

## PENGARUH KEMIRINGAN DAN ARAH HADAPAN PEMASANGAN PHOTOVOLTAIC PENERANGAN JALAN UMUM (PJU) DI UNIVERSITAS TADULAKO TERHADAP DAYA OUTPUT

M. Arham<sup>1</sup>, Baso Mukhlis<sup>2</sup>, Nurhani Amin<sup>3</sup>, Agustinus K<sup>4</sup>, Muh. Aristo<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro Universitas Tadulako

<sup>2,3,4,5</sup>Dosen, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tadulako

email: teknik104@gmail.com

### Abstract

Utilization of solar energy in the generation of electrical energy has been widely carried out using solar panels. One example of its use at Tadulako University is public street lighting using solar energy as a source of electricity. The solar panels that have been installed so far have not been effective because of the different tilt angle positions. There are those who can capture the maximum rays of the sun and there are those who cannot capture the maximum rays of the sun and consequently the electrical energy generated is not optimal. The purpose of this study was to determine the effect of changes in orientation and angle of inclination of solar panels on the output power and to optimize the performance of PLTS-based public street lighting in Tadulako University. The method used to determine the effect of the photovoltaic slope on the output power is to measure the short-circuit voltage and current from various forward directions and tilt angles. The influence of the slope and the direction of the front of the photovoltaic installation can be seen that the highest output voltage is 18.82V in the forward-to-west position with an angle of 5°. The highest short-circuit current is 3.82A in the front-to-west position with a slope angle of 5°. The highest output power is 47.97W in the front-to-west position with a slope angle of 5°.

Keywords: Photovoltaic, short circuit current

### I. Pendahuluan

#### 1.1 Latar Belakang

Dengan kebutuhan akan energi listrik yang terus meningkat dan semakin menipisnya cadangan minyak bumi maka dibutuhkan pula sumber-sumber energi listrik alternatif. Negara-negara maju juga telah bersaing dan berlomba membuat terobosan-terobosan baru untuk mencari dan menggali serta menciptakan teknologi baru yang dapat menggantikan minyak bumi sebagai sumber energi.

Dalam upaya pencarian sumber energi baru sebaiknya memenuhi syarat yaitu menghasilkan jumlah energi yang cukup besar, biaya ekonomis dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan. Dengan realita tersebut, maka pengembangan listrik tenaga surya yang berbasis kepada efek *photovoltaic* dari piranti sel surya sebagai salah satu sumber

tenaga listrik yang murah, bebas polusi dan alami menjadi suatu pilihan yang tepat. Namun realita yang ada sekarang ini penggunaan sel surya sebagai sumber listrik masih sangat minim dan belum bisa diandalkan sebagai suatu sumber tenaga alternatif yang dapat mengganti tenaga listrik. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti kemampuan panel surya yang belum optimal dalam menghasilkan tenaga listrik, proses pembuatan yang memerlukan operasi pembiayaan yang mahal, apalagi jika panel surya tersebut masih harus diimpor. Memang tidak diragukan lagi bahwa panel surya adalah salah satu sumber energi yang ramah lingkungan dan sangat menjanjikan pada masa yang akan datang karena tidak ada polusi yang dihasilkan selama proses konversi energi.[1]

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan salah satu jenis sumber energi terbarukan yang banyak mendapat perhatian beberapa dekade terakhir. Hal ini karena cahaya matahari sebagai sumber energi pada PLTS adalah salah satu sumber energi terbarukan yang jauh lebih murah, ramah lingkungan dan pastinya lebih hemat. Meskipun belum dalam kapasitas yang besar, energi alternatif yang satu ini juga sudah mulai diterapkan di Indonesia, mulai dari lampu emergency, lampu jalan dan masih banyak lagi.[2]

Pemanfaatan energi matahari dalam pembangkitan energi listrik telah banyak dilakukan dengan menggunakan panel surya. Salah satu contoh pemanfaatannya di Universitas Tadulako adalah penerangan jalan umum dengan sumber listrik energi matahari. Panel surya yang terpasang selama ini belum efektif karena posisi sudut kemiringan yang berbeda-beda. Ada yang dapat menangkap secara maksimal pancaran sinar matahari dan ada yang tidak dapat menangkap secara maksimal pancaran sinar matahari dan akibatnya energi listrik yang dibangkitkan tidak maksimal.[3]

