

Analisa Hubungan Seri Dan Paralel Terhadap Karakteristik Solar Sel Di Kota Medan

Matoga Siregar¹, Noorly Evalina², Cholish^{3*}, Abdullah⁴, Moh. Zainul Haq⁵

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik

^{1,2} Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Jl. Kapten Mochtar Basri No.3, 20238 Medan Sumatera Utara, Indonesia

^{3,4,5} Politeknik Negeri Medan

Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, 20155 Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia

e-mail: cholish@polmed.ac.id

Abstrak — Sel surya merupakan energi listrik terbarukan, dengan adanya potensi sinar matahari yang umumnya merata dan tersedia sepanjang tahun, dimana radiasi surya rata-rata sekitar 4,5 kwh/m² sangat berpotensi dimanfaatkan sebagai pendukung kebutuhan energi listrik kita. Sel surya dapat dimodelkan dengan bentuk paralel ataupun seri, jika sel surya dirangkai seri tegangan akan berubah sementara arus tetap dan jika diparalel tegangan tetap arusnya berbeda. Bentuk karakteristik tersebut dipengaruhi cahaya matahari. Perubahan tegangan sel surya yang dirangkai seri jika cahaya cerah 39.6V namun jika sel surya diparalel 19.8V. Sementara arus keluaran maksimal jika sel surya dirangkai paralel 2.45A dan jika diseri 1.78A. Dari data diatas disimpulkan bahwa selisih perbandingan antara tegangan sel surya yang dihubungkan seri terhadap paralel adalah 100.05% dimana tegangan pada hubungan seri lebih besar sedangkan selisih perbandingan arus antara seri dan paralel adalah 83.19% dimana arus pada hubungan paralel lebih optimal.

Kata kunci : Sel Surya, Karakteristik Arus-Tegangan, Rangkaian Seri-Paralel.

Abstract — *Solar cells are renewable electrical energy, with the potential for sunlight that is generally even and available throughout the year, where the average solar radiation of around 4.5 kwh / m² has the potential to be used as a support for our electricity needs. Solar cells can be modeled in parallel or in series, if the series solar cell voltage is changed while the current is constant and if the parallel is fixed the voltage is different. The characteristic shape is influenced by sunlight. Changes in the voltage of the solar cell are arranged in series if the light is 39.6V bright but if the solar cell is paralleled 19.8V. While the output current is maximum if the solar cell is arranged in parallel 2.45A and if it is transmitted 1.78A. From the data above, it can be concluded that the difference in the ratio between the voltage of the solar cell in series and parallel is 100.05% where the voltage in the series relationship is greater while the difference in the current ratio between series and parallel is 83.19% where the current in the parallel relationship is more optimal.*

Keywords : *Solar Cells, Current-Voltage Characteristics, Series-Parallel Circuits.*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik terus menerus meningkat. Sedangkan sumber daya dan bahan bakar seperti fosil, minyak bumi, gas dan batu bara sudah tidak mampu lagi menopang kebutuhan energi kita [1]. Untuk itu dibutuhkan energi alternatif dalam rangka penghematan energi. Karena Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak di garis katulistiwa maka Indonesia memiliki potensi yang besar untuk mengembangkan energi terbarukan berupa energi surya. Energi surya merupakan energi yang sangat dinantikan oleh banyak kalangan karena ramah lingkungan dan juga mudah didapatkan dari alam [2]. Berdasarkan potensi energi matahari yang ada di Indonesia maka solar sel hadir sebagai sumber alternatif pembangkit energi listrik, selain ramah lingkungan solar sel juga mudah dalam perawatan bahkan dampak akan polusi yang ditimbulkan sangat

kecil [3]. Dalam sebuah modul solar sel terdiri dari beberapa sel, untuk mendapatkan daya listrik yang banyak maka sel-sel tersebut dihubungkan seri [4]. Dan untuk mendapatkan tegangan yang besar maka sel tersebut dihubungkan paralel [5]. Adapun dengan mengkombinasikan hubungan seri dan paralel pada solar sel maka hasilnya akan lebih maksimum daripada menggunakan hubungan seri saja ataupun paralel saja [6].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sel Surya

Solar cell atau panel surya adalah alat untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik [7]. Photovoltaic adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. PV biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul.

