

Analisis Tingkat Akurasi Tegangan *Output Auto Boost Converter* Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* pada *Photo Voltaic*

A Khumaidi¹, Imam Sutrisno², Catur R.H³,li
Munadhif⁴, Aswin I⁵
^{1,2,3,4,5}Teknik Kelistrikan Kapal
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
E-mail: aguskhumaidi@ppns.ac.id

R. NasyithHananur⁶
Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Abstrak—Tegangan *output Photo Voltaic (PV)* sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima sehingga daya listrik yang dihasilkan sangat fluktuatif. Hal ini memungkinkan daya yang dihasilkan tidak dapat memenuhi kebutuhan daya dalam satu hari. Hal yang sering terjadi adalah ketika PV tidak mendapat cahaya maksimal sehingga tegangannya akan turun di bawah tegangan *battery*. Hal ini mengakibatkan PV akan menjadi beban bagi *battery*. Oleh karena itu selain dibutuhkan analisis *Maximum Power Point Tracker (MPPT)* yang tepat juga ditambahkan rangkaian penstabil tegangan otomatis dengan menggunakan *Auto Boost Converter*. *Boost converter* merupakan rangkaian elektronika yang dapat menaikkan nilai tegangan *output*, nilai tegangan tersebut dapat diatur dengan mengubah nilai *duty cycle*. Untuk dapat mengatur *Duty Cycle* secara otomatis maka ditambahkan metode *Fuzzy Logic* dan mikrokontroler. Besarnya *Duty Cycle* dipengaruhi oleh nilai *present value* dan *set value* yang didapatkan melalui proses *fuzzification*, *Rule Base reference*, dan *defuzzification*. Dengan penerapan metode *fuzzy*, *Auto Boost Converter* dapat mencapai *output* tegangan sesuai *set value* dengan akurasi mencapai 94.58% dengan *settling time* 2.36 detik.

Kata kunci—MPPT; Boost Converter; Fuzzy Logic; Photo Voltaic (PV)

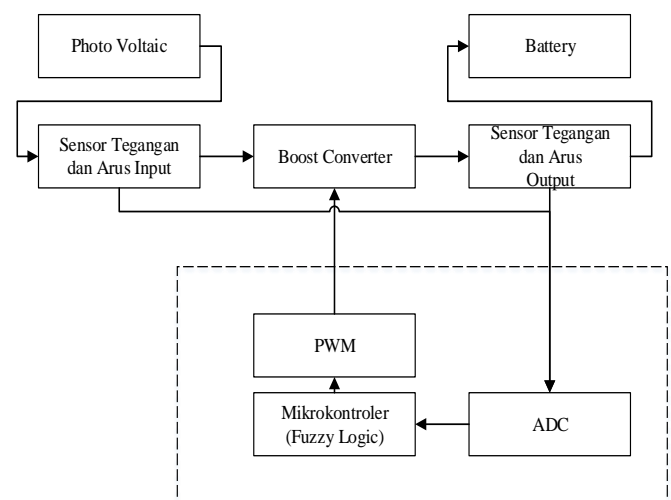
I. PENDAHULUAN

Photo Voltaic (PV) adalah salah satu energi terbarukan yang paling banyak digunakan karena penggunaannya yang mudah dan harganya yang relatif murah. Kelemahan utama dari PV adalah energi listrik yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima sehingga daya listrik yang dihasilkan sangat fluktuatif. Hal ini yang menyebabkan penyerapan energi tidak dapat dilakukan secara optimal. Terdapat banyak metode untuk memaksimalkan penyerapan energi PV salah satunya adalah *auto-boostconverter*. *Auto-boostconverter* adalah suatu rangkaian elektronika yang dapat menaikkan nilai keluaran tegangan PV sesuai dengan kebutuhan dengan cara mengatur nilai *Duty Cycle* pada *Pulse Width Modulation (PWM)* yang dihasilkan oleh mikrokontroler melalui pemrograman [1][2]. Untuk mendapatkan nilai PWM yang dapat menyesuaikan tegangan *setpoint (Vs)* terhadap tegangan *output PV (Vp)*