Indonesia terletak pada garis khatulistiwa, mempunyai energi surya yang berlimpah dan berpotensi menjadikan energi surya menjadi salah satu sumber energi utama penghasil listrik dimasa depan. Sulawesi tengah khususnya kota Palu, yang membentang memanjang dari Timur ke Barat dengan luas wilayah 395,06 km<sup>2</sup>. Secara astronomis, Kota Palu terletak pada posisi 119,45 - 121,15 BT dan 0,36 - 0,56 LS. Kota ini memiliki iklim tropis seperti wilayah Indonesia pada umumnya. Suhunya berkisar antara 23 derajat celcius sampai dengan 36,5 derajat celcius. Secara umum, curah hujan tertinggi di kota Palu biasa berlangsung

pada bulan Desember, Januari, Mei, dan Agustus (tidak mutlak). [4]

Untuk memaksimalkan intensitas matahari yang diterima oleh panel surya (*photovoltaic*), maka pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan pengujian panel surya dari berbagai macam orientasi dan sudut kemiringan panel surya (*photovoltaic*) terhadap pancaran sinar matahari. Sesuai dengan beberapa percobaan orientasi dan sudut kemiringan sehingga diharapkan menghasilkan output (keluaran) berupa arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ), tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ), daya keluaran ( $P_{out}$ ). Kemudian membandingkan berapa besar nilai arus ( $I_{sc}$ ), tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ), daya keluaran ( $P_{out}$ ) pada panel surya (*photovoltaic*) dan pengaruhnya terhadap intensitas cahaya serta perubahan sudut kemiringan.

## 1.2 Tujuan

Mengingat luas dan banyaknya hal-hal yang perlu diperhatikan dalam proses pembangkitan tenaga listrik alternatif dengan menggunakan teknologi *photovoltaic*, maka di rumuskan permasalahan yang dibahas dalam penulisan tugas akhi ini, yaitu bagaimana pengaruh perubahan orientasi dan sudut kemiringan panel surya terhadap daya output.

## 1.3 Tujuan

Agar tujuan penulisan skripsi ini sesuai dengan yang di harapkan serta terarah pada judul yang telah di sebutkan di atas, maka penulis membatasi permasalahan yang akan di bahas yaitu sebagai berikut:

1. Hanya menggunakan dua buah panel surya jenis silicon *monocrystalline* dengan daya 80WP.
2. Hanya membahas empat orientasi yakni utara, timur, selatan dan barat.

3. Hanya membahas empat perubahan sudut yaitu  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $25^\circ$  dan  $30^\circ$ .
4. Tidak membahas pengaruh photovoltaic terhadap suhu, kecepatan angin, kelembapan udara dan ketinggian lokasi penelitian.

#### 1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan akhir yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini antara lain sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui pengaruh perubahan orientasi dan sudut kemiringan panel surya terhadap daya output.
2. Mengoptimalkan kinerja lampu jalan umum berbasis PLTS di lingkungan Universitas Tadulako.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Penerapan langsung ilmu pengetahuan secara teoritis yang didapatkan dari bangku perkuliahan dalam penelitian secara praktis.
2. Hasil penelitian yang dilakukan dapat menjadi salah satu referensi dalam perencanaan penerangan jalan umum berbasis photovoltaik dengan daya output yang maksimal.
3. Sebagai nilai tambah ilmu pengetahuan khususnya bidang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

## II. Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

### 2.1 Energi Terbarukan

Energi terbarukan adalah energi yang dihasilkan dari sumber alami seperti matahari, angin dan air. Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang ramah lingkungan sehingga tidak memberikan kontribusi terhadap perubahan iklim dan pemanasan global. Energi terbarukan apabila dikelola dengan

baik, maka energi tersebut tidak akan habis. Sebelum bahan bakar fosil habis, maka sektor energi terbarukan sangat perlu dikembangkan agar bisa menggantikan minyak bumi, batu bara dan gas alam.[5]

### 2.2 Energi Matahari

Matahari mempunyai fungsi dan manfaat yang sangat penting bagi bumi. Energi pancaran matahari telah membuat bumi tetap hangat bagi kehidupan, membuat udara di bumi bersirkulasi dan banyak hal lainnya. Matahari juga merupakan sumber energi (sinar panas) terbesar di bumi. Energi yang terkandung dalam batu bara dan minyak bumi sebenarnya juga berasal dari matahari. Matahari mengontrol stabilitas peredaran bumi yang juga berarti mengontrol terjadinya siang dan malam, serta mengontrol planet-planet lainnya, karena berkat adanya sinar matahari dunia ini menjadi hidup karena sinar matahari memberikan energi pada semua makhluk di bumi. Panas matahari bisa digunakan untuk mengeringkan cucian, mengeringkan hasil bumi, pertanian dan lain-lain. Energi matahari sangat atraktif karena tidak bersifat polutif, tidak akan habis dan gratis. Ada dua kelemahan dari matahari yaitu sangat halus (*dilute*) dan tidak konstan.[5]

