

Pemanfaatan Panel Surya *Hybrid* Untuk Beban *CCTV Outdoor* Berbasis Kontrol *Fuzzy Logic*

Raihan Rafly Kusuma Jaya¹, Sutedjo², Rachma Prilian Eviningsih³
^{1,2,3} Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Departemen Teknik Elektro
Kampus PENS, Jalan Raya ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia

email: raihanrrkj@gmail.com¹, sutedjo@pens.ac.id², rachmaevin@pens.ac.id³

Abstrak - Pada masa ini, penggunaan listrik sangat penting dalam kehidupan sehari-hari, namun kebutuhan energi tidak selalu dapat tercukupi. Sehingga sumber energi alternatif dapat menjadi salah satu alternatif dari sumber energi dari pemasok listrik negara atau PLN. Dengan dasar demikian peneliti melakukan penelitian tentang sumber energi alternatif berupa sinar matahari. Panel surya digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik kemudian diolah oleh *boost converter* agar tegangan naik menjadi 28,8 VDC sesuai dengan level tegangan baterai 24V/35Ah. Pada perbandingan pengujian mikrokontroler STM32F4 didapatkan hasil daya maksimum dari tegangan *boost converter* dengan menggunakan pengontrolan *fuzzy* memiliki efisiensi yaitu 86% dan ketika tanpa menggunakan pengontrolan *fuzzy* efisiensi yang didapatkan 70%, sehingga akan lebih baik menggunakan pengontrolan *fuzzy*. Dari hasil pengujian *boost converter close loop* bisa mendapatkan arus 6,89 A, tegangan 28,8 V dan daya 198,48 W. Simulasi yang dilakukan secara *close loop* maupun *open loop* sudah memiliki hasil yang sesuai dengan tegangan *output* dan arus *output* yang diharapkan.

Kata kunci - Panel surya, *boost converter*, baterai.

Abstract - At this time, the use of electricity is very important in everyday life, but energy needs cannot always be fulfilled. So that alternative energy sources can be an alternative to energy sources from state electricity suppliers or PLN, on this basis researchers conduct research on alternative energy sources in the form of sunlight. Solar panels are used to convert solar energy into electrical energy and then processed by a *boost converter* so that the voltage rises to 28.8 VDC according to the battery voltage level of 24V/35Ah. In the comparison of STM32F4 microcontroller testing, the maximum power results from the *boost converter* voltage using *fuzzy* control have an efficiency of 86% and when without using *fuzzy* control the efficiency is 70%, so it would be better to use *fuzzy* control. From the results of the *close loop boost converter* test, it can get a current of 6.89 A, a voltage of 28.8 V and a power of 198.48 W. Simulations carried out in *close loop* and *open loop* already have results that are in accordance with the expected output voltage and output current.

Keyword - Solar panel, *boost converter*, battery.

I. PENDAHULUAN

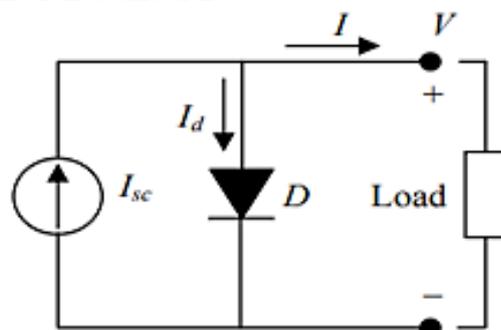
Energi matahari merupakan salah satu sumber energi terbarukan dan merupakan sumber energi terbesar di muka bumi. Pemanfaatan energi matahari menjadi suatu keniscayaan energi di masa mendatang mengingat semakin menipisnya energi fosil yang tersimpan di dalam dunia ini. Melalui panel surya cahaya panas matahari diubah menjadi arus listrik searah yang memiliki tegangan dan arus berdasar kemampuan bahan semikonduktor penyusun panel surya tersebut dalam mengkonversi energi matahari menjadi daya listrik. Namun, salah satu permasalahan yang dihadapi apabila menggunakan energi matahari adalah tidak optimalnya radiasi matahari yang diterima oleh permukaan panel surya akibat cuaca, musim, dan hal-hal lain yang menutupi cahaya matahari sehingga tidak bisa diterima secara langsung oleh permukaan panel surya.

Untuk mengoptimalkan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya maka perlu dirancang algoritma untuk mendapatkan titik optimal dari kurva karakteristik daya keluaran panel surya yang disebut dengan *maximum power point* (MPP). Namun letak titik MPP tidak diketahui tetapi dapat dicari dengan beberapa metode yaitu dengan mengamati keluaran PV di antaranya mengamati gangguan, mengamati induktansi tambahan, dan korelasi antara arus dan tegangan pada *loop* terbuka dan tertutup [1]. Metode ini kemudian disebut dengan *Maximum Power Point Tracker* (MPPT). Pada penelitian ini peneliti menggunakan metode pencarian MPPT dilakukan dengan menjalankan simulasi menggunakan Simulink MATLAB, pendekatan kontroler *fuzzy logic* pada pengisian aki berasal dari panel surya yang dibantu dengan *boost converter* untuk menaikkan tegangan. Pengujian sistem integrasi sistem simulasi daya yang dihasilkan dari aki setelah melalui proses pengisian dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif dengan menggunakan *automatic transfer switch* (ATS) untuk secara otomatis mengganti sumber daya dari yang sebelumnya menggunakan sumber dari PLN menjadi sumber daya dari panel surya. Penggunaan energi yang dihasilkan oleh panel surya tersebut dapat digunakan sebagai sumber energi untuk menyalakan perangkat elektronik. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan kamera *closed-circuit television* (CCTV) sebagai beban perangkat elektronik.