digunakanlah metode *Fuzzy Logic*. *Fuzzy Logic* dipilih agar kita dapat menentukan batasan kapan V_p harus dinaikkan atau tidak. *Fuzzy Logic* mempunyai beberapa tahapan yaitu *fuzzification*, *Rule Base reference*, dan *defuzzification* [3] [4]. *Boostconverter* menerapkan sistem *switching* dengan memanfaatkan transistor sebagai saklar digital yang dapat membuka (OFF) dan menutup (ON) ketika pin bias diberi logika berbeda. Sehingga hanya ada 2 keadaan saturasi dan cutoff.

II. AUTOBOOSTCONVERTER

Pada penelitian ini *hardware* yang digunakan adalah solar cell 100Wp, *BoostConverter*, *Battery*, sensor arus dan tegangan, mikrokontroler. Masing-masing komponen akan dirangkai menjadi sebuah sistem seperti Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Sistem

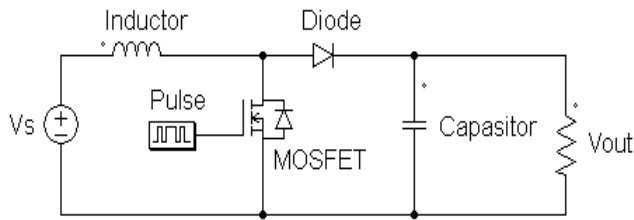
A. Pulse Width Modulation (PWM)

PWM adalah teknik modulasi dengan cara mengatur lebar pulsa (*duty cycle*) sedangkan nilai amplitudo dan frekuensi bernilai tetap [5][6]. Satu periode merupakan kondisi *high* kemudian berada di zona transisi ke kondisi *low*. Lebar pulsa PWM akan berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Sedangkan *Duty Cycle* merupakan

representasi dari kondisi logika *high* dalam suatu periode sinyal dan di nyatakan dalam bentuk (%) dengan range 0% sampai 100%.

B. Boost Converter

Boost Converter adalah *converter* DC-DC dengan tegangan keluaran yang lebih besar dari tegangan masuk. *Converter* terdiri dari 2 semikonduktor yaitu diode dan transistor, *input* daya untuk *Boost Converter* berasal dari baterai atau panel surya yang memiliki arus keluaran lebih kecil dari arus masukan dikarenakan tegangan keluaran yang dihasilkan lebih besar sedangkan daya keluaran sama dengan daya masukan. *Converter* ini banyak dimanfaatkan untuk aplikasi pembangkit listrik tenaga surya. Skema sederhana *converter* jenis ini dapat ditunjukkan pada Gambar 2 dimana komponen utamanya terdiri atas MOSFET, dioda, induktor, dan kapasitor. Jika saklar MOSFET pada kondisi tertutup, maka arus akan mengalir ke induktor sehingga menyebabkan energi yang tersimpan di induktor naik. Saat saklar MOSFET terbuka, arus induktor ini akan mengalir menuju beban melewati dioda sehingga energi yang tersimpan di induktor akan turun. Rasio antara tegangan keluaran dan tegangan masukan *converter* sebanding dengan rasio antara periode penyalakan dan waktu pembukaan saklar atau *Duty Cycle* (D).



Gambar 2. Rangkaian Standar *Boost Converter*

Ada beberapa parameter yang harus ditentukan sehingga sistem dapat berjalan sesuai ketentuan yaitu tegangan *input* (V_{in}), tegangan *output* (V_o), arus *output* (I_{out}), *ripple* tegangan, dan frekuensi *switching*. Untuk menentukan nilai *Duty Cycle* dengan menggunakan persamaan 1 berikut.

