' 17.087" S	243,07	Utara
8	116° 5' 47.655" E	8° 35' 16.197" S	300,58	Utara
9	116° 5' 47.542" E	8° 35' 16.673" S	249,57	Utara
10	116° 5' 48.444" E	8° 35' 17.495" S	280,38	Utara
11	116° 5' 48.340" E	8° 35' 17.972" S	215,70	Selatan
12	116° 5' 50.059" E	8° 35' 14.088" S	243,81	Selatan
13	116° 5' 49.473" E	8° 35' 15.358" S	110,42	Selatan
14	116° 5' 50.361" E	8° 35' 15.539" S	111,65	Selatan
15	116° 5' 49.355" E	8° 35' 15.845" S	130,89	Selatan
16	116° 5' 50.291" E	8° 35' 16.030" S	138,29	Selatan
17	116° 5' 47.597" E	8° 35' 16.427" S	279,03	Selatan
18	116° 5' 49.616" E	8° 35' 16.831" S	262,28	Selatan
19	116° 5' 47.514" E	8° 35' 16.928" S	380,44	Selatan
20	116° 5' 49.527" E	8° 35' 17.325" S	365,67	Selatan
21	116° 5' 48.406" E	8° 35' 17.730" S	270,67	Selatan
22	116° 5' 48.298" E	8° 35' 18.209" S	337,59	Selatan
Total			4258,88	Rerata

C. Pengukuran SPM

Pengukuran dilakukan selama 3 (tiga) hari berurutan 24, 25 dan 26 Juli 2023 pukul 08.00 – 17.00 WITA. Gbr. 4 memperlihatkan hasil pengukuran intensitas sinar matahari menggunakan alat ukur SPM selang waktu pengukuran 1 menit



Gambar 4 Grafik Pengukuran Intensitas Matahari (Watt/m²) menggunakan SPM Lutron pada tgl. 24, 25 dan 26 Juli 2023

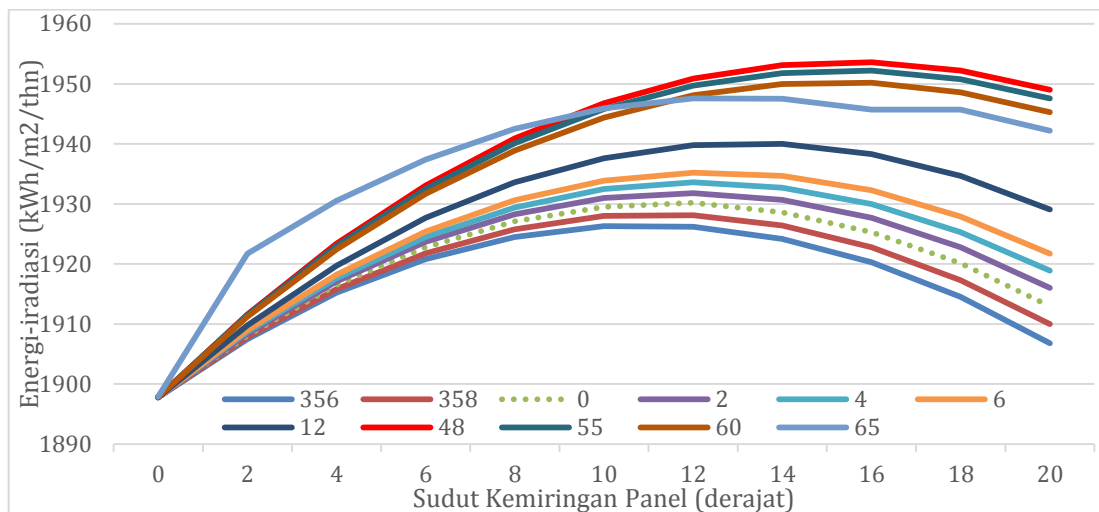
Berdasarkan hasil pengukuran intensitas sinar matahari pada tanggal 24, 25 dan 26 Juli 2023 pada Gbr 4, diperoleh nilai maksimum harian 909,7; 977,1 dan 1127 Watt/m² pada pukul 13.06 12.55 dan 13.45 WITA pada ketiga hari berurutan tersebut.