### 2.3 Radiasi Matahari Pada Permukaan Bumi.

Intensitas radiasi matahari di luar atmosfer bumi bergantung pada jarak antara matahari dengan bumi. Tiap tahun, jarak ini bervariasi antara  $1,47 \times 10^8$  km dan  $1,52 \times 10^8$  km. Akibatnya *arridiance*  $E_0$  berfluktuasi antara  $1325 \text{ W/m}^2$  sampai  $1412 \text{ W/m}^2$ . Nilai rata-ratanya disebut sebagai solar *constant* (konstanta surya) dengan nilai  $E_0 = 1367 \text{ W/m}^2$ .

Pancaran ini tidak dapat mencapai permukaan bumi secara keseluruhan, karena beberapa faktor pengurangan oleh atmosfer bumi. Pada siang hari cuaca yang bagus, pancaran bisa mencapai  $1000 \text{ W/m}^2$ . Ada tiga macam cara radiasi matahari sampai ke permukaan bumi, yaitu :

- Radiasi langsung (*Direct Radiation*) adalah radiasi yang mencapai bumi tanpa perubahan arah atau radiasi yang diterima oleh bumi dalam arah sejajar sinar datang.
- Radiasi hambur (*Diffuse Radiation*) adalah radiasi yang mengalami perubahan akibat pemantulan dan penghamburan.
- Radiasi total (*global radiation*) adalah penjumlahan radiasi langsung (*direct radiation*) dan radiasi hambur (*Diffuse Radiation*)[5]

#### 2.4 Lampu Penerangan Jalan Umum (LPJU).



Gambar 1. Lampu Penerangan Jalan Umum

Lampu penerangan jalan umum adalah lampu yang digunakan untuk penerangan jalan di malam hari sehingga mempermudah pejalan kaki dan pengendara kendaraan dapat melihat dengan lebih jelas jalan/medan yang akan dilalui pada malam hari, sehingga dapat

meningkatkan keselamatan lalu lintas dan keamanan dari para pengguna jalan dari kegiatan aksi kriminal.[6]

Adapun fungsi lampu penerangan jalan umum antara lain :

- Menghasilkan kekontrasan antara obyek dan permukaan jalan.
- Sebagai alat bantu navigasi pengguna jalan.
- Meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, khususnya pada malam hari.
- Mendukung keamanan lingkungan.
- Memberikan keindahan lingkungan jalan.[7]

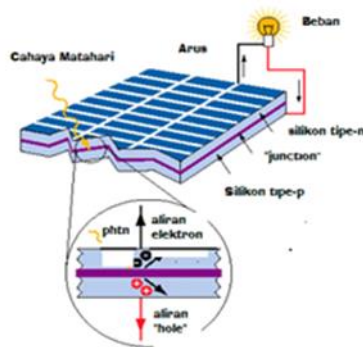
#### 2.5 Photovoltaik (PV)

- Pengertian Photovoltaik (PV)

Photovoltaik adalah alat yang dapat mengkonversi langsung sinar matahari menjadi energi listrik. Menurut bahasa, kata photovoltaik berasal dari bahasa Yunani *photos* yang berarti cahaya dan *volta* merupakan nama ahli fisika dari Italia yang merupakan tegangan listrik. Efek photovoltaik pertama kali berhasil diidentifikasi oleh seorang ahli fisika berkebangsaan Prancis *Alexandre Edmond Becquerel* pada tahun 1839. Baru pada tahun 1876, *William Grylls Adams* bersama muridnya, *Richard Evans Day* menemukan bahwa material padat selenium dapat menghasilkan listrik ketika terkena paparan sinar, dengan kata lain, arti photovoltaik yaitu proses konversi cahaya matahari secara langsung untuk diubah menjadi listrik. Photovoltaik biasa disingkat dengan PV, nama lain untuk sel photovoltaik adalah solar cell, solar panel, solar array, dan photovoltaik panel. Solar array adalah kelompok dari solar panel, dan solar panel adalah kelompok dari solar cel.[8]