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{D}{1 - D} \quad (1)$$

Untuk menentukan nilai induktor (L_{min}) dengan menggunakan persamaan 2.

$$L_{min} = \frac{(1 - D)^2}{2f} R \quad (2)$$

$$R = \frac{V_o}{I_o}$$

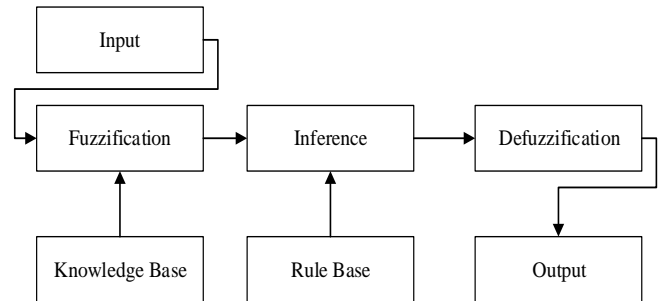
$$IL = I_{out} \left(V_{in} + V_o + \left(\frac{V_f}{V_{in}} \right) \right)$$

Untuk menentukan nilai kapasitor yang digunakan dapat menggunakan persamaan 3.

$$C = \frac{V_o \cdot D}{R \cdot C \cdot f} \quad (3)$$

C. Fuzzy Logic

Algoritma ini digunakan dalam aplikasi pemrosesan data yang tidak dapat direpresentasikan dalam bentuk biner dan mempunyai beberapa *input* data. Logika *fuzzy* menginterpretasikan *statement* yang samar menjadi sebuah pengertian yang logis. Adapun poin-poin dan tahapan dalam pengaturan dengan menggunakan logika *fuzzy* ini serta alur pemrosesan pada pengolahan data dengan menggunakan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Algoritma *Fuzzy Logic*

FLC perlu dilakukan jika bagian *antecedent* lebih dari satu pernyataan serta sistem mempunyai beberapa parameter *input*. Hasil akhir dari operasi ini adalah derajat kebenaran *consequent* yang berupa bilangan tunggal. Metode FLC yang umum digunakan adalah Tsukamoto, Sugeno dan Mamdani [7] [8]. Pada penelitian ini logika *fuzzy* yang digunakan adalah metode Sugeno orde-nol dengan model inferensinya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \text{If } (X_1 \text{ is } A_1) (X_2 \text{ is } A_2) \dots \dots (X_n \text{ is } A_n) \\ & \text{Then } Z = K \end{aligned} \quad (4)$$

Dengan adalah himpunan *fuzzy* ke-I sebagai *antecedent*, dan K adalah suatu konstanta (crisp) *consequent*. Kemudian untuk mencari nilai defuzzification (dengan cara merata-rata setiap nilai inferensi rule.

$$Z_{out} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i Z_i}{\sum_{i=1}^n K_i} \quad (5)$$

D. Spesifikasi *Photo Voltaic*

Pada penelitian ini PV yang digunakan mempunyai spesifikasi seperti pada Tabel I.

TABEL I. SPESIFIKASI TEKNIS PV

Spesifikasi	Keterangan
Max Power (Pmax)	10 W
Max Power Voltage (Vmp)	17.2 V
Max Power Current (Imp)	0.58 A
Open Circuit Voltage (Voc)	20.64 V
Short Circuit Current (Isc)	0.65 A
Nominal Operating Cell Time (NOCT)	45 ± 2°C
Max System Voltage	1000V
Max Series Fuse	16A
Weight	1.5 Kg
Dimension	415 X 245 X 20 mm