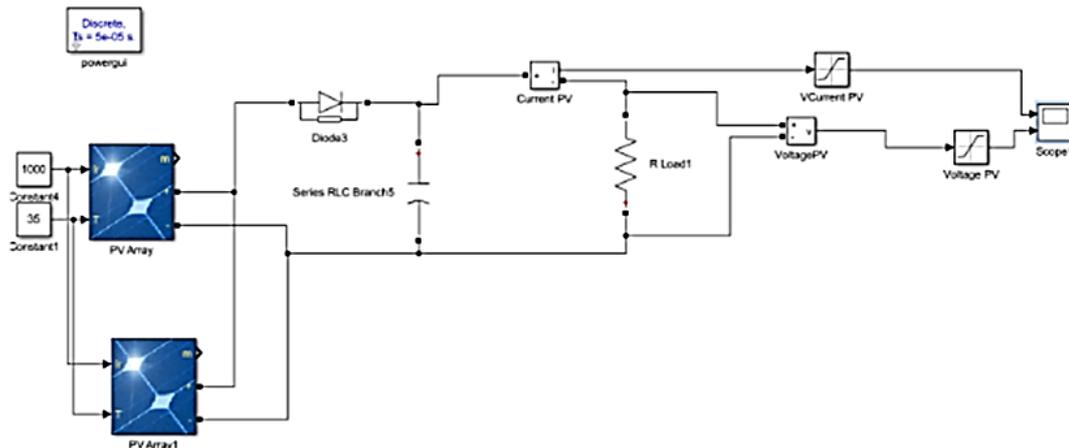
II. METODE

Peneliti menggunakan *photovoltaic* untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Di mana *photovoltaic* adalah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi dari matahari menjadi energi listrik. Cara *photovoltaic* menghasilkan listrik ketika foton cahaya meneruskan energi ke elektron bermuatan negatif dalam bahan semikonduktornya memungkinkan mereka untuk membebaskan diri [2].

Besarnya energi listrik yang dihasilkan dari panel surya, juga bergantung pada intensitas panel surya tersebut terpapar dari radiasi matahari [3]. Besarnya energi yang dihasilkan dari hasil konversi panel surya dapat diamati dengan memperhatikan besarnya nilai arus dan tegangan keluaran. Sehingga, besarnya daya keluaran terhadap intensitas cahaya matahari inilah yang disebut dengan karakteristik PV [4]. Di mana pada karakteristik tersebut menganalisis kurva antara arus dan tegangan keluaran (I-V), dan kurva daya serta tegangan keluaran (P-V). Peneliti menggunakan MATLAB untuk *plotting* kurva karakteristik PV dari panel surya sehingga dapat ditentukan karakteristik PV-nya. Rangkaian ekuivalen sederhana dari panel surya PV ditunjukkan pada Gambar 1. Peneliti menggunakan MATLAB untuk mensimulasikan rangkaian dan untuk *plotting* kurva karakteristik PV panel surya dengan rangkaian yang ditunjukkan oleh Gambar 2.

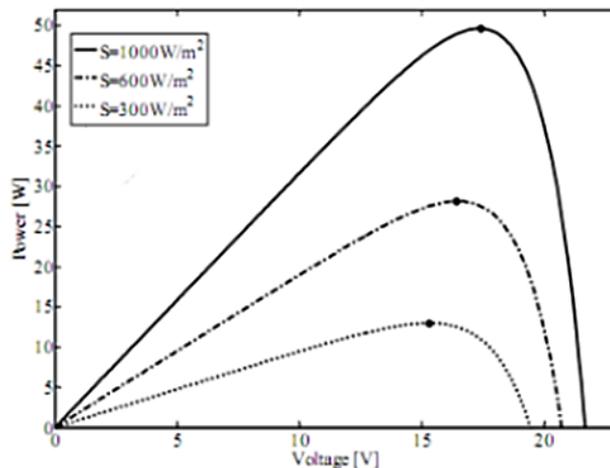


Gambar 1. Rangkaian Ekuivalen Sederhana PV [5]



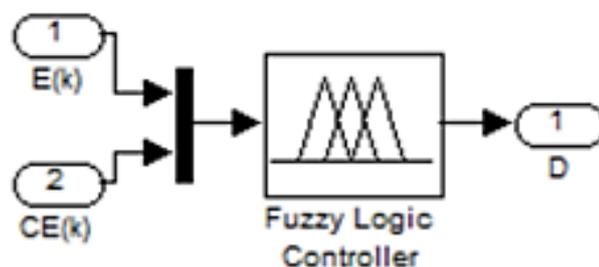
Gambar 2. Rangkaian Uji Panel Surya dengan Beban Tetap

Logika *fuzzy* diimplementasikan untuk meningkatkan efisiensi sistem panel surya dengan mengembangkan pengendali MPPT yang secara terus menerus melacak MPP modul panel surya di semua iradiasi dan temperatur. Gambar 3 menjelaskan tentang proses *tracking* pada MPPT *fuzzy logic controller* menuju titik maksimum dengan cara membandingkan nilai dP dengan dV hingga sama dengan 0. Sehingga jika sudah mencapai nilai 0 maka itu dianggap sudah mencapai MPP.



