

DESAIN DAN ANALISA CLOSED LOOP BOOST CONVERTER TERINTEGRASI SOLAR PV BERBASIS FUZZY LOGIC CONTROLLER

Rahma Nur Amalia¹, Wijaya Kusuma², Hikmah Ariq Yuniq³

^{1,2,3}Program Studi Sistem Kelistrikan Politeknik Negeri Malang

Jln. Soekarno Hatta No.9 Malang 65141

¹rahmaamalia@polinema.ac.id, ²wijayakusuma.polinema@gmail.com, ³hikmah.polinema@gmail.com

Abstract

The tendency for the price of using solar PV (photovoltaic) has encouraged the portion of the use of solar energy source. The use of conventional solar PV which causes the output voltage to tend to fluctuate. To overcome this problem, a power electronics circuit called a step-up DC-DC converter is applied. Modeling the boost converter design was made in a closed loop. There is feedback by adding a fuzzy logic controller to adjust the duty cycle as a function of turning the MOSFET on or off so that the output voltage is as desired (setpoint) and adjusts to the load requirements. The design begins with determining the design and set of parameters, components specifications and the basis for setting the membership function of the fuzzy logic controller. The circuit was designed and modeled on the MATLAB R2013a simulink library which is then tested by running a circuit simulation to obtain the results of analyzing the output voltage data and transient response. In the closed loop boost converter circuit with a constant load of 129.96 Ω with varying duty-cycle values, the average output voltage is 36.082 Volts and is stable at the desired setpoint 36 Volts. The use of a fuzzy logic controller increasing the transient response by accelerating or decreasing the average settling time (ts) to 30.50281 ms, rise time (tr) to 1.3761 ms, peak time (tp) to 4 ms, and it can reduce the maximum overshoot (Mp) to 64.55142%.

Keywords : Solar PV, Boost Converter, Duty Cycle, Transient Response

Abstrak

Kecenderungan harga penggunaan solar PV (photovoltaic) telah mendorong porsi penggunaan sumber energi matahari. Penggunaan PV surya konvensional yang menyebabkan tegangan keluaran cenderung berfluktuasi. Untuk mengatasi masalah ini, diterapkan rangkaian elektronika daya yang disebut konverter DC-DC step-up. Pemodelan desain boost converter dilakukan secara closed loop. Terdapat feedback dengan menambahkan fuzzy logic controller untuk mengatur duty cycle sebagai fungsi menghidupkan atau mematikan MOSFET agar tegangan output sesuai dengan yang diinginkan (setpoint) dan menyesuaikan dengan kebutuhan beban. Perancangan dimulai dengan menentukan desain dan parameter rangkaian, spesifikasi komponen serta dasar penetapan *membership function fuzzy logic controller*. Desain rangkaian kemudian dimodelkan pada *simulink library* MATLAB R 2013a yang selanjutnya dilakukan pengujian dengan *running* simulasi rangkaian untuk memperoleh hasil analisa data tegangan keluaran serta respon transien. Pada rangkaian konverter boost loop tertutup dengan beban konstan 129,96 Ω dengan nilai duty-cycle yang bervariasi, tegangan keluaran rata-rata sebesar 36,082 Volt dan stabil pada setpoint yang diinginkan 36 Volt. Penggunaan kontroler logika fuzzy meningkatkan respon transien dengan mempercepat atau menurunkan waktu pengendapan rata-rata (ts) menjadi 30.50281 ms, waktu naik (tr) menjadi 1.3761 ms, waktu puncak (tp) menjadi 4 ms, dan dapat menurunkan maksimum overshoot (Mp) menjadi 64,55142%.

Kata kunci : Solar PV, Boost Converter, Duty Cycle, Respon Transien

1. PENDAHULUAN

Penggunaan solar PV pada aplikasinya secara konvensional memiliki beberapa

tantangan yakni dari segi intensitas radiasi cahaya matahari dan temperatur lingkungan yang diterima oleh solar PV [1]. Disamping penggunaan solar PV, beberapa tantangan

muncul terkait dengan untuk menggerakkan dan mengendalikan motor *dc* umumnya digunakan *power supply* bersifat *linier* maupun *switching*. Akan tetapi penggunaan *power supply linier* membutuhkan lebih banyak energi karena selalu bekerja dalam kondisi aktif [2]

Sebagai langkah mitigasi permasalahan tersebut, maka dibutuhkan aplikasi rangkaian elektronika daya berupa *DC-DC converter* yang sesuai. Dari beberapa jenis konverter, *boost converter* atau yang dapat disebut dengan *step-up DC-DC converter* ini memiliki beberapa keunggulan yakni cocok diaplikasikan pada pembangkit energi terbarukan, ukurannya yang kecil serta biaya yang tidak terlalu mahal [3]

Secara umum terdapat 2 pemodelan desain *DC-DC boost converter* yakni *open loop* (*loop* terbuka) dan *closed loop* (*loop* tertutup). Pada pemodelan *closed loop* terdapat umpan balik (*feedback*) dari *output* ke *input* dengan *controller* (pengontrol/pengendali) sehingga parameter *output* yang dihasilkan diatur sedemikian rupa sehingga dari segi keandalan (*reability*) dan stabilitas (*stability*) untuk model sistem *loop* tertutup lebih baik.