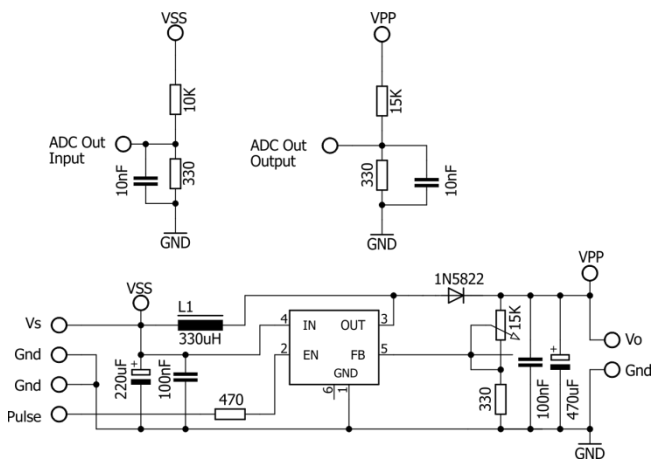
TABEL II. NILAI MEMBERSHIP FUNCTION I/O

I/O \ MF	Vs (Volt)	Vp (Volt)	Output (0 -100% / 0 -255)
SR	0 - 6	0 - 5	50
R	0 - 12	0 - 10	100
S	6 - 18	5 - 15	150
T	12 - 25	10 - 20	200
ST	18 - 25	15 - 20	250

III. METODOLOGI

A. Rangkaian AutoBoost

Pada penelitian ini rangkaian *autoboostconverter* yang digunakan memanfaatkan IC *switching* XL6009 dengan pin Enable (EN) dihubungkan pada pin PWM mikrokontroler dengan target *duty cycle* yang diatur sampai 98% dan menggunakan *base* frekuensi dari PWM mikrokontroler. Rangkaian ini diberikan *feedback* pembacaan tegangan *input* dan tegangan *output* menggunakan rangkaian *voltage divider*.



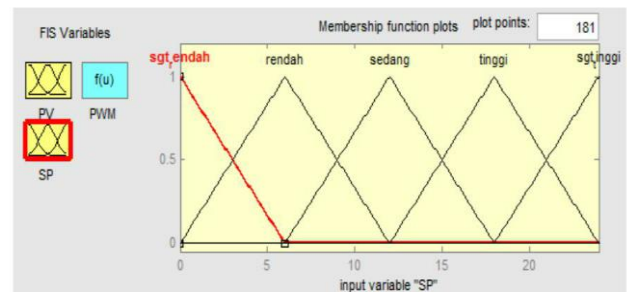
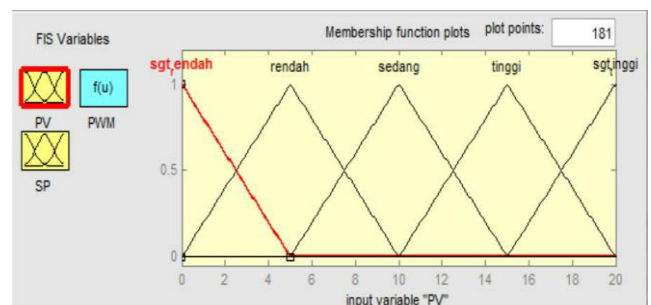
Gambar 4. Rangkaian BoostConverter

B. Rule Base

Rule base fuzzy berisi pernyataan-pernyataan logika *fuzzy* (*Fuzzy statement*), yang berbentuk pernyataan if-then. Setelah dilakukan *fuzzification* untuk setiap masukan dan keluaran, maka langkah berikutnya yaitu membuat aturan (*rule base*). *Rule base* ini terdiri dari kumpulan aturan yang berbasis logika *fuzzy* untuk menyatakan suatu kondisi. penyusunan *rule base* sangat berpengaruh pada presisi model, pada tahap pengambilan keputusan ditentukan berdasarkan rancangan *rule base*. Aturan *If-then* yang dihubungkan dengan logika operasi *and* dan *or*. *Rule base* yang digunakan pada penelitian ini seperti pada Tabel III masing-masing *input* mempunyai 5 *membership function* (*mf*) yaitu Sangat Rendah (SR), Rendah (R), Sedang (S), Tinggi (T), Sangat Tinggi (ST).