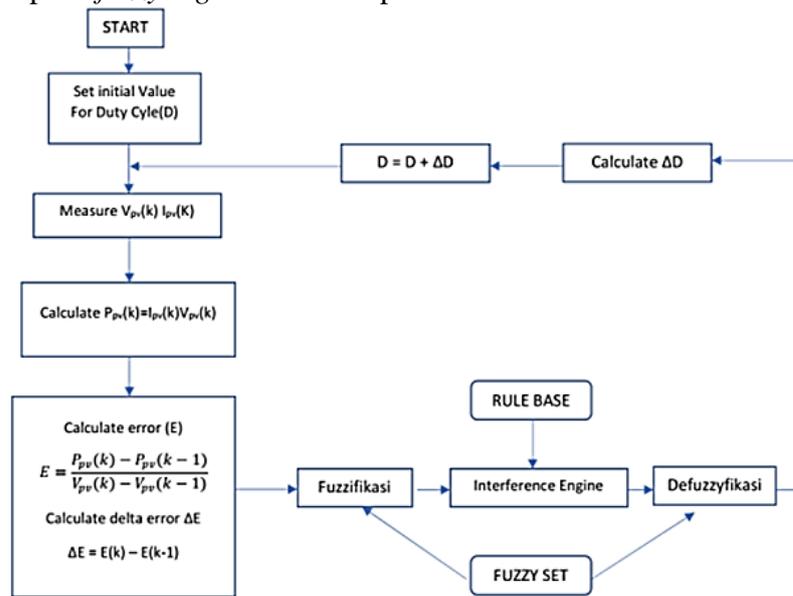
Gambar 3. Gambar Grafik Antara Tegangan dan Daya PV [6]

MPPT berbasis *fuzzy logic controller* memiliki dua masukan dan satu keluaran. $Error E_{(k)}$ dan $Change in Error CE_{(k)}$ adalah variabel *input* untuk *fuzzy logic controller* dan $P_{pv}(k)$ menunjukkan daya dari *solar cell*. Variabel *input* E_k mewakili *error* yang didefinisikan sebagai perubahan daya sehubungan dengan perubahan tegangan. Variabel *input* lain CE_k menyatakan perubahan dalam *error*. *Output* dari *fuzzy logic controller* adalah *duty cyle (D)* yang mengatur *duty cycle* pada *boost converter*. Gambar 4 merepresentasikan *fuzzy logic controller* di mana E_k dan CE_k adalah variabel masukan dan untuk D sebagai variabel keluaran.



Gambar 4. *Fuzzy Logic Controller* [7]

Diagram alir pada *fuzzy logic controller* pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir *Fuzzy Logic Controller*

Input dari metode *fuzzy logic controller* menggunakan 2 buah input yaitu parameter $E_{(k)}$ dan ΔE . Sedangkan besaran output dari sistem *fuzzy* adalah parameter *duty cycle*. Variabel $E_{(k)}$ dan ΔE yang digunakan sebagai masukan *fuzzy* didapatkan dari:

$$E = \frac{P_{pv}(k) - P_{pv}(k-1)}{V_{pv}(k) - V_{pv}(k-1)} \tag{1}$$

$$\Delta E = E(k) - E(k-1) \tag{2}$$

Proses mendesain *fuzzy logic controller* melibatkan empat langkah yaitu fuzzifikasi, inferensi, berbasis aturan, dan defuzzifikasi. Variabel masukan numerik diubah menjadi variabel linguistik berdasarkan fungsi keanggotaan selama fuzzifikasi. Dalam mengoperasikan kontrol MPPT, setelah E dan ΔE dihitung, masukan ini diubah menjadi variabel linguistik dan kemudian keluaran D adalah dibuat dengan mencari tabel basis aturan. Metode *fuzzy logic* melacak MPP berdasarkan aturan utama "Jika A dan B, Lalu C". Untuk menentukan keluaran dari logika *fuzzy*, inferensi digunakan. Ada banyak metode untuk inferensi tetapi yang populer salah satunya adalah Mamdani. Dalam penelitian ini, inferensi *fuzzy* dilakukan dengan menggunakan tipe Mamdani dan defuzzifikasi menggunakan *center of gravity* (CoG) untuk menghitung keluaran dari *fuzzy logic* [8].