Pada penelitian ini akan digunakan pengontrol berupa *fuzzy logic* dikarenakan pendekatan teori *fuzzy* ini telah sukses menjadi salah satu dari *intelligent controllers* (kontroller cerdas) yang dapat meningkatkan performa dari sistem *DC-DC converter*. Penggunaan *fuzzy logic controller* pada *DC-DC boost converter* berperan dalam mengontrol tegangan keluaran sesuai yang diinginkan persyaratan serta mampu mengendalikan nilai *overshoot* yang terjadi [4]. Penggunaan kontroller *fuzzy* tidak membutuhkan model matematis yang akurat dan memiliki respon transien yang lebih cepat, *overshoot* yang lebih rendah, dan penolakan yang lebih baik terhadap gangguan [5]

2. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk memperoleh data pertama serta hasil analisa maka pada penelitian ini dilakukan beberapa tahap penelitian yakni langkah awal berupa perencanaan desain dan penentuan parameter rangkaian, spesifikasi komponen serta dasar penetapan *membership function fuzzy logic controller*. Desain rangkaian kemudian dimodelkan pada *simulink library* MATLAB R2013a yang selanjutnya dilakukan pengujian dengan *running* simulasi rangkaian untuk memperoleh hasil analisa data tegangan keluaran serta respon transien sistem.

Berikut merupakan penjelasan diagram alir (*flowchart*) penelitian yang dapat dijelaskan lebih rinci sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Menggali informasi dari beberapa referensi penelitian sebelumnya baik dari Tugas Akhir Kakak Tingkat, jurnal penelitian nasional maupun internasional, maupun dari internet.

2. Perencanaan Desain Rangkaian *Open Loop* dan *Closed Loop Boost Converter* dan Pemilihan *solar PV*

Menentukan bentuk desain rangkaian *open loop boost converter* maupun *closed loop boost converter*. Disamping itu juga menentukan pemilihan *solar PV* yang sesuai dengan kebutuhan.

3. Perhitungan Parameter Rangkaian dan Spesifikasi Komponen

Setelah diketahui bentuk desain rangkaian yang digunakan yakni terdiri atas induktor (L), Kapasitor (C), Dioda, MOSFET maka selanjutnya dilakukan perhitungan parameter rangkaian yang nanti akan digunakan dalam simulasi rangkaian pada *simulink library* MATLAB.

4. Perencanaan *Fuzzy Logic Controller*

Perencanaan *fuzzy logic controller* pada rangkaian *closed loop boost converter* yang berfungsi untuk mengatur *duty cycle* MOSFET dilakukan beberapa tahapan yakni *fuzzyfikasi*, *rule base* (inferensi), dan *defuzzyfikasi*. Ketiga tahap tersebut perlu ditentukan pula penetapan dasar *membership function*-nya sehingga diharapkan nilai *output* nantinya dapat tercapai.

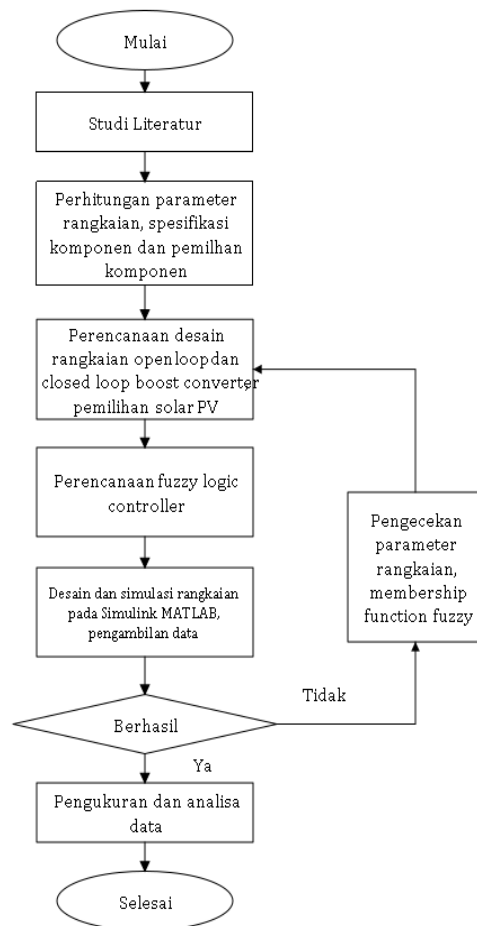
5. Desain dan Simulasi Rangkaian Pada *Simulink* MATLAB

Rangkaian *open loop* maupun *closed loop boost converter* perlu didesain dan disimulasikan terlebih dahulu menggunakan *software* MATLAB R2013a dengan fitur *simulink* yang telah disediakan untuk mengetahui kinerja dari rangkaian.