TABEL III. TABEL RULE BASE

Vs \ Vp	SR	R	S	T	ST
SR	SR	R	S	T	ST
R	-	R	S	T	ST
S	-	-	SR	R	S
T	-	-	-	SR	R
ST	-	-	-	-	SR



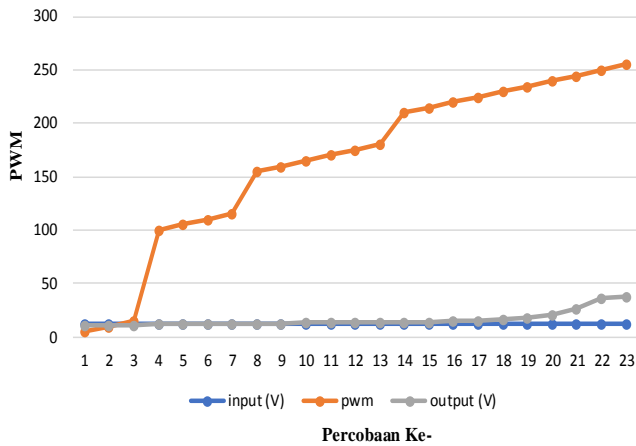
Gambar 5. Plotting Mf dalam Grafik

IV. HASIL PENELITIAN

Berikut adalah hasil penelitian yang sudah dilakukan meliputi pengujian manual dan otomatis pada *converter*.

A. Pengujian Manual

Pengujian manual dimaksudkan adalah untuk mendapatkan nilai korelasi antara *output* tegangan dengan nilai PWM yang dihasilkan, sedangkan untuk tegangan *inputconverter* bernilai tetap. Tabel IV adalah pengujian mode manual dengan memberikan nilai PWM secara bertahap.



Gambar 6. Grafik Korelasi nilai PWM dengan Output Tegangan Boost Converter

TABEL IV. KORELASI NILAI PWM DENGAN OUTPUT TEGANGAN BOOST CONVERTER

No	Input (V)	Pwm	Vout (V)
1	12.18	5	11.11
2	12.18	10	11.17
3	12.18	15	11.19
4	12.18	100	11.94
5	12.18	105	12.03
6	12.18	110	12.09
7	12.18	115	12.18
8	12.18	155	12.71
9	12.18	160	12.77
10	12.18	165	12.88
11	12.18	170	12.99
12	12.18	175	13.07
13	12.18	180	13.18
14	12.18	210	13.98
15	12.18	215	14.14
16	12.18	220	14.32
17	12.18	225	15.16
18	12.18	230	16.43
19	12.18	235	18.06
20	12.18	240	21
21	12.18	245	25.9
22	12.18	250	36.3
23	12.18	255	37.7

Dari hasil pengujian manual diketahui bahwa nilai PWM linear dengan tegangan output converter.

B. Pengujian AutoBoost

Pengujian ini dengan memberikan sumber tegangan yang berasal dari PV yang kemudian akan diatur nilai PWM nya agar nilai tegangan output berada minimal di nilai tegangan

Vs. Pengujian dilakukan pada hari Selasa, 31 Juli 2018 pada pukul 13:30 WIB sampai dengan 16:01 WIB.

TABEL V. DATA PENGUJIAN REAL TIME

No	Jam (WIB)	Vp (V)	Vs Solar (V)	PWM	Vout (V)	Error
1	13.30	19.5	20	5.2	20.2	1%
2	13.31	19.5	21	5.7	21.1	0.48%
3	14.00	19.4	22.5	7.2	22.8	1.33%
4	14.01	19.4	21	6.7	20.8	0.95%
5	14.30	19.2	20	7.6	20.7	3.5%
6	14.31	19.1	21	9.53	21.2	0.95%
7	15.00	19	20	8.9	19.6	2%
8	15.01	18.8	21	12.8	21.4	1.91%
9	15.30	18.6	21	13.8	21.3	1.43%
10	15.31	18.5	21	14.4	20.9	0.48%
11	16.00	6.8	10	63	7.8	22%
12	16.01	5.9	10	73.4	7.1	29%
Error rata-rata untuk mencapai Vs						5.42%

Berdasarkan data pada Tabel V diketahui bahwa nilai tegangan keluaran lebih besar daripada nilai tegangan masukan. Dengan data di atas juga dapat diketahui bahwa akurasi dalam mencapai setpoint sebesar 94.58%. Dengan menggunakan rangkaian elektronika daya autoboostconverter tegangan keluaran lebih stabil meskipun pada kondisi cuaca yang fluktuatif.