Material panel surya yang paling banyak digunakan terbuat dari bahan *crystalline*. Panel sel surya terdiri dari photovoltaic, yang menghasilkan listrik dari intensitas cahaya, saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) arus listrik yang dihasilkan juga akan berkurang. Dengan menambah panel sel surya (memperluas) berarti menambah konversi tenaga surya. Umumnya panel sel surya dengan ukuran tertentu memberikan hasil tertentu pula. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel.

B. Rangkaian Seri Solar Sel

Penyusunan seri akan meningkatkan tegangan tetapi arus konstan [8]. Tegangan total yang dihasilkan adalah penjumlahan dari tegangan yang dihasilkan oleh modul ($V_{oc1}+V_{oc2}$), hal ini sesuai dengan hukum Kirchoff. Hubungan seri solar sel diperoleh dengan menghubungkan terminal positif (+) sel surya pertama dengan terminal negative (-) yang baru, untuk mempermudah pemahaman, solar sel dapat diibaratkan sebagai baterai yang dihubungkan seri [9]. Dari hubungan seri ini didapat : Tegangan solar sel dijumlahkan apabila terhubung seri (untuk mendapatkan jumlah tegangan yang lebih besar) .

$$V_{total}=V_{sel1}+V_{sel2}+V_{sel3} \dots\dots\dots (1)$$

Arus sel surya sama apabila dihubungkan seri satu sama lain

$$I_{total}=I_1=I_2= I_3,\dots\dots\dots (2)$$

C. Rangkaian Paralel Solar Sel

Susunan paralel sel surya dapat meningkatkan arus tetapi tegangan tetap [8]. Arus total yang dihasilkan adalah penjumlahan dari arus yang dihasilkan modul ($I_1 + I_2$) hal merujuk pada hukum kirchoff. Gambar Untuk rangkaian yang tersambung secara paralel seperti diperlihatkan gambar dibawah ini, *Kirchoff Current Law* menyatakan bahwa arus (I) yang akan memasuki titik simpul utama adalah sama dengan jumlah dari ketiga arus yang meninggalkan simpul melalui cabang – cabangnya [9]. Rangkaian paralel sel surya di dapat apabila terminal kutub positif dan negative sel surya dihubungkan satu sama lain. Maka tegangan sel surya yang dihubungkan paralel sama dengan satu sel surya

$$U_{total} = U_1 = U_2 = U_3 = U_n \dots\dots\dots (3)$$

Arus yang timbul langsung dijumlahkan

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3 + I_n \dots\dots\dots (4)$$

Apabila ketiga elemennya adalah resistansi, maka :

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \dots\dots\dots (5)$$

D. Prinsip kerja sel surya

Prinsip kerja dari panel surya adalah jika cahaya matahari mengenai panel surya, maka elektron – elektron yang ada pada sel surya akan bergerak dari N ke P, sehingga pada terminal keluaran dari panel surya akan menghasilkan energi listrik. Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya berbeda – beda tergantung dari jumlah sel surya yang dikombinasikan didalam panel surya tersebut. Keluaran dari panel surya ini adalah berupa listrik arus searah (DC) yang besar tegangan keluarannya tergantung dengan jumlah sel surya yang dipasang didalam panel surya dan banyaknya sinar matahari yang menyinari panel surya tersebut. Keluaran dari panel surya ini sudah dapat digunakan langsung ke beban yang memerlukan sumber tegangan DC dengan konsumsi arus yang kecil. Agar energi listrik yang dihasilkan juga dapat digunakan pada kondisi – kondisi seperti pada malam hari (kondisi saat panel surya tidak disinari cahaya matahari), maka keluaran dari panel surya ini harus di hubungkan ke sebuah media penyimpanan (storage). Dalam hal ini adalah baterai. Tetapi ini tidak langsung dihubungkan begitu saja dari panel surya ke baterai, tetapi harus dihubungkan ke rangkaian solar charger controller, dimana didalam rangkaian tersebut terdapat rangkaian pengisi Baterai otomatis (Automatic charger). Fungsi dari solar charger controller ini adalah untuk meregulasi tegangan keluaran dari panel surya dan mengatur arus yang masuk ke baterai secara otomatis. Selain itu solar charger controller berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan arus dari panel surya ke baterai secara otomatis dan juga berfungsi untuk memutuskan aliran arus dari baterai ke beban bila terjadi hubung singkat ataupun beban yang berlebihan. Panel Surya sebenarnya dapat langsung digunakan tanpa diberi rangkaian solar charger controller ataupun baterai, tetapi ini tidak dilakukan karena dapat membebani kinerja dari panel (akibat adanya beban yang berlebihan) sehingga akan terjadi kerusakan yang fatal pada panel surya tersebut. Selain itu solar charger controller ini juga berfungsi untuk mengamankan dari terjadinya kelebihan beban dari panel surya sehingga panel surya tidak cepat rusak. Jika kita menginginkan hasil keluaran listrik dari PLTS ini berupa listrik arus bolak-balik (AC) maka PLTS yang sudah dapat mengeluarkan listrik arus searah (DC) ini harus dihubungkan ke sebuah rangkaian elektronik / modul elektronik yang bernama Inverter DC – AC [10].