D. Data berdasarkan Solar Global Atlas

Intensitas radiasi sinar matahari dengan sudut kemiringan panel $0^{\circ} - 20^{\circ}$ dan sudut azimuth $-4^{\circ}, -2^{\circ}, 0^{\circ}$, sampai 60° pada titik ukur di Fakultas Teknik berdasarkan Global solar atlas terlihat pada Tabel 2 dan Gbr. 5 berupa grafik energi ($kWh/m^2/thn$) iradiasi pada kemiringan sudut panel dan sudut azimuth berbeda. Energi maksimum dapat diperoleh panel surya pada sudut azimuth 48° dan sudut kemiringan 16° . Posisi panel surya ini akan menghasilkan energi surya total setahun $1.954 kWh/m^2/tahun$.

Tabel 2 Energi Iradiasi ($kWh/m^2/thn$) Berdasarkan Global Solar Atlas

Kemiringan Panel (derajat)	Sudut Azimuth (derajat)												
	356	358	0	2	4	6	12	48	50	52	55	60	65
0	1898	1898	1898	1898	1898	1898	1898	1898	1898	1898	1898	1898	1898
2	1908	1908	1908	1908	1909	1909	1910	1912	1912	1912	1912	1911	1922
4	1915	1916	1917	1917	1918	1918	1920	1923	1923	1923	1923	1922	1931
6	1921	1922	1923	1924	1925	1925	1928	1933	1933	1933	1933	1932	1937
8	1925	1926	1927	1928	1929	1931	1934	1941	1941	1941	1940	1939	1943
10	1926	1928	1930	1931	1933	1934	1938	1947	1947	1946	1946	1944	1946
12	1926	1928	1930	1932	1934	1935	1940	1951	1951	1950	1950	1948	1948
14	1924	1926	1929	1931	1933	1935	1940	1953	1953	1953	1952	1950	1948
16	1920	1923	1925	1928	1930	1932	1938	1954	1953	1953	1952	1950	1946
18	1915	1917	1920	1923	1925	1928	1935	1952	1952	1952	1951	1949	1946
20	1907	1910	1913	1916	1919	1922	1929	1949	1949	1948	1948	1945	1942



Gambar 5 Grafik Hubungan Iradiasi Sinar Matahari terhadap Sudut Kemiringan pada Tiap Sudut Azimut Berbeda Menggunakan Global Solar Atlas

E. Analisis Potensi PLTS

Berdasarkan Tabel 3 dan fokus pada rooftop arah Utara dan Selatan, luas atap yang dapat dimanfaatkan $4.867,13 m^2$. Dari total luasan atap, 75% permukaan atap tiap bagian Gedung Utara atau Selatan tersebut dapat dipasang panel surya. Jenis panel surya sebagai acuan menggunakan panel PV jenis mono cristal 300 Wp berdimensi 199 cm x 80 cm. Tabel 3 memperlihatkan jumlah panel PV dan daya total panel pada tiap bagian rooftop. Total panel PV berpotensi dipasang pada rooftop sebanyak 2.283 buah, sehingga daya total panel PV $684.900 Wp$ atau $684,9 kWp$.

Tabel 3 Pemanfaatan luasan rooftop untuk panel PV dan daya total panel

No ID	Luasan (m ²)	Posisi	Pemanfaatan (m ²)	Jumlah panel	Panel real	Daya Total Panel (Wp)
1	229,24	Utara	171,93	108,00	107	32.100
2	120,10	Utara	90,07	56,58	56	16.800
3	119,59	Utara	89,69	56,34	56	16.800
4	102,47	Utara	76,85	48,28	48	14.400
5	96,11	Utara	72,08	45,28	45	13.500
6	279,61	Utara	209,71	131,73	131	39.300
7	243,07	Utara	182,30	114,51	114	34.200
8	300,58	Utara	225,44	141,61	141	42.300
9	249,57	Utara	187,18	117,57	117	35.100
10	280,38	Utara	210,28	132,09	132	39.600
11	215,70	Utara	161,77	101,62	101	30.300
12	243,81	Selatan	182,85	114,86	114	34.200
13	110,42	Selatan	82,81	52,02	52	15.600
14	111,65	Selatan	83,74	52,60	52	15.600
15	130,89	Selatan	98,17	61,66	61	18.300
16	138,29	Selatan	103,72	65,15	65	19.500
17	279,03	Selatan	209,28	131,45	131	39.300
18	262,28	Selatan	196,71	123,56	123	36.900
19	380,44	Selatan	285,33	179,23	179	53.700
20	365,67	Selatan	274,25	172,27	172	51.600
21	270,67	Selatan	203,00	127,51	127	38.100
22	337,59	Selatan	253,19	159,04	159	47.700
Total	4.867		3.650	2.293	2.283	684.900

Potensi panel PV Arah Utara dengan posisi panel mengikuti posisi gedung pada azimuth 0⁰ dan sudut kemiringan 30⁰ (sesuai kemiringan atap genteng) berdaya 314,4 kWp. Pada posisi panel PV tersebut akan menghasilkan total output panel-panel PV sebesar 442,65 MWh (Mega Watt hours) pertahun. Potensi panel PV Arah Selatan dengan posisi panel mengikuti posisi gedung pada azimuth 180⁰ dan sudut kemiringan 30⁰ (sesuai kemiringan atap genteng) panel PV berdaya 370,5 kWp. Pada posisi panel PV tersebut akan menghasilkan total output panel-panel PV sebesar 440,25 MWh (Mega Watt hours) pertahun.