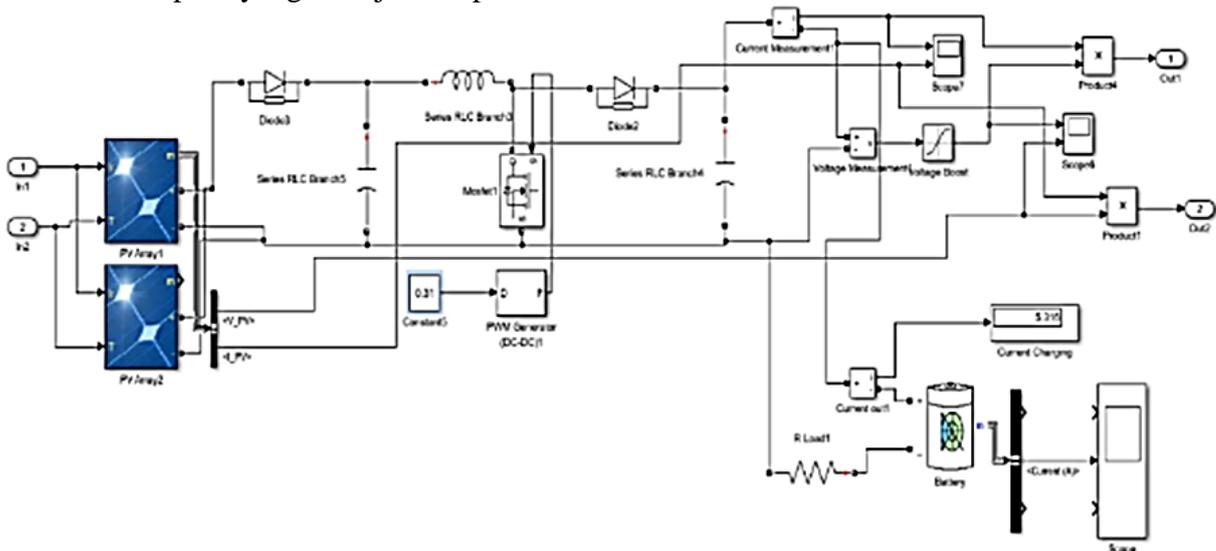
Selanjutnya energi yang didapatkan dari hasil konversi energi matahari menjadi energi listrik, digunakan untuk pengisian aki. Pada proses pengisian aki ini, tidak begitu saja hasil dari konversi panel surya disambungkan ke aki, namun menggunakan *boost converter*. *Boost converter* adalah jenis konverter daya DC ke DC di mana tegangan keluaran sama atau lebih tinggi dari tegangan masukan [9]. Dengan demikian, peneliti dapat mengetahui daya maksimum dari *photovoltaic* dengan mengubah *duty cycle* dari MOSFET pada *boost converter*. Sehingga dalam sistem PV ini peneliti dapat mencapai kondisi MPP dengan *boost converter* sebagai pengkondisi daya. Parameter dari *boost converter* yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tegangan keluaran : 28,80 V
2. Tegangan masukan : 11,92 V
3. Daya maksimum : 200 W
4. Arus masukan maksimum : 11,30 A
5. Frekuensi *switching* : 10 KHz
6. Arus riak : 10%

- 7. Tegangan riak : 0.5%
- 8. Efisiensi : 90%

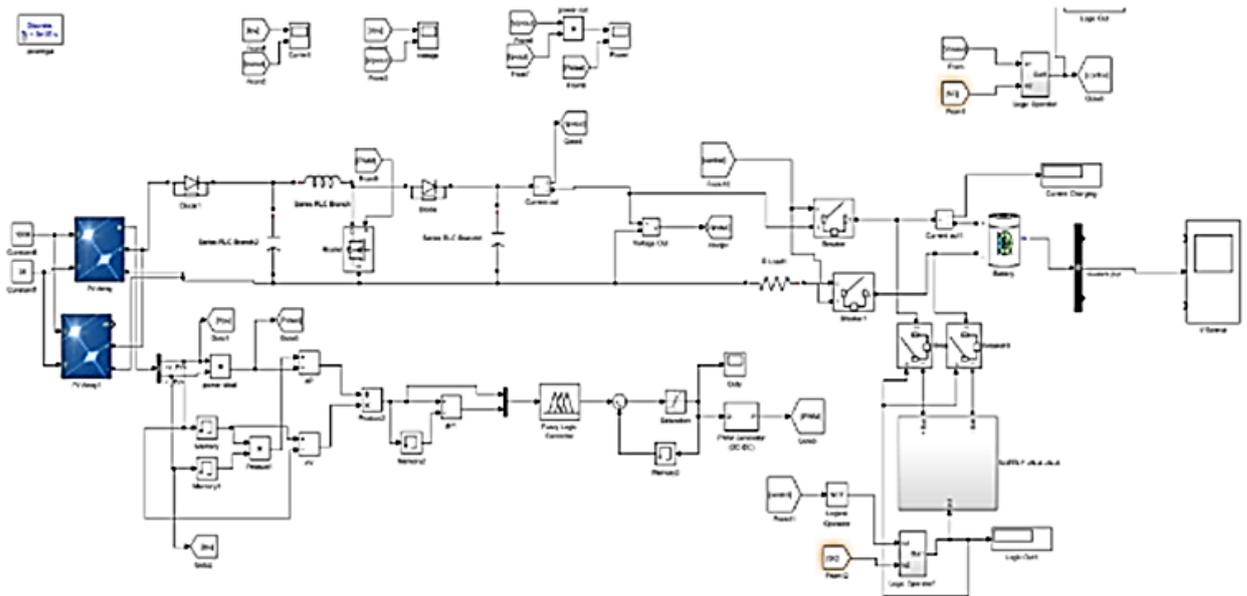
Selain metode dengan simulasi, dan menggunakan *fuzzy logic controller*, peneliti juga menggunakan pengujian sistem simulasi. Pengujian ini dilakukan untuk mengamati fungsi panel surya bekerja dengan baik yaitu dengan cara memberi *setpoint* iridiasi 1000 W/m^2 dan suhu 35°C . pada pengujian ini dilakukan sebanyak dua pengujian yaitu secara *open loop* (tanpa kontrol) dan pengujian *close loop* yang menggunakan kontrol logika *fuzzy*.