E. Karakteristik solar sel

Arus yang dihasilkan sel surya tergantung pada tegangan sel surya. Karakteristik arus-tegangan biasanya menunjukkan hubungan tersebut. Ketika sel surya hubung pendek (*short circuit current*) atau I_{sc} yang sebanding dengan irradiansi terhadap sel surya dapat diukur. Nilai I_{sc} naik dengan meningkatnya temperatur, meskipun temperatu standar yang tercatat

untuk arus rangkaian pendek adalah 250°C. Jika arus sel surya sama dengan nol, sel surya tersebut digambarkan sebagai “rangkaian terbuka”. Tegangan sel surya kemudian menjadi tegangan rangkaian terbuka, *Voc* (*open circuit voltage*). Ketergantungan *Voc* terhadap iradiansi bersifat logaritmis, dan penurunan yang lebih cepat disertai peningkatan temperatur melebihi kecepatan kenaikan *Isc*. Oleh karena itu daya maksimum sel surya dan efisiensi sel surya menurun dengan peningkatan temperatur ada sel surya. Peningkatan temperatur 250°C akan mengakibatkan daya menurun sekitar 10% [11].

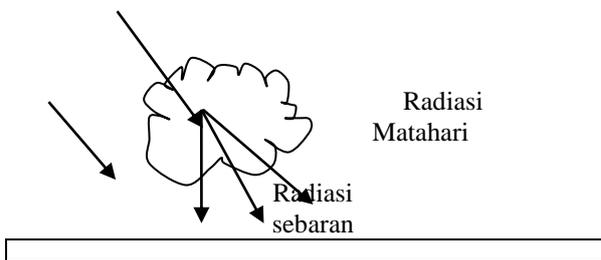
$$\eta = \frac{\text{output}}{\text{input}} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

keterangan :

- η :efisiensi solar sel (%)
- IMPP :Arus maksimum power point
- VMPP :Tegangan maksimum power point

F. Radiasi Matahari Terhadap Permukaan Bumi

Radiasi matahari yang tersedia di luar atmosfer bumi atau sering disebut konstanta radiasi matahari sebesar 1353 W/m² dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang-gelombang pendek (ultraviolet) sedangkan karbon dioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang gelombang yang lebih panjang (inframerah). Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung atau sorotan oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipencarkan oleh molekul-molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi yang disebut sebagai radiasi sebaran seperti terlihat pada gambar (Jansen, 1995).



Gambar 1. Radiasi matahari mengenai permukaan bumi [12]

Dengan adanya faktor-faktor diatas menyebabkan radiasi yang diterima permukaan bumi memiliki intensitas yang berbeda-beda setiap saat. Besarnya radiasi harian yang diterima permukaan bumi ditunjukkan pada grafik gambar 2.6. Pada waktu pagi dan sore radiasi yang sampai permukaan bumi intensitasnya kecil. Hal ini disebabkan arah sinar matahari tidak tegak lurus dengan permukaan bumi (membentuk sudut tertentu) sehingga sinar matahari mengalami peristiwa difusi oleh atmosfer bumi.