### b. Prinsip Kerja Photovoltaik (PV)

Prinsip kerja photovoltaik (PV) adalah mengubah atau menkonversi energi dari radiasi matahari menjadi listrik. Sel surya yang konvensional yang tersusun pada photovoltaik bekerja dengan menggunakan prinsip P-N junction yaitu seperti junction antara semikonduktor tipe-P dan juga tipe-N. Semikonduktor ini berasal dari ikatan atom yang memiliki elektron sebagai penyusun dasarnya. Setiap semikonduktor memiliki kelebihan sendiri seperti semikonduktor tipe-N yang memiliki kelebihan electron muatan negatif, sedangkan untuk elektron tipe-P memiliki kebiasaan hole positif.[8]



**Gambar 2.** Prinsip kerja Photovoltaic

### c. Faktor Pengoperasian Modul Surya

- Temperatur udara lingkungan.

Sebuah sel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal pada 25°C. Kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada sel surya akan melemahkan tegangan  $V_{oc}$  yang dihasilkan. Setiap kenaikan temperatur panel surya 1°C (dari 25°C) akan mengakibatkan berkurang sekitar 0,4% total tenaga (daya) yang dihasilkan sel surya.

- Radiasi matahari (insolation).

Apabila jumlah energi cahaya matahari yang diperoleh sel surya (photovoltaik) berkurang atau intensitas cahayanya melemah, maka besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan juga akan menurun. Penurunan tegangan relatif lebih kecil dibandingkan penurunan arus listriknya.

- Kecepatan angin bertiup

Kecepatan angin bertiup disekitar lokasi modul photovoltaik dapat membantu mendinginkan temperatur kaca-kaca modul photovoltaic.

- Keadaan atmosfer bumi

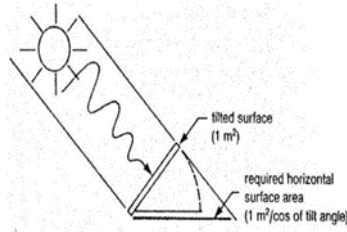
Debu yang terdapat pada lingkungan berpengaruh pada pengurangan daya dan pengurangan efisiensi pada modul photovoltaik.

- Orientasi modul surya (photovoltaik)

Orientasi modul photovoltaik ke arah matahari secara optimum penting agar modul photovoltaik dapat menghasilkan energi maksimum. Untuk lokasi yang terletak dibelahan utara maka modul photovoltaik sebaiknya diorientasikan ke selatan.

- Posisi letak modul surya terhadap matahari (tilt angle)

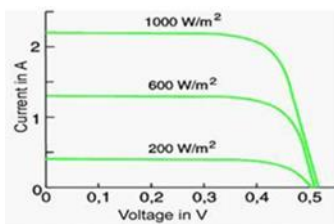
Mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan modul photovoltaik secara tegak lurus akan mendapat energi maksimum  $\pm 1000 \text{ W/m}^2$  atau  $1 \text{ kw/m}^2$ . Kalau tidak dapat mempertahankan ketegaklurusan antara sinar matahari dengan photovoltaik, maka tambahan luasan bidang modul photovoltaik dibutuhkan.[9]



**Gambar 3.** Extra luasan modul PV dalam posisi datar

**2.6 Karakteristik Tegangan Arus Pada Panel Surya**

Penggunaan tegangan dari photovoltaik bergantung dari bahan semikonduktor yang dipakai. Jika menggunakan bahan silikon maka tegangan yang dihasilkan dari setiap sel surya berkisar 0.5 Volt. Tegangan yang dihasilkan dari photovoltaik tergantung dari radiasi cahaya matahari. Untuk arus yang dihasilkan dari photovoltaik bergantung dari luminasi (kuat cahaya) matahari, seperti pada saat cuaca cerah atau mendung. Sebagai contohnya suatu cristal silikon tunggal photovoltaik dengan luas permukaan 100 cm<sup>2</sup> akan menghasilkan sekitar 1,5 Watt dengan tegangan sekitar 0.5 Volt tegangan searah dan arus sekitar 2 Ampere jika cahaya matahari dengan panas penuh (1000W/m<sup>2</sup>).[9]



**Gambar 4.** Karakteristik tegangan-arus pada photovoltaic

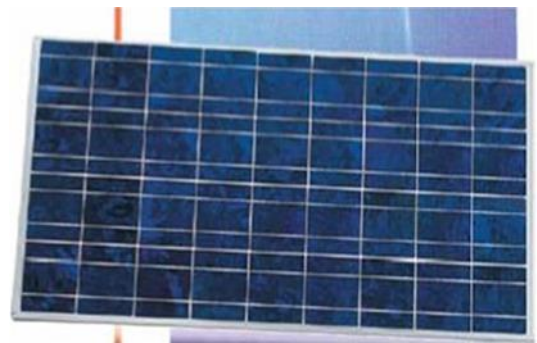
**III. Metode Penelitian**

**3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 13 September 2021 sampai dengan 19 september 2021 di Universitas Tadulako Fakultas Teknik jurusan Teknik Elektro.