7. Analisa Data

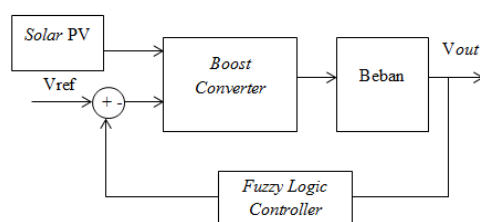
Pada tahap ini dilakukan pengambilan data dari hasil pengujian dan pengukuran *running* simulasi yang disertakan pada tabel rencana pengujian.

2.1. Flowchart Pengerjaan



Gambar 1. Diagram Alir Pengerjaan Sistem

2.2. Perencanaan Desain Rangkaian (Blok Diagram Sistem)



Gambar 2. Blok Diagram Rangkaian

Dalam gambar blok diagram rangkaian menunjukkan bahwa pada perancangan *boost converter* ini digunakan sumber tegangan berupa *solar PV* yang tegangan dapat bervariasi akibat pengaruh dari intensitas cahaya matahari. Nilai tegangan *input* dari *solar PV* yang bervariasi ini tentunya akan menyebabkan nilai tegangan keluaran *boost converter* juga bervariasi atau fluktuatif. Dikarenakan *boost converter* dirancang nantinya untuk menyuplai beban motor sebesar

36 Volt, maka tegangan keluaran ini perlu dijaga agar tetap pada referensi/ *setpoint* sebesar 36 Volt. Oleh karena itu untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran *boost converter* sesuai dengan tegangan referensi 36 Volt, maka digunakan algoritma *fuzzy* untuk mengendalikan *duty cycle*. Pengendalian *duty cycle* oleh *fuzzy logic controller* diatur berdasarkan *error* (e) dan *delta error* (de) dari tegangan keluaran. Nilai *error* (e) dan *delta error* (de) dari tegangan keluaran ini akan menjadi variabel *input fuzzy* yang nantinya akan diproses oleh *fuzzy logic controller* melalui tahapan *fuzzyfikasi*, inferensi, dan *defuzzyfikasi* untuk menghasilkan *output* berupa perubahan *duty cycle* yang harus diatur sebagai fungsi *switching ON OFF MOSFET*.

2.3. Penentuan Parameter Rangkaian

Berikut merupakan langkah menentukan parameter yang dibutuhkan pada rangkaian *DC-DC boost converter*:

a) Tegangan Masukan (*Vinput*)

Nilai *Vinput* yang pada penelitian ini bervariasi dikarenakan berasal dari *solar PV*. Sehingga ditetapkan *range* yakni dari 3,6 Volt hingga 18,45 Volt yakni ketika tegangan saat daya maksimum *solar PV* (*Vmp*) sebesar 18,45 Volt.

b) Tegangan Referensi (*Vref*)

Tegangan referensi atau *Vref* yakni besar tegangan keluaran yang ditetapkan atau yang diinginkan (*setpoint*) menyesuaikan dengan kebutuhan beban. Pada penelitian ini tegangan referensi yang dipilih sebesar 36 Volt.

c) *Duty Cycle* (D)

Penentuan nilai *Duty Cycle* pada rangkaian *DC-DC boost converter* akan mempengaruhi besarnya nilai tegangan keluaran yang dihasilkan [6]. Nilai D dapat ditentukan seperti pada persamaan (1):

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

Nilai D terbagi menjadi 2 yakni ketika nilai D minimum dan D maksimum. Nilai D (*Dmin*) bernilai minimum ketika nilai *Vinput*=*Vmp* sebesar 18,45 Volt. Sedangkan nilai D bernilai maksimum (*Dmaks*) ketika nilai *Vinput* minimum yakni 3,6 Volt. sehingga dapat diperoleh hasil perhitungan nilai D untuk *Vinput*=*Vmp* sebesar 18,45 Volt (*Dmin*) sebesar 50%. Sedangkan nilai D untuk *Vinput* minimum yakni 3,6 Volt (*Dmax*) sebesar 90%.

d) Frekuensi *Switching*

Pada penelitian ini frekuensi *switching* yang digunakan sebesar 62 kHz [7]. Hal ini dikarenakan arduino umumnya dapat membuat frekuensi sebesar 31 kHz dan 62 kHz untuk *switching*.

e) *Ripple* Tegangan Kapasitor

Nilai presentase *ripple* dapat ditentukan dengan persamaan (2) sebagai berikut [6]:

$$\Delta V = \text{Ripple tegangan keluaran (\%)} \times V_o \quad (2)$$

Diasumsikan presentasi *ripple* tegangan keluaran sebesar 1%, sehingga diperoleh nilai *ripple* tegangan kapasitor sebesar 0.36.

f) Arus *Output* Maksimum *DC-DC Boost Converter*

Penentuan arus *output* (*I_{output}*) maksimum *dc-dc boost converter* berdasarkan daya maksimum beban yang akan direncanakan serta tegangan *output* referensi yang ditetapkan. Daya maksimum beban perancangan sebesar 10 Watt. Maka sesuai persamaan dapat dihitung *I_{out}* seperti pada persamaan (3)

$$I_{out} = \frac{P_{\text{maksimum beban perancangan}}}{V_o} \quad (3)$$

Sehingga diperoleh nilai arus *output* (*I_{output}*) maksimum sebesar 0.277A

g) *Ripple* Arus Induktor

Nilai presentase *ripple* dapat ditentukan dengan persamaan (4) sebagai berikut [6]:

$$\Delta IL = \text{Ripple arus induktor (\%)} \times IL \quad (4)$$

Sedangkan nilai IL dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$IL = \frac{I_{out}}{1 - D_{maks}} \quad (5)$$

Dengan asumsi *ripple* arus induktor sebesar 20%, maka nilai presentase *ripple* arus induktor diperoleh sebesar 0.554 A.