III. METODE

Penelitian dan perancangan serta penyelesaian penulisan laporan tugas akhir “Analisa Hubungan Seri Dan Paralel Terhadap Karakteristik Solar Sel” dilakukan di Jl. Pd. Surya Blk. VI 211-203 Helvetia Tim., Kec. Medan Helvetia, Kota Medan, Sumatera Utara kota Medan pada koordinat 3.613457, 98.660570 pengukuran dilakukan secara manual dengan menggunakan panel surya Spesifikasi Sel Surya Seri Sspp 20w/12v

Instalasi Rangkaian Seri Solar Sel

Untuk mendapatkan tegangan dan arus keluaran solar sel yang dihubung seri maka pastikan kabel positif (+) dari panel satu terhubung ke kabel negatif (-) panel dua kemudian diukur keluaran dari kedua panel tersebut dengan menggunakan multimeter.



Gambar 2. Gambar Rangkaian Seri panel surya

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Tegangan rangkaian Seri Panel surya

Waktu	Tegangan (V) 13 Agustus	Tegangan (V) 14 Agustus	Tegangan (V) 15 Agustus
11:00	39.5	37.7	37.6
11:15	39.1	37.97	38.8
11:30	39.6	37.74	39.1
11:45	39	37.5	37.8
12:00	39	37.6	37.7
12:15	39.1	37.6	37.63
12:30	39	37.7	37.57
12:45	38.9	37.88	37.52
13:00	39	37.2	37.61

Data hasil pengukuran dilakukan pada cuaca panas terik dengan intensitas pencahayaan matahari penuh. Pengukuran dilakukan dengan multi meter digital dengan melakukan pengukuran secara manual dan dengan kondisi yang sebenarnya pada lokasi pengukuran panel surya tersebut.

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Arus rangkaian Seri Panel surya

Waktu	Arus (I) 13 Agustus	14 Agustus	Arus (I) 15 Agustus
11:00	0.78	1.78	0.215
11:15	0.515	1.151	0.445
11:30	0.467	1.12	0.661
11:45	0.453	1.123	0.782
12:00	0.39	1.166	1.067
12:15	0.385	1.168	1.078
12:30	0.376	1.141	1.089
12:45	0.335	1.122	1.022
13:00	0.354	1.079	0.921

Instalasi Rangkaian Paralel Solar Sel untuk mendapatkan tegangan dan arus keluaran dari solar sel yang dihubungkan paralel maka pastikan kabel positif (+) dari panel satu terhubung ke kabel positif (+) panel dua, lalu kabel negatif pada panel satu (-) terhubung dengan kabel negatif (-) panel dua. Setelah rangkaian disusun dengan baik maka kemudian diukur keluaran dari kedua panel tersebut dengan menggunakan multimeter.



Gambar 3. Gambar Rangkaian Paralel panel surya

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran Tegangan rangkaian Paralel Panel surya

Waktu	Tegangan (V)	Tegangan (V)	Tegangan (V)
-------	--------------	--------------	--------------

	13 Agustus	14 Agustus	15 Agustus
11:00	19.56	18.84	18.49
11:15	19.58	19.43	18.93
11:30	19.8	19.28	18.94
11:45	19.51	19.08	18.79
12:00	19.53	18.8	18.76
12:15	19.58	18.84	18.85
12:30	19.57	18.77	18.91
12:45	19.49	18.81	18.9
13:00	19.54	18.79	18.6

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Arus rangkaian Paralel Panel surya