Terdapat perbedaan total iradiasi pada rooftop Arah Utara dan Selatan. Pada arah Utara total iradiasi yang diterima panel PV sebesar 1845,1 kWh/m²/tahun dan Arah Selatan 1.575,9 kWh/m²/tahun. Hal ini memberikan perhatian, bahwa posisi panel PV Arah Utara menghasilkan 17% lebih banyak energi pertahun dibandingkan Arah Selatan. Dan total energi terpotensi dibangkitkan dari keseluruhan panel PV Arah Utara dan Selatan sebesar 882,9 MWh/tahun.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi, pengukuran, perhitungan dan analisis potensi PLTS rooftop dapat disimpulkan:

1. Pada koordinat 8,588053⁰ Lintang Selatan dan 116,097621⁰ Bujur Timur, hasil simulasi energi surya total maksimum setahun 1.954 kWh/m²/tahun di posisi panel surya pada sudut azimuth 48⁰ dan sudut kemiringan 16⁰.
2. Potensi rooftop Fakultas Teknik Unram, total panel PV @300 Wp berpotensi dipasang pada rooftop sebanyak 2.283 buah, berdaya total panel PV 684.900 Wp atau 684,9 kWp.
3. Energi terpotensi dibangkitkan dari keseluruhan panel PV Arah Utara 442,65 MWh dan panel PV Arah Selatan sebesar 440,25 MWh sehingga total energi terpotensi seluruh panel sebesar 882,9 MWh/tahun.

DAFTAR REFERENSI

- [1] World Bank (Juni, 2020), ESMAP. 2020; Global Photovoltaic Power Potential by Country.
- [2] Djoko Adi Widodo, dkk. 2020, Potential of Solar Energy in Residential Rooftop Surface Area in Semarang City, Indonesia; *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal* Vol. 5, No. 4, 397-404.
- [3] A. Abdullah, A. Gassar, Seung Hyun Cha, (2021), Review of geographic information systems-based rooftop solar photovoltaic potential estimation approaches at urban scales, *Applied Energy*.
- [4] M. Rumbayan, A. Abudureyimu, K. Nagasaka (2016), Mapping of solar energy potential in Indonesia using artificial neural network and geographical information system.
- [5] Jihui Yuana, Craig Farnhama, Kazuo Emuraa, Siqiang Lub, (2016), A method to estimate the potential of rooftop photovoltaic power generation for a region Urban Climate.
- [6] Laura Novoa, Jack Brouwer, (2018), Dynamics of an Integrated Solar Photovoltaic and Battery Storage Nanogrid for Electric Vehicle Charging, *Advanced Power and Energy Program*, University of California, Irvine, California.
- [7] Jin H. Jo, Kadi Ilves, Tyler Barth, and Ellen Leszczynski (2017), Implementation of a large-scale solar photovoltaic system at a higher education institution in Illinois, USA.
- [8] Abdul Natsir, Supriyatna, Ni Made Seniari, Ida Ayu Sri Adnyani, Sabar Nababan, (2020), “Performance Improvement of Grid Tie Inverter on Microgrid of Solar Photovoltaic”, *Proceedings International Conference on Science and Technology (ICST)* e-ISSN: 2722-7375 pp: 79-87, Vol. 1.
- [9] Isdawimah, Sudibyo, U.B., Setiawan, E.A., (2010), “Analisis Kinerja Pembangkit Listrik Energi Terbarukan Pada Model Jaringan Listrik Mikro Arus Searah”, *Jurnal Politeknologi*, Vol. 9, No. 2.
- [10] Shammya Shananda Saha, Samantha Janko, Nathan G. Johnson, Robin Podmore, Alain Riaud, Ray Larsen, (2016), “A Universal Charge Controller for Integrating Distributed Energy Resources”, *Global Humanitarian Technology Conference*, 978-1-5090-2432-2/16/\$31.00, IEEE.