TABEL 1. PARAMETER RANGKAIAN *DC-DC BOOST CONVERTER*

Parameter	Nilai
Tegangan Masukan (<i>V_{input}</i>) Minimum – Maksimum	3,6 – 18,45 Volt
Tegangan <i>output boost converter</i> (<i>V_o</i>)	36 Volt
<i>Duty Cycle</i> (D) Maksimum	0,9 (90%)

Frekuensi <i>Switching</i> (<i>f_s</i>)	62,5 kHz
<i>Ripple</i> Tegangan Kapasitor (ΔV_o)	0,36
Arus <i>output DC-DC Boost Converter</i> (<i>I_{out}</i>)	0,277 A
<i>Ripple</i> Arus Induktor (ΔIL)	0,554 A

2.4. Penentuan Spesifikasi Komponen

Berikut merupakan langkah menentukan spesifikasi komponen yang digunakan pada rangkaian *DC-DC boost converter* :

a.) Solar PV

Solar PV yang digunakan adalah *solar* PV jenis *Monocrystalline* produk INScorn model KMM-270

b.) Induktor (*L₁*)

Untuk menentukan nilai induktansi pada komponen induktor yang digunakan dapat ditentukan dengan persamaan berikut [3]

$$L_{crit} \geq 1 - \frac{V_{in} \times D_{maks}}{f_s \times \Delta IL} \quad (6)$$

Berdasarkan hasil perhitungan dengan persamaan di atas, maka digunakan induktor ferrite dengan nilai 93.57e-5H atau ≥ 0.0009357401 H

c.) Kapasitor (*C₁*)

Untuk menentukan nilai kapasitansi pada komponen induktor yang digunakan dapat ditentukan dengan persamaan berikut berikut [3]:

$$C \geq \frac{I_{out} \times D_{maks}}{f_s \times \Delta V_{out}} \quad (7)$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai kapasitansi sebesar 110.8e-7 F. Sehingga digunakan kapasitor ELCO merk KYA dengan nilai 470 μ F sesuai yang ada di pasaran.

d.) Dioda (*D₁*)

Diketahui bahwa *V_{outmax boost converter}* yakni sebesar 36 Volt, sedangkan nilai *I_{peak inductor current}* (*I_{Lpeak}*) dapat dicari dengan persamaan (8) berikut:

$$I_{Lpeak} = IL + \frac{\Delta IL}{2} \quad (8)$$

Berdasarkan perhitungan persamaan diperoleh nilai 3,047 Ampere. Sehingga dioda yang dipilih yakni memiliki nilai *V_{breakdown}* (tegangan dadal atau tegangan balik yang dapat ditahan oleh dioda) ≥ 36 V dan *I_{dioda}* ≥ 3.047 A Maka digunakan dioda *schottky* IN5401 dengan

nilai tegangan balik yang dapat ditahan dioda (V_{RRM}) 100 Volt dan dapat dilewati arus pada arah maju sebagai penyearah ($I_{F(AV)}$) hingga 3 Ampere

e.) MOSFET (Q1)

Pemilihan komponen MOSFET nilai tegangan operasinya harus melebihi nilai tegangan keluaran (Sasue R *et al.*, 2018) yang diinginkan (*setpoint*) yakni 36 Volt. Sedangkan kemampuan operasi maksimum arus *drain* (I_D) mengacu pada nilai arus maksimum *supply* (Assyidiq *et al.*, 2017) atau arus saat daya maksimum (*Imp*) solar PV yakni sebesar 1,08 A. Sehingga pada penelitian ini dipilih MOSFET IRF510 dengan tegangan *drain source* (V_{DS}) 100 Volt dan arus *drain* (I_D) maksimum 5,6 ampere sebagaimana yang ada di pasaran

f.) Resistor *Gate* MOSFET dan Resistor *Pull Down* (R1, R2)

Nilai R1 dan R2 dapat ditentukan sebagai berikut [8]

$$I_{max} = \frac{V_{ref \text{ arduino}}}{R} \quad (9)$$

Dengan nilai V_{ref} arduino yakni 5 Volt dan diasumsikan nilai arus maksimum yang diterima oleh arduino sebesar 5mA, Maka nilai resistor *gate* R1 bernilai 1000 Ω . Sedangkan nilai resistor *pull down* R2 memiliki nilai setidaknya 100 kali lebih besar dari resistor *gate* R1 namun bersifat opsional dan dapat diabaikan. Untuk nilai resistor R2 dapat dihitung sebagai berikut:

$$R2 = 100 \times R1 \quad (10)$$

Diperoleh nilai resistor *pulldown* R2 bernilai 100 k Ω .

g.) Beban

Aplikasi beban yang digunakan pada penelitian ini yakni menggunakan beban Resistor (R) berdasarkan penentuan V_{out} dan I_{out} perancangan *boost converter* [9]. Untuk nilai R saat pembebanan maksimum dapat dihitung dengan persamaan (11) berikut:

$$R = \frac{V_{out}}{I_{out}} \quad (11)$$

Berdasarkan hasil perhitungan dengan persamaan di atas diperoleh nilai beban maksimum sebesar 129.96 Ω .