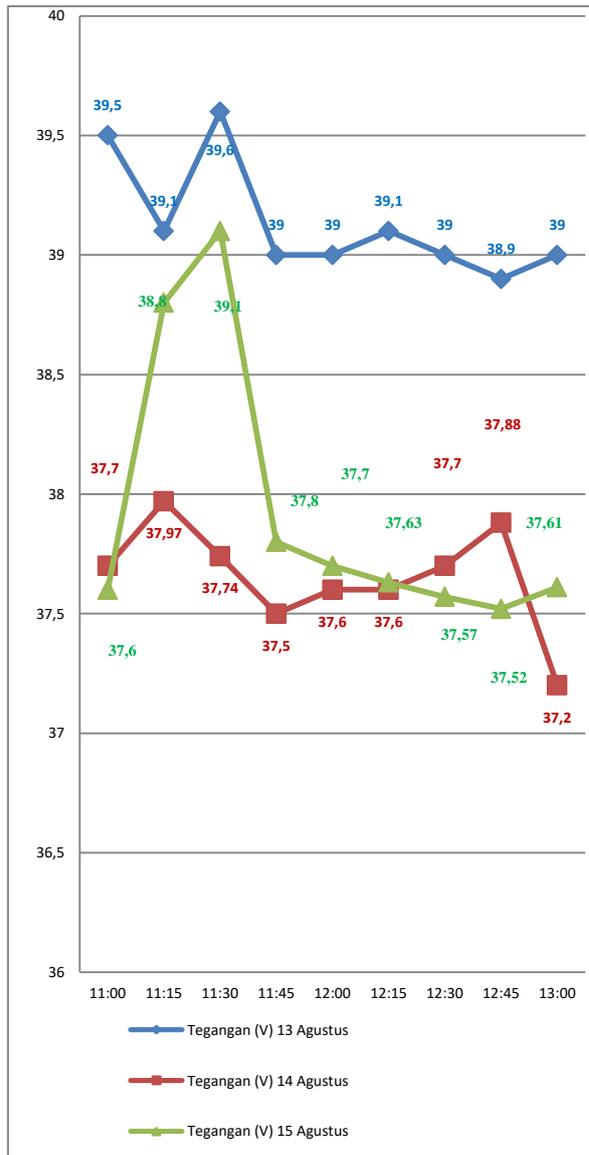
Waktu	Arus (I) 13 Agustus	Arus (I) 14 Agustus	Arus (I) 15 Agustus
11:00	0.39	2.215	0.434
11:15	0.39	2.243	0.816
11:30	0.927	2.27	1.219
11:45	0.908	2.214	1.574
12:00	0.78	2.257	2.054
12:15	0.767	2.291	2.038
12:30	0.744	2.238	2.106
12:45	0.666	2.197	2.45
13:00	0.707	1.98	1.736

Pengukuran dengan sistem paralel memberikan hasil yang meningkat pada nilai arus yang memberikan hasil yang cukup baik sehingga dapat menjadi acuan oleh panel surya dalam melakukan pelayanan pembebanan yang cukup tinggi. Hal ini berbeda dengan metode perancangan seri yang dimana menghasilkan nilai tegangan yang tinggi apabila dibandingkan dengan sistem paralel sehingga perlu adanya modifikasi dalam melakukan sistem rancangan yang digunakan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

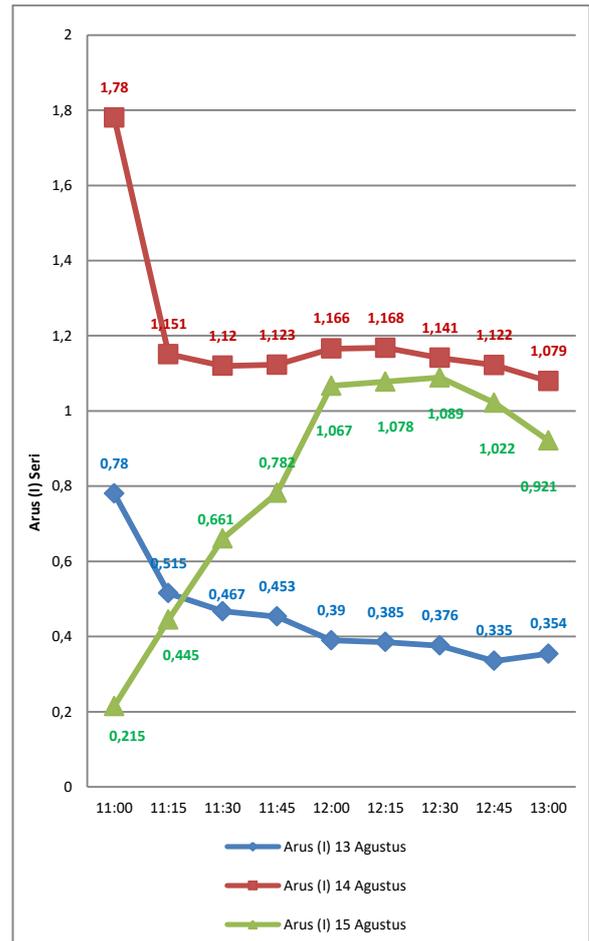
Hasil penelitian dilakukan perbandingan berdasarkan pengukuran hasil selama tiga hari pada