Pengujian selanjutnya adalah pengujian settling time, yaitu pengujian untuk mengetahui seberapa cepat sistem mencapai setpoint. Settling time (St) merupakan waktu yang dibutuhkan dalam proses mulai dari nol sampai mencapai setpoint.

TABEL VI. PENGUJIAN SETTLING TIME

No.	Input (V)	Vs (V)	St (detik)
1	7.86	14	2.61
2	7.87	14	2.62
3	7.86	14	2.36
4	10.05	14	2.43
5	10.04	14	2.56
6	10.06	14	2.41
7	12.33	14	2.23
8	12.35	14	1.76
9	12.34	14	2.31
10	12.34	14	2.29
Settling time rata-rata			2.36

Berdasarkan data pada Tabel 6 diketahui bahwa untuk dapat menaikkan nilai tegangan dibutuhkan waktu. Dengan berpacu data pada Table 6 maka dapat diketahui bahwa untuk mencapai setpoint dibutuhkan waktu sebesar 2.36 detik.

V. KESIMPULAN

Untuk dapat mengatur *output* tegangan *boostconverter* dengan cara mengatur lebar pulsa (*duty cycle*). Rasio antara tegangan keluaran dan tegangan masukan *converter* sebanding dengan rasio antara periode *switching* dan waktu pembukaan saklar atau *duty cycle*. Dengan penerapan metode *fuzzy*, *auto boost converter* dapat mencapai *output* tegangan sesuai V_s dengan akurasi mencapai 94.58% dengan *settling time* 2.36 detik.

REFERENSI

- [1] R. Everett, *Understanding Buck-Boost Power Stages In Switch Mode Power Supplies*, Texas Instruments, 2002.
- [2] S. M. Hidayat, *Rancang Bangun Buck BoostKonverter*, Jakarta: Universitas Indonesia, 2010.
- [3] S. K. M. Z. S. N. R. A. Khumaidi, "Prototipe *Low-Cost Shallow-Rov* Sebagai Alat Bantu Pada Pemetaan Batimetri Di Perairan Dangkal," In *Seminar Nasional Maritim, Sains, Dan Teknologi Terapan*, Surabaya, 2016.
- [4] R. P. M. S. R. A. L. S. A. K. A. Budiando, "Analysis Of Artificial Intelligence Application Using Back Propagation Neural Network And *Fuzzy LogicController* On Wall-Following Autonomous Mobile Robot," In *2017 International Symposium On Electronics And Smart Devices (ISESD)*, Yogyakarta, 2017.
- [5] J. Sun, "Pulse-Width Modulation," In *Dynamics And Control Of Switched Electronic Systems*, Springer, London, 2012.
- [6] D. V. ., Y. S. L. Poh Chiang Loh, "Pulse-Width Modulation Of Z-Source Inverters," In *Conference Record Of The 2004 IEEE Industry Applications Conference, 2004. 39th IAS Annual Meeting*, USA, 2004.
- [7] M. I. Laras PurwatiAyuningtias, "Analisis Perbandingan Logic *Fuzzy* Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani, (Studi Kasus : Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung)," In *Jurnal Teknik Informatika*, Bandung, 2017.
- [8] M. S. A. T. Yasukawa, "A *Fuzzy-Logic-Based* Approach To Qualitative Modeling," In *Lee Transactions On Fuzzy Systems*, 1993.

Halaman ini sengaja dikosongkan