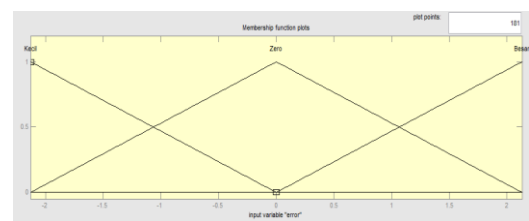
2.4 Dasar Penetapan Membership Function

1.) Fuzzifikasi

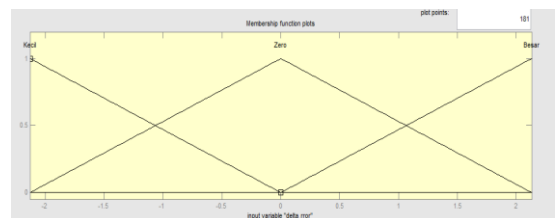
Penetapan *membership function* menggunakan suatu *tradeoff* yang mengacu pada logika berfikir dan beberapa sumber referensi, sehingga ditetapkan 2 variabel *input fuzzy* pada pengendalian *boost converter* [10] yakni nilai *error* (e) dan *delta error* (de). Persamaan nilai *error* (e) dapat dituliskan sebagai berikut Persamaan (12):

$$e[k] = V_o - V_{ref} \quad (12)$$

Maka dalam penelitian ini *range* domain untuk variabel *error* dan *delta error* dibuat dari -2.13 V hingga +2.13 V. Angka tersebut diperoleh dari nilai *error seteadystate* yang diperoleh dari hasil pengujian awal desain rangkaian *open loop boost converter* kondisi berbeban dengan mengambil nilai *error* maksimum.



Gambar 3. Tampilan *Membership Function Editor* Variabel *Input Error*



Gambar 4. Tampilan *Membership Function Editor* Variabel *Input Delta Error*

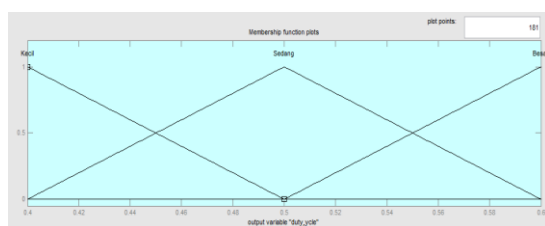
2.) Rule Base

Rule base yakni merupakan penetapan aturan yang digunakan untuk mendapatkan hasil *output*.

IF $e[k]$ is A_k **AND** $de[k]$ is B_k **THEN** $du[k]$ is C_k Sehingga dari 2 variabel input dengan masing-masing 5 himpunan, maka jumlah rule base dibuat sebanyak 5x5 dengan output yakni perubahan *duty cycle*. Variabel *output duty cycle* juga dibagi menjadi 3 himpunan yakni Kecil, Sedang, Besar. Pada penelitian ini *range* domain *duty cycle* dibuat dari 0.4 hingga 0.6.

TABEL 2. RULE BASE UNTUK MENENTUKAN NILAI OUTPUT DUTY CYCLE

e \ de	Kecil	Zero	Besar
Kecil	Besar	Besar	Sedang
Zero	Besar	Sedang	Kecil
Besar	Sedang	Kecil	Kecil



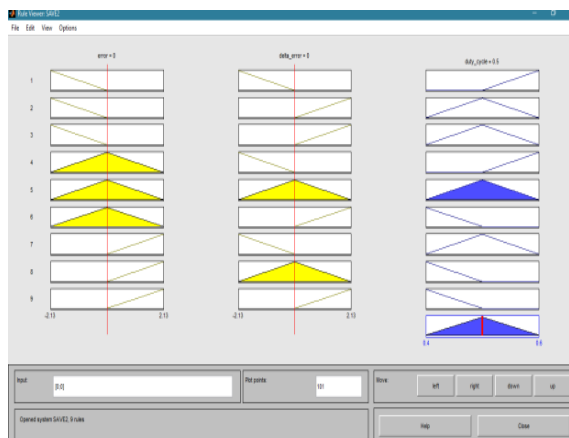
Gambar 5. Tampilan Membership Function Editor Variabel Output Duty Cycle

3.) Inferensi

Inferensi merupakan proses untuk mendapatkan nilai himpunan *fuzzy* berdasarkan metode yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan metode mamdani (MIN-MAX) antar korelasi aturan [11].