lokasi pengambilan data dan memperlihatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik Tegangan Rangkaian Seri Terhadap Waktu

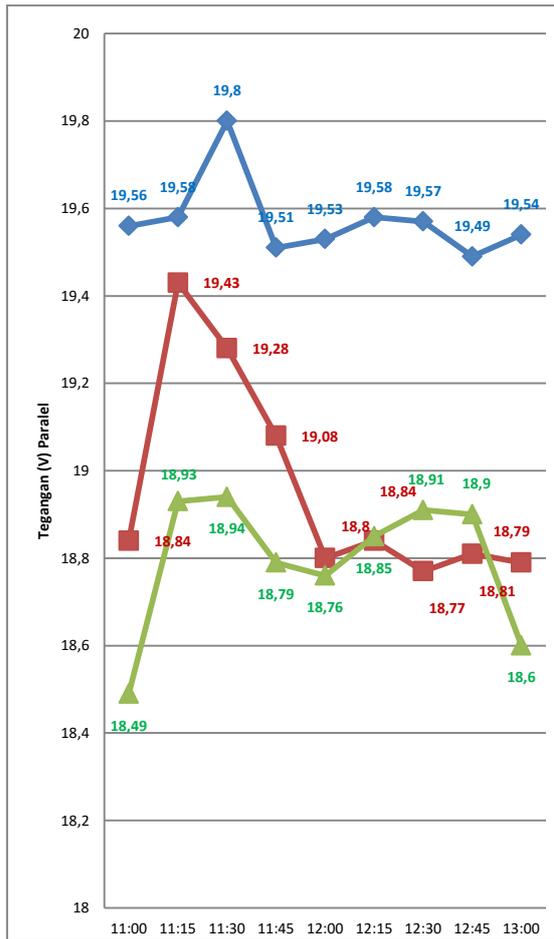
Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa tegangan (V) yang dihasilkan panel surya yang dihubung seri berkisar antara 39,6 V – 37,2V. tegangan tertinggi diperoleh pada tgl 13 agustus sedangkan tagangan minimum diperoleh pada tanggal 14 agustus. Tegangan tertinggi disebabkan intensitas cahaya yang tinggi dengan kondisi pencahayaan sangat terik sedangkan nilai minimum diperoleh saat cuaca berawan



Gambar 5. Grafik Arus Rangkaian Seri Terhadap Waktu

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa arus (I) yang dihasilkan panel surya yang dihubung seri berkisar antara 1,78 A – 0,215 A. arus tertinggi diperoleh pada tgl 14 agustus sedangkan arus minimum diperoleh pada tanggal 15 agustus. Arus tertinggi disebabkan suhu yang tinggi dengan kondisi aliran udara yang cukup baik sehingga mampu menekan suhu permukaan panel surya sedangkan nilai minimum diperoleh saat suhu udara sangat tinggi.