**3.2 Alat dan Bahan**

1. Photovoltaik



**Gambar 5.** Photovoltaik

2. Multimeter



**Gambar 6.** Multimeter

3. Rheostat (Tahanan geser)

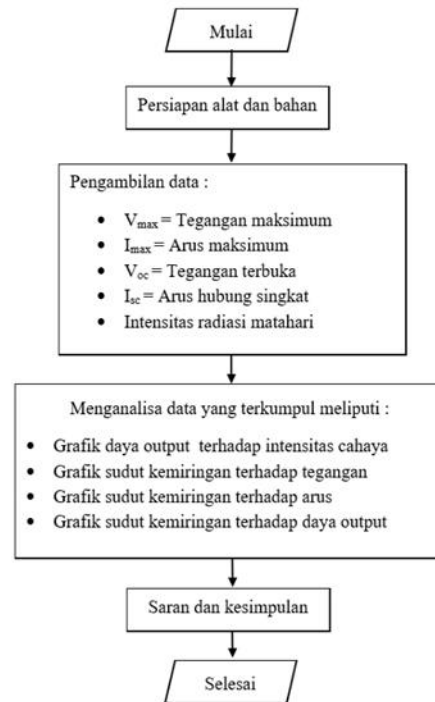


Gambar 7. Tahanan Geser

4. Solar Power Meter



Gambar 8. Solar Power Meter



Gambar 9. Diagram Alir

**3.3 Proses Penelitian**

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data di jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Pengambilan data dilakukan dari pagi hari hingga sore hari dimana dimulai dari pukul 09:00 sampai dengan 16:00 dengan interval waktu inputan setiap 1 jam sekali. Pada penelitian ini dilakukan dengan dua buah solar cell tipe monocristalline dipasang dengan kemiringan 5°, 10°, 15°, 20°, 25° dan 30° dan arah hadapan timur, selatan, barat dan utara. Adapun data yang diperlukan adalah tegangan maksimum ( $V_{max}$ ), arus maksimum ( $I_{max}$ ), tegangan terbuka ( $V_{oc}$ ), arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ) dan intensitas cahaya matahari ( $W/m^2$ ).

**3.4 Diagram Alir**

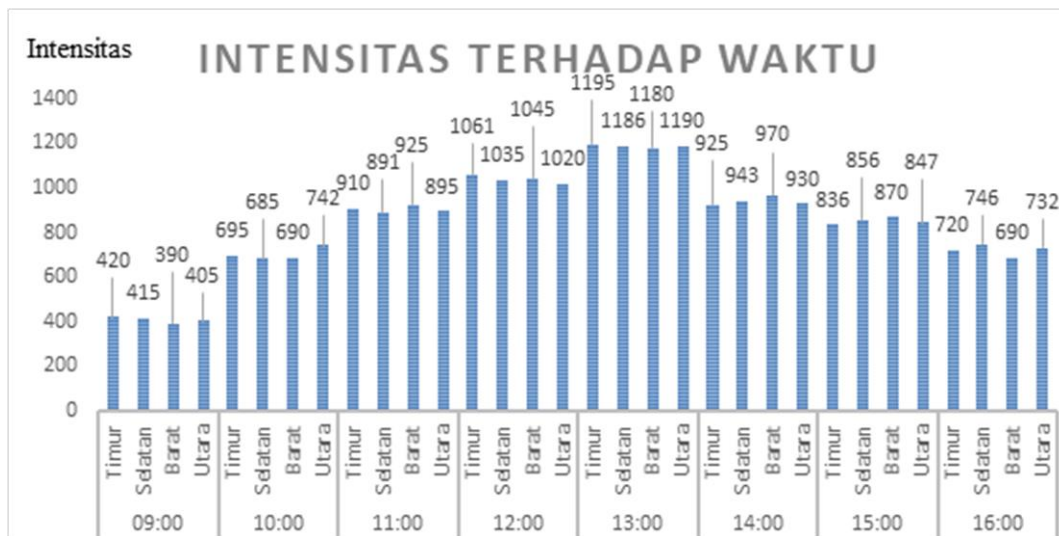
**IV. Hasil dan Pembahasan**

1. Hasil Pengukuran

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran Arus Hubung Singkat Dan Tegangan Terbuka