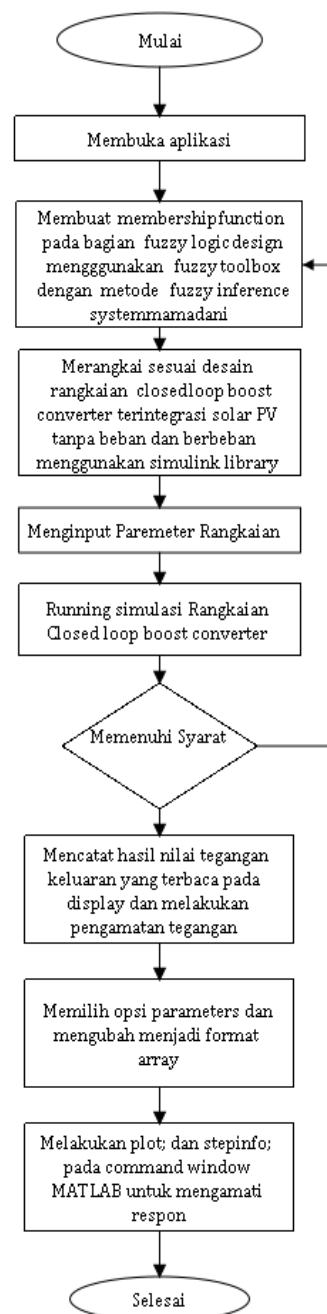
4.) Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses mendapatkan nilai *output* yang tegas (*crisp*). Metode yang paling umum digunakan adalah menggunakan metode *centroid* (*composite moment*), dimana nilai *output* diperoleh dengan cara menghitung luas dan momen.



Gambar 6. Tampilan Rule Viewer

2.5 Dasar Penetapan Membership Function



Gambar 7. Flowchart Tahapan Penggunaan Matlab

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Pengukuran Solar PV Tanpa Menggunakan Boost Converter (Kondisi Open Circuit)

Berikut merupakan hasil data yang didapatkan dan disajikan dalam bentuk tabel 3 berikut ini:

TABEL 3. HASIL PENGUKURAN TEGANGAN OUTPUT SOLAR PV TANPA BOOST (OPEN CIRCUIT)

No	Jam Pengukuran	Nilai tegangan output solar PV tanpa boost (Volt)	Intensitas cahaya matahari (W/m^2)
1	13.10	19,26	763
2	13.12	19,26	763
3	13.14	19,23	812
4	13.16	19,22	812
5	13.18	19,22	812
6	13.20	19,17	718
7	13.22	19,13	812
8	13.24	19,16	718
9	13.28	19,17	812
10	13.30	19,22	718
11	13.32	17,34	749
12	13.34	17,97	749
13	13.36	18,41	749
14	13.38	18,51	749
15	13.40	18,64	749
16	13.42	18,82	749
17	13.44	18,86	749
18	13.46	18,93	749
19	13.48	19,01	723

Berdasarkan hasil pengukuran yang disajikan pada tabel di atas dapat disimpulkan bahwa tegangan keluaran (*output*) solar PV tanpa *boost converter* atau kondisi *open circuit* dapat bervariasi akibat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari pada permukaan solar PV.

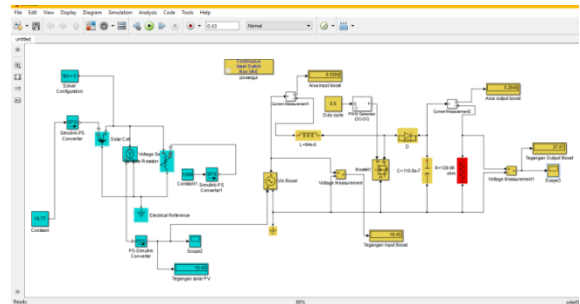
3.2 Data Pengukuran Solar PV Pada Rangkaian Boost Converter Tanpa Fuzzy Logic Controller (Open Loop) Kondisi Berbeban

Pada penelitian ini rangkaian *open loop boost converter* bertindak sebagai pembanding untuk data hasil pengukuran dan pengujian dengan rangkaian *closed loop boost converter*.



Gambar 8. Sinyal Pulsa Digital Untuk Duty Cycle 0,5

Pengujian dilakukan dengan nilai *duty cycle* dijaga konstan sebesar 0.5. Adapun gambar sinyal pulsa digital untuk *duty cycle* seperti pada gambar 8. Pada penelitian ini rangkaian *open loop boost converter* bertindak sebagai pembanding untuk data hasil pengukuran dan pengujian dengan rangkaian *closed loop boost converter*.