Rangkaian sistem *open loop* merupakan konfigurasi rangkaian yang digunakan dalam pengujian tanpa adanya *feedback*. Pengujian ini bertujuan untuk menguji performansi sistem sebelum dilakukan implementasi metode kontrol untuk meningkatkan performansi *output* dari *boost converter*. Simulasi rangkaian pengujian sistem *open loop* dengan menggunakan aplikasi MATLAB seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian Simulasi Sistem *Open Loop*

Pengujian sistem *close loop* dilakukan dengan cara memanfaatkan sinyal *feedback* dan mengimplementasikan algoritma *fuzzy logic*. Pengambilan data pengujian dilakukan dengan mengamati respon arus dan tegangan dari sistem. *Input fuzzy logic* menggunakan 2 jenis *input* yaitu besaran arus dan tegangan dari rangkaian. Kedua besaran tersebut kemudian dikonversi menjadi E dan ΔE . Konfigurasi rangkaian *close loop boost converter* ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian Simulasi Sistem *Close Loop*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Simulasi

Untuk mengetahui karakteristik PV panel surya, peneliti menggunakan MATLAB simulasi sekaligus untuk *plotting* kurva karakteristik PV panel surya yang ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1. TABEL GRAFIK UJI KARAKTERISTIK PANEL SURYA

<i>Irradiance</i> (W/m^2)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
300	17,46	3,63	59,32
400	17,60	4,84	79,76
500	17,70	6,06	100,20
600	17,76	7,27	120,60
700	17,77	8,48	140,90
800	17,79	9,69	161,00
900	17,71	10,9	181,00
1000	17,80	12,12	201,10

Grafik daya terhadap *sample* data yang didapatkan dari pengujian menunjukkan hanya ada satu puncak daya optimum. Semakin besar iradiasi matahari, maka daya yang didapatkan juga semakin besar. Dari pengambilan beberapa nilai iradiasi matahari, jumlah puncak daya optimum tetap ada satu puncak.

B. Pengujian Efisiensi PV

1. Pengujian Perbandingan Respon Menggunakan Fuzzy Logic dan Tanpa Fuzzy Logic

Pada pengujian perbandingan ini yang diimplementasikan pada sistem MPPT dilakukan untuk melihat performansi *output* yang dicapai oleh perangkat DC to DC converter dalam hal ini adalah *boost converter*. Yang penting untuk diketahui bahwa algoritma *fuzzy* pada mekanisme *maximum power point tracker* (MPPT) [10] digunakan sebagai proses optimasi dari *boost converter* yang memiliki kondisi yang dinamis (tidak terdapat *set point*), sebagaimana yang tampak pada kurva MPPT, sehingga didapatkan respon *output* yang optimal. Berdasarkan Tabel 2 yang ditunjukkan dapat diamati bahwa respon *output* yang dicapai telah mencapai nilai yang optimal

TABEL 2. DATA PENGUJIAN PERBANDINGAN EFISIENSI RANGKAIAN PV DENGAN FUZZY DAN TANPA FUZZY

<i>Irradiance</i> (W/m^2)	Fuzzy			Tanpa Fuzzy		
	$P_{max}(W)$	$P_{out}(W)$	$\eta(\%)$	$P_{max}(W)$	$P_{out}(W)$	$\eta(\%)$
300	54,600	43,800	85,34	51,400	39,700	73,34

400	65,400	55,600	87,12	58,400	43,510	68,12
500	79,600	69,120	86,83	62,400	51,950	71,53
600	91,200	89,600	98,25	79,500	59,800	63,35
700	106,400	105,561	99,21	96,326	72,200	67,27
800	139,000	117,693	84,67	118,200	101,700	72,67
900	169,900	127,246	74,89	158,850	124,952	72,89
1000	197,240	162,250	73,67	181,164	153,860	75,67
Σ_{η}			86,24	Σ_{η}		70,605

Tabel 2 merupakan data hasil pengujian perbandingan efisiensi rangkaian PV dengan *Fuzzy* dan tanpa *Fuzzy*. Dari tabel tersebut dapat dilihat dari hasil perbandingan tersebut bahwa hasil efisiensi PV dengan menggunakan *fuzzy* hasilnya lebih bagus daripada tanpa menggunakan *fuzzy* dan didapatkan rata-rata sebesar 86,24%.