Waktu	Arah	Intensitas cahaya	Sudut kemiringan											
			5		10		15		20		25		30	
			Voc	Isc	Voc	Isc	Voc	Isc	Voc	Isc	Voc	Isc	Voc	Isc
09:00	Timur	420	18,51	2,41	18,21	2,43	18,05	2,46	18,81	2,51	18,52	2,55	18,15	2,59
	Selatan	415	18,36	2,35	18,34	2,19	18,97	2,25	18,57	2,26	18,71	2,33	18,22	2,41
	Barat	390	18,28	2,39	18,15	2,27	18,41	1,96	18,29	1,84	18,39	1,66	17,86	1,52
	Utara	405	18,84	2,31	18,42	2,25	18,24	2,29	18,15	2,11	18,19	2,24	17,73	2,37
10:00	Timur	695	19,28	3,31	19,32	3,35	18,62	3,39	18,57	3,43	18,95	3,46	18,77	3,52
	Selatan	685	19,53	2,95	18,93	3,01	18,38	3,19	18,62	3,27	18,43	3,31	18,17	3,38
	Barat	690	19,87	2,94	17,94	2,78	18,92	2,53	18,11	2,37	18,27	1,36	17,43	2,24
	Utara	742	19,37	2,81	18,57	3,1	18,48	3,28	18,3	3,31	18,24	3,37	17,28	3,41
11:00	Timur	910	18,75	4,23	18,53	3,86	18,61	3,77	18,55	3,51	18,31	3,68	18,47	3,73
	Selatan	891	18,88	3,92	18,58	3,51	18,87	3,59	18,73	3,44	18,44	3,21	18,25	3,01
	Barat	925	18,95	4,19	18,06	3,91	18,19	3,55	18,12	4,38	17,94	3,61	18,43	4,23
	Utara	895	18,55	3,73	18,52	3,59	18,41	3,48	18,09	3,31	18,28	3,15	18,85	2,91
12:00	Timur	1061	18,96	4,88	18,73	4,72	18,53	4,66	18,01	4,52	18,84	4,41	18,27	4,31
	Selatan	1035	18,19	4,53	18,42	4,51	18,29	4,46	18,43	4,41	18,47	4,37	18,51	4,31
	Barat	1045	18,35	4,85	18,31	4,61	18,51	4,56	18,36	4,42	18,38	4,36	18,22	4,02
	Utara	1020	18,73	4,66	18,26	4,59	18,49	4,55	18,77	4,51	18,11	4,49	18,88	4,45
13:00	Timur	1195	19,28	4,63	18,31	4,51	18,12	4,76	17,91	4,53	18,67	4,41	17,91	4,38
	Selatan	1186	19,42	4,53	18,65	4,42	18,63	4,32	18,57	4,26	19,03	4,15	18,57	3,92
	Barat	1180	19,66	4,75	18,57	4,77	18,62	4,65	18,65	4,69	19,01	4,75	18,65	4,81
	Utara	1190	19,31	4,74	18,64	4,58	18,61	4,46	18,51	4,37	18,72	4,24	18,75	4,16
14:00	Timur	925	18,92	3,87	18,06	3,76	18,73	3,53	17,85	3,46	17,43	3,27	17,32	3,11
	Selatan	943	18,56	3,82	18,52	3,73	18,14	3,88	18,42	3,71	18,31	3,68	18,42	3,55
	Barat	970	18,73	4,42	19,01	4,43	18,34	4,48	18,67	4,51	18,83	4,55	18,43	4,58
	Utara	930	18,41	3,85	18,35	3,68	18,66	3,73	18,27	3,69	18,11	3,53	17,84	3,47
15:00	Timur	836	18,47	3,65	18,25	3,63	18,43	3,53	18,21	3,48	18,35	3,35	18,38	3,27
	Selatan	856	18,53	3,58	18,66	3,55	18,58	3,48	18,44	3,43	18,49	3,39	18,31	3,35
	Barat	870	18,26	3,79	18,19	3,86	18,27	3,91	18,02	3,98	18,38	4,11	18,27	4,21
	Utara	847	18,58	3,52	18,35	3,51	18,14	3,45	18,37	3,41	18,13	3,33	18,46	3,31
16:00	Timur	720	18,25	3,11	18,11	2,98	18,48	2,91	18,38	2,84	17,85	2,77	18,17	2,52
	Selatan	746	18,34	3,21	17,95	2,95	18,14	2,84	18,22	2,75	17,77	2,68	17,88	2,53
	Barat	690	18,45	3,31	18,34	3,34	18,36	3,37	18,16	3,45	17,92	3,48	17,96	3,55
	Utara	732	18,51	3,18	18,41	2,81	18,28	2,77	17,86	2,62	18,01	2,58	17,28	2,41