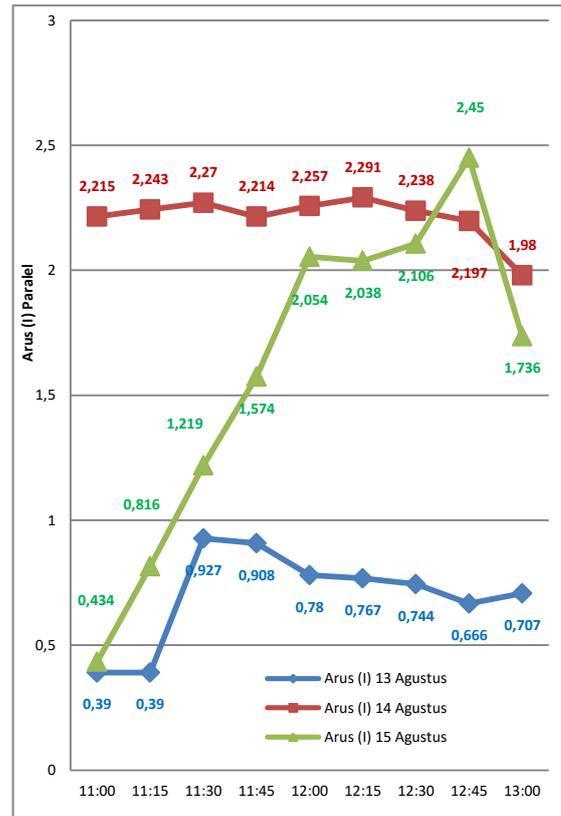
Pengaruh suhu dan intensitas sangat berpengaruh pada hasil keluaran panel surya yang diperlihatkan berdasarkan penelitian yang dilakukan. Tingginya intensitas cahaya dapat mempengaruhi nilai tegangan begitupula dengan suhu udara yang mempengaruhi nilai arus keluaran. Pada rangkaian seri nilai tegangan memperlihatkan hasil yang cukup baik dari pada nilai keluaran arus yang mampu mendekati hasil yang cukup baik pada peluaran optimal panel surya tersebut



Gambar 6. Grafik Tegangan Rangkaian Paralel Terhadap Waktu

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa tegangan (V) yang dihasilkan panel surya yang dihubung paralel berkisar antara 19,8 V – 18,49V. tegangan tertinggi diperoleh pada tgl 13 agustus sedangkan tagangan minimum diperoleh pada tanggal 15 agustus. Tegangan tertinggi disebabkan intensitas cahaya yang tinggi dengan kondisi pencahayaan sangat terik sedangkan nilai minimum diperoleh saat cuaca berawan.

Perbandingan sangat signifikan diperlihatkan saat pengukjuran manual pada rangkaian seri terhadap rangkaian paralel. Perbandingan hasil hampir mencapai 90 % pada perbedaan rangkaian seri terhadap rangkaian paralel



Gambar 7. Grafik Arus Rangkaian Paralel Terhadap Waktu

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa arus (I) yang dihasilkan panel surya yang dihubung seri berkisar antara 2,45 A – 0,39 A. arus tertinggi diperoleh pada tgl 15 agustus sedangkan arus minimum diperoleh pada tanggal 13 agustus. Arus tertinggi disebabkan suhu yang tinggi dengan kondisi aliran udara yang cukup baik sehingga mampu menekan suhu permukaan panel surya sedangkan nilai minimum diperoleh saat suhu udara sangat tinggi.

Pengaruh suhu dan intensitas sangat berpengaruh pada hasil keluaran panel surya yang diperlihatkan berdasarkan penelitian yang dilakukan. Tingginya intensitas cahaya dapat mempengaruhi nilai tegangan begitupula dengan suhu udara yang mempengaruhi nilai arus keluaran. Pada rangkaian seri nilai tegangan memperlihatkan hasil yang cukup baik dari pada nilai keluaran arus yang mampu mendekati hasil yang cukup baik pada peluaran optimal panel surya tersebut

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut. Sel surya yang dihubung seri dapat membangkitkan tegangan maksimal 39.6V sementara tegangan minimalnya 37.2V. Arus maksimal pada masing-masing cabang adalah 1.78A dan arus minimalnya adalah 0.215A. Dan bila sel surya dihubung paralel tegangan maksimal yang dibangkitkan sebesar 19.8V dan tegangan minimalnya sebesar 18.49V sementara besar arus maksimal yang disalurkan adalah 2.45A dan arus minimalnya sebesar 0.39A.