Gambar 9. Desain Rangkaian Open Loop Boost Converter Terintegrasi Solar PV Berbeban

Data terukur dari hasil pengujian rangkaian *open loop boost converter* berbeban disajikan pada tabel 4 berikut:

TABEL 4. HASIL PENGUKURAN OPEN LOOP BOOST CONVERTER TERINTEGRASI SOLAR PV BERBEBAN

No	Beban	Tegangan input boost / V_{solar} PV (Volt)	Tegangan output boost / V_{out} boost (Volt)	Vref	Error ($V_{out} - V_{ref}$) * 100 % (%)
1	129.9 Ω	17.34	34.78	36	-1.22
2		17.97	36.04	36	0.04
3		18.41	36.93	36	0.93
4		18.45	37.01	36	1.01
5		18.51	37.13	36	1.13
6		18.64	37.39	36	1.39
7		18.82	37.75	36	1.15
8		18.86	37.83	36	1.83
9		18.93	37.97	36	1.97
10		19.01	38.13	36	2.13

Error Rata-Rata (%)	1.036
---------------------	-------

Disamping itu dapat ditampilkan grafik tegangan keluaran yang diperoleh dari hasil pengujian rangkaian *open loop boost converter* sebagaimana gambar 10. Grafik tegangan keluaran tersebut kemudian dapat digunakan untuk mengetahui tanggapan respon transien dengan cara mengubah format parameter menjadi *array*. Kemudian dapat dilakukan *plot* dan *stepinfo* sehingga akan tampil nilai tanggapan respon transien [12] secara otomatis pada *window software MATLAB*.



Gambar 10. Grafik Tegangan Keluaran Rangkaian Open Loop Boost Converter Terintegrasi Solar PV Berbeban

Adapun data hasil *plot* dan *stepinfo* secara keseluruhan disajikan dalam bentuk tabel 5 berikut ini:

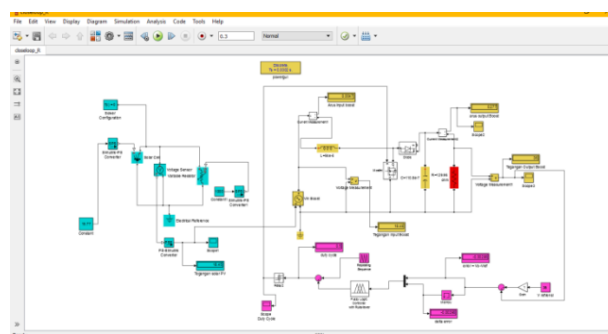
TABEL 5. HASIL PEREKAMAN DATA TANGGAPAN RESPON TRANSIEN *OPEN LOOP BOOST CONVERTER* TERINTEGRASI SOLAR PV BERBEBAN

No	Vsolar PV (Volt)	Vout boost (Volt)	Respon Transien			
			Ts (ms)	Tr (ms)	Tp (ms)	Mp (%)
1	17.34	34.78	1.0124e+04	273.2778	858	78.6564
2	17.97	36.04	1.0121e+04	273.2778	858	78.6564
3	18.41	36.93	1.0121e+04	273.2662	814	78.6564
4	18.45	37.01	1.0083e+04	273.2662	814	78.6564
5	18.51	37.13	1.0122e+04	273.3053	771	78.6564

6	18.64	37.39	1.0126e+04	273.2662	815	78.6564
7	18.82	37.75	1.0043e+04	273.2662	815	78.6564
8	18.86	37.83	1.0165e+04	273.2662	815	78.6564
9	18.93	37.97	1.0052e+04	274.9017	783	78.6564
10	19.01	38.13	1.0126e+04	273.2662	816	78.6564
Rata-Rata			1.01e+04	273.436	815.9	78.6564

3.3 Data Pengukuran Solar PV Pada Rangkaian Boost Converter Dengan Fuzzy Logic Controller (Closed Loop) Kondisi Berbeban

Berikut merupakan salah satu contoh desain rangkaian *closed loop boost converter* berbeban yang dibuat dengan sampel *Vinput* solar PV sebesar 18,45 Volt (*constant* 15.77):



Gambar 11. Desain Rangkaian Closed Loop Boost Converter Terintegrasi Solar PV Berbeban



Gambar 12. Grafik Tegangan Keluaran Rangkaian Closed Loop Boost Converter Terintegrasi Solar PV Berbeban

Adapun data hasil *plot* dan *stepinfo* secara keseluruhan disajikan dalam bentuk table 6 berikut ini:

TABEL 6. HASIL PEREKAMAN DATA TANGGAPAN RESPON TRANSIEN *CLOSED LOOP BOOST CONVERTER* TERINTEGRASI SOLAR PV BERBEBAN

No	Vsolar PV (Volt)	Vout boost (Volt)	Respon Transien			
			Ts (ms)	Tr (ms)	Tp (ms)	Mp (%)
1	17.34	34.78	30.513	1.3761	4	64.5507
2	17.97	36.04	30.5015	1.3761	4	64.5511
3	18.41	36.93	30.5016	1.3761	4	64.5514
4	18.45	37.01	30.5016	1.3761	4	64.5514
5	18.51	37.13	30.5016	1.3761	4	64.5514
6	18.64	37.39	30.5017	1.3761	4	64.5515
7	18.82	37.75	30.5017	1.3761	4	64.5516
8	18.86	37.83	30.5018	1.3761	4	64.5517
9	18.93	37.97	30.5018	1.3761	4	64.5517
10	19.01	38.13	30.5018	1.3761	4	64.5517
Rata-Rata			30.5028	1.3761	4	64.5541

4 Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- 1.) Rangkaian *open loop boost converter* berbeban dapat menaikkan tegangan *input* (*Vinput*) dari solar PV bervariasi (17.34-19.01 Volt) dengan nilai *dutycycle* dijaga konstan 0.5. Nilai rata-rata tegangan keluaran yang dihasilkan sebesar 37.096 Volt dan *error* rata-rata selisih antara *Voutput* dengan nilai *Vrefrensi* (*Vref*) sebesar 1.036 %. Sedangkan rangkaian *closed loop boost converter* berbeban dengan nilai *dutycycle* bervariasi yang dikendalikan oleh *fuzzy logic controller* memiliki nilai rata-rata tegangan keluaran yang dihasilkan sebesar 36.082 Volt dan *error* rata-rata selisih antara *Voutput* dengan nilai

Vrefrensi (*Vref*) sebesar 0.082 %.