2. Grafik Intensitas Terhadap Waktu



**Gambar 10.** grafik intensitas terhadap waktu



3. Analisa

Setelah melakukan pengambilan data tegangan dan arus hubung singkat pada masing-masing sudut dan arah hadapan yang telah ditentukan, selanjutnya dilakukan analisa untuk memperoleh hasil perbandingan dari beberapa sudut dan arah hadapan yang telah ditentukan.

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan terlihat bahwa tegangan output tertinggi yaitu 18,82V pada posisi arah hadapan ke barat dengan sudut kemiringan 5°. Arus hubung singkat

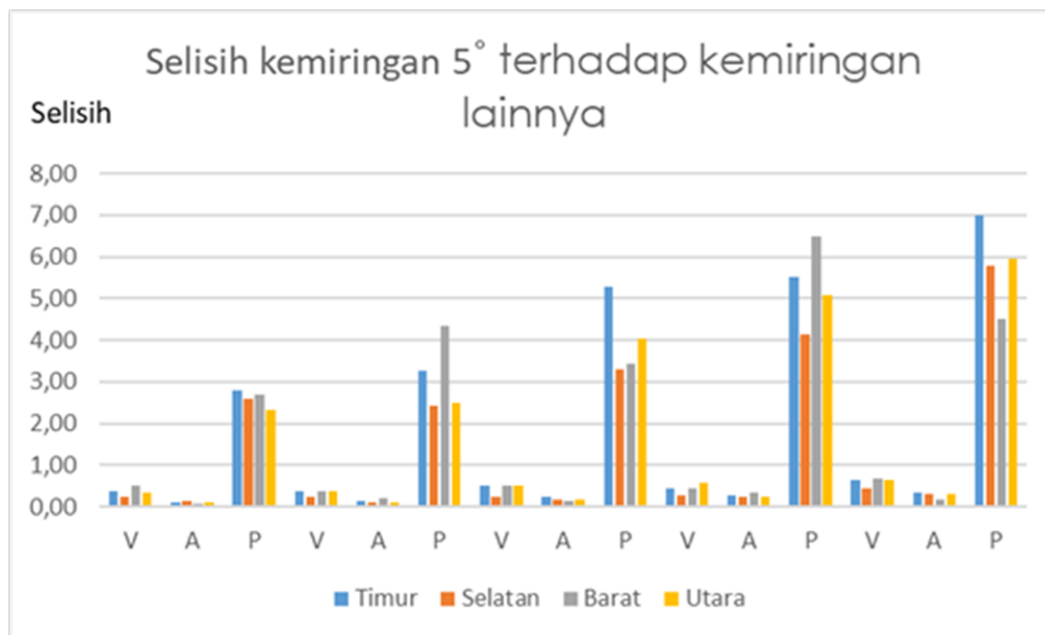
posisi arah hadapan ke barat dengan sudut kemiringan 5°.

Selisih tegangan output, arus hubung singkat dan daya output antara arah hadapan ke barat kemiringan 5° dengan arah hadapan dan kemiringan yang lainnya dapat dilihat pada tabel dibawah:

Kemiringan dan arah hadapan yang terbaik adalah pada pemasangan kemiringan 5° ke arah barat. Pada posisi ini photovoltaic dapat menerima intensitas cahaya matahari yang maksimal karena pergerakan titik azimuth matahari dari