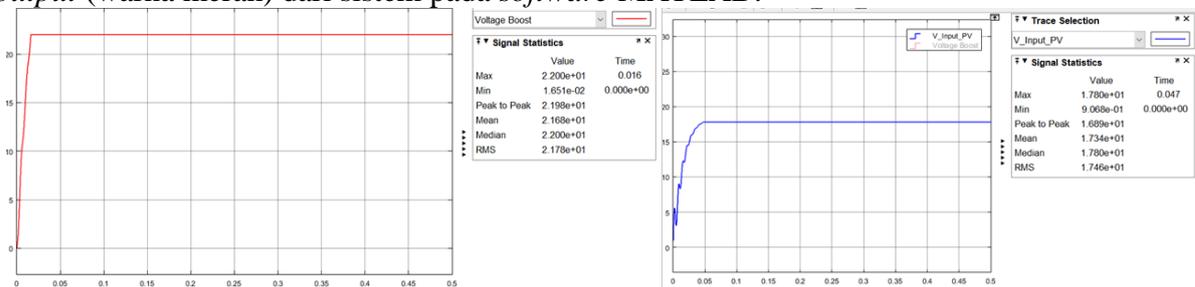
2. Pengujian Integrasi Sistem Simulasi

Dalam pengujian *open loop* berdasarkan rangkaian dari Gambar 6 didapatkan data pengujian pada Tabel 3.

TABEL 3. DATA PENGUJIAN KARAKTERISTIK *OPEN LOOP*

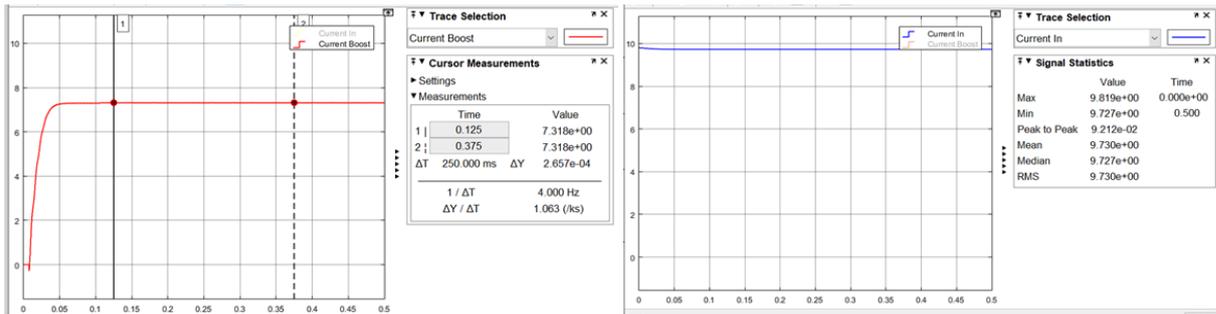
<i>Irradiance</i> (W/m^2)	$V_{in}(v)$	$V_{out}(v)$	$I_{in}(A)$	$I_{out}(A)$	$P_{in}(W)$	$P_{out}(W)$
300	11,78	18,23	4,14	3,00	48,760	54,720
400	13,21	19,40	5,23	3,60	69,080	68,840
500	14,50	20,50	6,09	4,34	88,305	88,970
600	15,97	23,20	7,31	5,21	116,740	120,870
700	16,54	24,80	8,85	6,01	146,400	155,050
800	17,04	25,50	10,33	6,42	176,900	163,710
900	17,68	26,50	10,73	7,14	189,706	189,210
1000	17,80	27,00	11,03	7,36	196,330	198,720

Pada Gambar 8 ditunjukkan pengujian rangkaian *open loop boost converter*. Rangkaian menggunakan *supply* yang berasal dari solar panel 200 WP. *Input irradiance* pada solar panel didesain dalam beberapa konfigurasi yaitu sebesar $1000 W/m^2$ dan suhu $35\text{ }^{\circ}C$ Untuk beban rangkaian yaitu sebuah baterai dengan kapasitas 50 AH. Gambar gelombang yang terlihat adalah gelombang *output* tegangan dan gelombang *input* tegangan untuk sumbu X menunjukkan variabel waktu dan sumbu Y menunjukkan variabel tegangan seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Gambar tersebut menunjukkan hasil simulasi tegangan *input* (warna biru) dan *output* (warna merah) dari sistem pada *software* MATLAB:



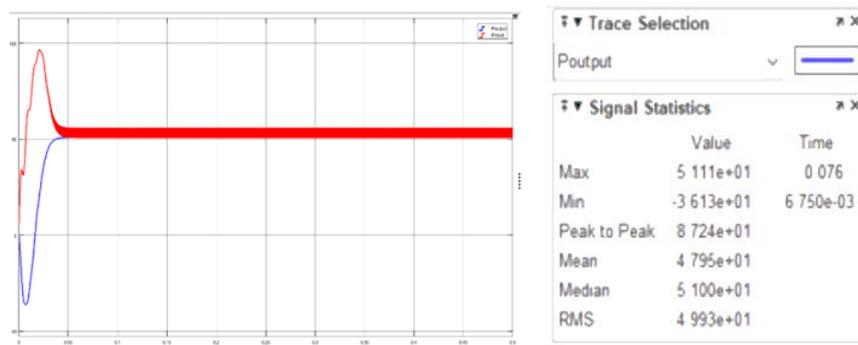
Gambar 8. Respon *Output* dan *Input* Tegangan Sistem *Open Loop*

Gambar 9 menunjukkan hasil simulasi arus *input* dan *output* pada *software* MATLAB. *Input* arus dan *output* arus, sumbu X menunjukkan variabel waktu dan untuk sumbu Y menunjukkan variabel arus pada sistem *open loop* ini.