Tegangan rata-rata yang dihasilkan oleh panel surya hubungan seri adalah 38.23V dan arus rata-rata pada hubungan seri 0.821A. Adapun tegangan rata-rata yang dihasilkan panel surya hubungan paralel adalah 19.11V dan arus rata-rata pada hubungan paralel 1.504A. Dari data diatas dapat diketahui selisih perbandingan tegangan antara hubungan seri dan paralel adalah 49.98% dimana tegangan pada hubungan seri lebih besar dibandingkan hubungan paralel. Selisih perbandingan arus pada hubungan seri dan paralel adalah 83.19% dimana arus pada hubungan paralel lebih besar daripada hubungan seri.

Untuk penganmangan lebih lanjut dari skripsi ini diberikan saran-saran sebagai berikut. Penambahan beban pada solar sel agar solar sel tersebut lebih sempurna dan dapat diaplikasikan langsung oleh masyarakat.

Mengkombinasikan solar sel secara seri lalu diparalelkan agar kuluaran dari solar sel itu lebih optimal.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Swami, "Solar Cell," *Int. J. Sci. Res. Publ.*, Vol. 2, No. 7, P. 5, 2012.
- [2] H. Hasan, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *J. Ris. Dan Teknol. Kelaut.*, Vol. 10, No. 2, Pp. 169–180, 2012.
- [3] D. A. N. Ramah And L. Di, "Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif Yang Effisien, Handal Dan Ramah Lingkungan Di Indonesia," *Energi Matahari, Sumber Energi Altern. Yang Effisien, Handal Dan Ramah Lingkungan. Di Indones.*, Pp. 31–35.
- [4] A. Al Tarabsheh, M. Akmal, And M. Ghazal, "Series Connected Photovoltaic Cells-Modelling And Analysis," *Sustain.*, Vol. 9, No. 3, 2017.
- [5] A. Karina And S. Satwiko, "Studi Karakteristik Arus-Tegangan (Kurva I-V) Pada Sel Tunggal Polikristal Silikon Serta Pemodelannya," *Pros. Pertem. Ilm. Xxv Hfi Jateng Diy*, No. 1, Pp. 163–166.
- [6] M. Dirgantara, U. P. Raya, M. Saputra, P. Aulia, And H. Syafutra, "Diode With Series And Shunt Resistance Solar Cell Model Simulation Based On Variations Of Radiation Intensity , Temperature , And Composition In Module Simulasi Sel Surya Model Dioda Dengan Hambatan Seri Dan Hambatan Shunt," *Simulasi Sel Surya Model Dioda Dengan Hambatan Seri Dan Hambatan Shunt Berdasarkan Variasi Intensitas Radiasi, Temp. Dan Susunan Modul M.*, No. May 2014, 2012.
- [7] J. Teknik, M. Fakultas, T. Universitas, And K. U. Tembalang, "Peningkatan Efisiensi Modul Surya 50 Wp Dengan Penambahan Reflektor," *Semin. Nas. Sains Dan Teknol. Ke-2*, Pp. 45–50, 2011.
- [8] Safrizal, "Rancangan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Listrik Pada Gedung Fakultas Sains Dan Teknologi Unisnu Jepara Safrizal," *Ranc. Panel Surya Sebagai Sumber Energi List. Pada Gedung Fak. Sains Dan Teknol. Unisnu Jepara Safrizal* *Jurnal Disprotek*, Vol. 8, No. 2, Pp. 75–81, 2017.
- [9] W. Stevanus, J. T. Elektro, F. Teknik, And U. Diponegoro, "Makalah Seminar Kerja Praktek," *Sist. Instal. Plts 1000 Wp Sitting Gr. Tek. Elektro Undip Semarang*, 2010.
- [10] I. Buyung And K. Azizi, "Portable Power Plan Solar Cell," *Pros. Semin. Nas. Apl. Dan Teknol.*, No. November, Pp. 332–342, 2016.
- [11] W. P. Widiyantoro, "Analisis Perbandingan Penggunaan Solar Cell Terpusat Dengan Sollar Cell Terdistribusi Untuk Memenuhi Kebutuhan Energi Listrik Pada Ruang Kuliah Lantai 4 Gedung Fti Uii Tugas," *Tugas Akhir*, No. February, 2017.
- [12] A. Najmurokhman, U. Jenderal, And A. Yani, "Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Matahari," Vol. 10, No. May 2010, 2014.