**Tabel 2.** Selisih hasil pengukuran 5° dengan kemiringan lainnya.

Arah	Sudut kemiringan														
	10			15			20			25			30		
	Voc	Isc	Pout	Voc	Isc	Pout	Voc	Isc	Pout	Voc	Isc	Pout	Voc	Isc	Pout
Timur	0,36	0,11	2,81	0,36	0,14	3,27	0,52	0,23	5,29	0,44	0,27	5,51	0,62	0,33	7,01
Selatan	0,22	0,13	2,58	0,23	0,11	2,44	0,23	0,17	3,29	0,27	0,22	4,13	0,44	0,30	5,80
Barat	0,50	0,08	2,67	0,37	0,20	4,34	0,52	0,13	3,44	0,43	0,35	6,47	0,66	0,19	4,51
Utara	0,35	0,09	2,31	0,37	0,10	2,49	0,50	0,18	4,05	0,56	0,23	5,08	0,65	0,29	5,94



**Gambar 11.** Grafik Selisih Kemiringan 5° Terhadap Kemiringan Lainnya

tertinggi yaitu 3,83A pada posisi arah hadapan ke barat dengan sudut kemiringan 5°. Daya output tertinggi yaitu 47,97 pada

arah timur ke arah barat dan perbandingan intensitas cahaya matahari pada pagi hari lebih kecil dibandingkan sore hari. Intensitas cahaya matahari pada jam 09:00

sampai dengan jam 12:00 yaitu mulai dari 420 W/m<sup>2</sup> sampai dengan 1020 W/m<sup>2</sup>. Intensitas cahaya matahari pada jam 12:00 sampai dengan jam 16:00 yaitu mulai dari 720W/m<sup>2</sup> sampai dengan 1195W/m<sup>2</sup>. Selain itu Indonesia berada pada lintasan garis khatulistiwa sehingga Indonesia tergolong sebagai daerah tropis.

## V. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pembahasan pengaruh kemiringan dan arah hadapan pemasangan photovoltaic penerangan jalan umum (PJU) di Universitas Tadulako terhadap daya output, maka dapat ditarik kesimpulan antara lain:

1. Dari hasil analisa berdasarkan perbandingan data dari beberapa sudut kemiringan dan arah hadapan, tegangan output tertinggi yaitu 18,82 V pada posisi arah hadapan ke barat dengan sudut kemiringan 5°.
2. Arus output tertinggi yaitu 3,82 A pada posisi arah hadapan ke barat dengan sudut kemiringan 5°.
3. Daya output tertinggi yaitu 47,97 W pada posisi arah hadapan ke barat dengan sudut kemiringan 5°.
4. Dari hasil pengukuran dan perhitungan, perbedaan tegangan output, arus output dan daya output antara beberapa sudut kemiringan sangat kecil hal ini dikarenakan Indonesia terletak pada lintas garis khatulistiwa sehingga Indonesia tergolong sebagai daerah tropis.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengambilan data secara manual yang dilakukan selama tujuh jam sehari selama satu hari terlihat tingkat ketelitiannya masih kurang, disarankan pengambilan data menggunakan data logger agar tingkat

ketelitiannya semakin tinggi dan lama waktu pengambilan data ditambah agar data perbandingannya semakin terlihat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Natsir, Muh Nasrullah. 2015 *System Monitoring Penjejak (Tracking) Arah Sinar Matahari Berbasis Mikrokontroler Atmega 32*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas. Palu.
- [2] Yafet & Roy, Yusran. 2017. *Analisa Efisiensi Photovoltaic Menggunakan Reflector Cermin Dan Stainless Steel*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Palu.
- [3] Tenta, Deflin & Hadi, Purnomo. 2017. *Evaluasi Penerangan Lampu Jalan Umum Berbasis PLTS Dilingkungan Universitas Tadulako*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Palu.
- [4] Sam, Alimuddin & Patabang, Daud. 2005. *Studi Potensi Energi Angin di Kota Palu Untuk Membangkitkan Energi Listrik* dalam jurnal SMARTek Vol 3, Nomor 1 (halaman 21-26). Palu: Universitas Tadulako.
- [5] Isnan, Abdul Rahman. 2017. *Estimasi Radiasi Matahari Per Jam Pada Permukaan Horizontal Dengan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) Study Kasus Di Surabaya*. Departemen Teknik Fisika. Fakultas Teknologi Industry. Institute Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- [6] SNI 7391. 2008. *Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

- 
- [7] SNI 04-225. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- [8] Purnamasari, Ratih & Iswadi. 2016. *Perbandingan Output Photovoltaic Kawasan Tinggi Polusi Dan Rendah Polusi*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Palu.
- [9] Dulah, Idrus. 2014. *Perbandingan Output Panel Photovoltaic Yang Diam Dan Panel Photovoltaic Yang Ditracking*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Palu.