Gambar 9. Respon *Output* dan *Input* Arus Sistem *Open Loop*

Gambar 10 menunjukkan hasil simulasi daya *input* dan *output* pada *software* MATLAB. *Input* daya dan *output* daya pada sistem *open loop*, sumbu X menunjukkan variabel waktu dan sumbu Y menunjukkan variabel daya.



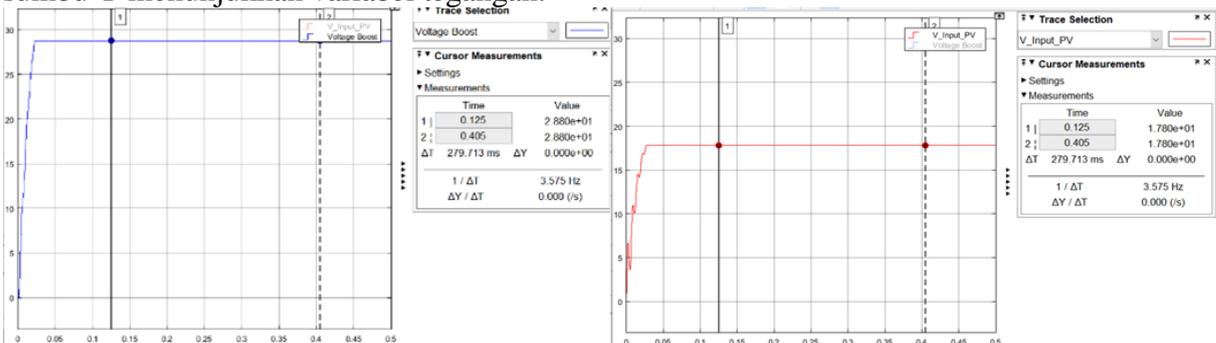
Gambar 10. Respon *Output* dan *Input* Daya Sistem *Open Loop*

Dalam pengujian *close loop* berdasarkan rangkaian dari Gambar 7 didapatkan data pengujian sebagai seperti pada Tabel 4.

TABEL 4. DATA PENGUJIAN KARAKTERISTIK RANGKAIAN *CLOSE LOOP*

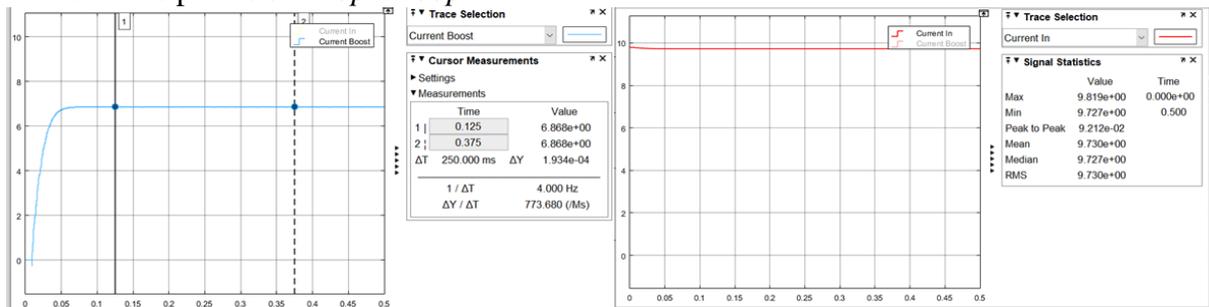
<i>Irradiance</i> (W/m^2)	$V_{in}(v)$	$V_{out}(v)$	$I_{in}(A)$	$I_{out}(A)$	$P_{in}(W)$	$P_{out}(W)$
300	11,78	26,20	4,14	3,20	48,760	83,400
400	13,21	26,40	5,23	3,80	69,080	100,320
500	14,50	28,20	6,09	4,20	88,305	112,560
600	15,97	28,40	7,31	5,15	116,740	146,260
700	16,54	28,80	8,85	5,84	146,400	168,190
800	17,04	28,80	10,33	6,19	176,900	178,270
900	17,68	28,80	10,73	6,45	189,706	185,760
1000	17,80	28,80	11,03	6,89	196,330	198,430

Gambar 11 menunjukkan hasil simulasi tegangan *input* (warna merah) dan *output* (warna biru) dari sistem pada *software* MATLAB. Gambar gelombang yang terlihat adalah gelombang *output* tegangan dan gelombang *input* tegangan sumbu X menunjukkan variabel waktu dan sumbu Y menunjukkan variabel tegangan.



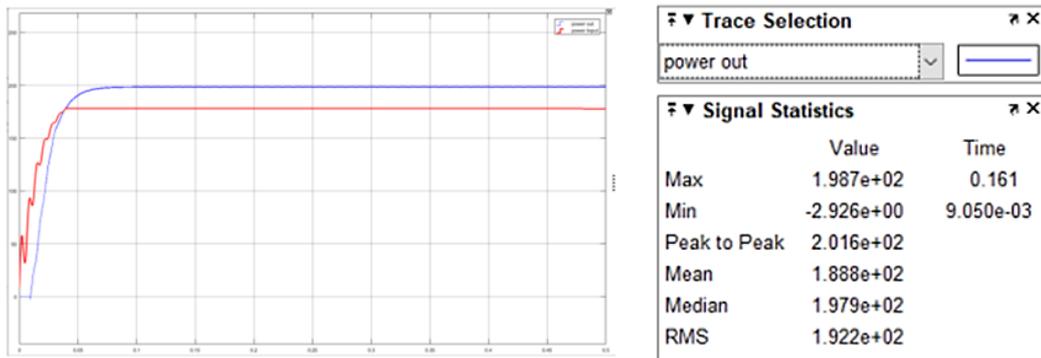
Gambar 11. Respon *Output* dan *Input* Tegangan Sistem *Close Loop*

Gambar 12 menunjukkan hasil simulasi arus *input* dan *output* pada *software* MATLAB. *Input* arus dan *output* arus, sumbu X menunjukkan variabel waktu dan sumbu Y menunjukkan variabel arus pada sistem *open loop* ini.



Gambar 12. Respon *Output* dan *Input* Arus Sistem *Close Loop*

Gambar 13 menunjukkan hasil simulasi daya *output* pada *software* MATLAB. *Output* daya pada sistem *open loop* sumbu X menunjukkan variabel waktu dan sumbu Y menunjukkan variabel daya.



Gambar 13. Respon *Output* Daya Sistem *Close Loop*

IV. KESIMPULAN

Sistem ini menggunakan *photovoltaic* 100 WP sebanyak 2 buah masing-masing berjenis *polycrystalline* untuk menghasilkan daya sekitar 200 watt. Pada percobaan pengukuran karakteristik PV daya maksimum diperoleh pada tegangan maksimal 17,8 V dan arus 12,12 A untuk daya yang dihasilkan 201,10 watt, maka digunakan *boost converter* yang bisa menaikkan tegangan dari 17,8 V ke 28,8 VDC dengan sistem *close loop* untuk *charging* baterai 24 V/35 AH. Simulasi *Fuzzy* yang telah dilakukan mampu bekerja dan berfungsi menstabilkan tegangan keluaran konverter sebesar 28,8 volt dengan efisiensi pada saat pengujian simulasi sebesar 86 %. Simulasi yang dilakukan secara *close loop* maupun *open loop* sudah memiliki hasil yang sesuai dengan tegangan *output* dan arus *output* yang diharapkan.

REFERENSI

[1] Seyedmahmoudian, M., Horan, B., Soon, T. K., Rahmani, R., Oo, A. M. T., Mekhilef, S., & Stojcevski, A. (2016). State of the Art Artificial Intelligence-Based MPPT Techniques for Mitigating Partial Shading Effects on PV Systems—A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 64, pp. 435-455.

[2] Nakajima, A., & Masukawa, S. (2018), “Study of Boost type DC-DC Converter for Single Solar Cell,” *IECON 2018 - 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, pp. 1946-1951.

[3] Manan, S. (2009). *Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif Yang Efisien, Handal Dan Ramah Lingkungan Di Indonesia*, Gema teknologi, Universitas Diponegoro, Semarang.

- [4] Sumbung, F. H., Letsoin, Y., & Hardiantono, D. (2016). Penentuan Kapasitas Dan Karakteristik Modul PV Pada Perencanaan Pembangunan PLTS Komunal Di Distrik Okaba. *Jurnal Teknik MUSTEK ANIM HA*, 5(2), pp. 181-195.
- [5] Huynh, D. C., Nguyen, T. N., Dunnigan, M. W., & Mueller, M. A. (2013). Dynamic Particle Swarm Optimization Algorithm Based Maximum Power Point tracking of Solar Photovoltaic Panels, 2013 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, pp. 1-6.
- [6] Kusmantoro, A., & Margono, M. (2020). Peningkatan Kinerja MPPT Menggunakan Kontrol PWM Fuzzy dengan Tuning PID. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 16(2), pp. 80-86.
- [7] Suryoatmojo, H., Hazmi, F. A., Riawan, D. C. & Mardiyanto, R. (2017). Desain MPPT Berbasis Kontrol Logika Fuzzy Untuk Aplikasi Pesawat Terbang Tanpa Awak Bertenaga Surya. *Jurnal Teknologi Penerbangan*, 1(2), pp. 40-48.
- [8] Dhimish, M., Holmes, V., Mehrdadi, B., & Dales, M. (2018). Comparing Mamdani Sugeno fuzzy logic and RBF ANN network for PV fault detection. *Renewable energy*, 117, pp. 257-274.
- [9] Alfaris, A., & Yuhendri, M. (2020). Sistem Kendali dan Monitoring Boost Converter Berbasis GUI (Graphical User Interface) MATLAB Menggunakan Arduino. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2), pp. 266-272.
- [10] Otong, M., & Bajuri, R. M. (2017). Maximum Power Point Tracking (MPPT) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Buck-Boost Converter. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 5(2), pp. 103-110.