- 2.) Penggunaan *fuzzy logic controller* pada *boost converter* dengan tegangan *input* (*Vinput*) solar PV bervariasi dapat menghasilkan tegangan keluaran (*Voutput*) stabil pada *setpoint* yang diinginkan sebesar 36 Volt.
- 3.) Penggunaan *fuzzy logic controller* pada *boost converter* dapat memperbaiki tanggapan respon transien sistem dengan mempercepat atau menurunkan nilai *settling time* (*ts*), *rise time* (*tr*), *peak time* (*tp*).
- 4.) Penggunaan *fuzzy logic controller* pada *boost converter* dapat mereduksi *maximum overshoot* (*Mp*).

4.2 Saran

- 1.) Mengamati *ripple* tegangan keluaran (*Voutput*) maupun arus keluaran (*Ioutput*) *boost converter*
- 2.) Mengamati pengaruh variasi beban terhadap nilai tegangan keluaran (*Voutput*) maupun arus keluaran (*Ioutput*) *boost converter*
- 3.) Perbaikan dan penyempurnaan dalam implementasi *hardware* untuk dapat diaplikasikan secara nyata pada pemasangan solar PV atau Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

5 Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Institusi Politeknik Negeri Malang serta rekan satu tim yang telah bekerja sama dalam simulasi dan analisa penelitian ini sehingga dapat tersusun jurnal ini dengan seksama.

Daftar Pustaka:

- [1] P. Temperatur *et al.*, "The Effect Of Temperature On Voltage Produced By Monocrystalline Solar Panel (Case Study : Baristand Industri Surabaya)," 2016.
- [2] Kusumadewi and H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Graha Ilmu, 2004.
- [3] J. R. Mahmood and N. H. Selman, "Control of the Output Voltage of the PV System Based DC-DC Boost Converter Using Arduino microcontroller 1," *International Journal of Science Engineering and Advance Technology, IJSEAT*, vol. 4, no. 7, 2016, [Online]. Available: www.ijseat.com
- [4] N. F. Nik Ismail, I. Musirin, R. Baharom, and D. Johari, "Fuzzy logic controller on

- DC/DC boost converter," in *PECon2010 - 2010 IEEE International Conference on Power and Energy*, 2010, pp. 661–666. doi: 10.1109/PECON.2010.5697663.
- [5] R. Dwi Susetyo, C. Lecturer Dedet Candra Riawan, and Me. Heri Suryoatmojo, "FINAL PROJECT-TE 141599 DESIGN AND SIMULATION BOOST CONVERTER FOUR LEVEL WITH MPPT CONTROL FOR SOLAR WATER PUMPING APPLICATION," 2015.
- [6] A. Gusviandi Pratama, A. Dedet Candra Riawan, and I. Soedibyo, "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF INTERLEAVED BOOST CONVERTER FOR PHOTOVOLTAIC MODULE APPLICATION," 2014.
- [7] R. Fibrianti, "Rancang Bangun SEPIC (Single-Ended Primary Inductance Converter) untuk Aplikasi MPPT (Maximum Power Point Tracker) Jenis Constant Voltage(CV)," *Jurnal Teknologi Elekterika*, vol. 4, no. 2, p. 7, Nov. 2020, doi: 10.31963/elekterika.v4i2.2159.
- [8] H. Yudia Setyo Anggoro, W. Hadikurniawati, and J. Tri lomba Juang no, "IMPLEMENTASI FUZZY CASE BASED REASONING UNTUK DIAGNOSA PENYAKIT TANAMAN PADI," 2022. [Online]. Available: <http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jir> eISSN.2620-6900
- [9] Muhammad H. Rashid, "POWER ELECTRONICS HANDBOOK," 2011.
- [10] Siahaan and Fernando, "Pengaruh Penggunaan Fuzzy Logic Control pada Pulse Width Modulation Bosst Converter Sebagai Penggerak Motor DC Seri," Universitas Sumatera Utara, 2018.
- [11] Tarigana and J. Frido, "Simulasi dan Pemodelan Fuzzy Logic Control untuk Pengendali Pulse Width Modulation pada Boost Converter," Universitas Sumatera Utara, 2018.
- [12] Y. Agung Prabowo, L. Eko Utomo Mandala Putra, J. Teknik Elektro, and I. A. Teknologi Adhi Tama Surabaya JIn Hakim, "PERANCANGAN HOUR METER BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY," 2022. [Online]. Available: <http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jir> eISSN.2620-6900
- [13] Sharma P *et.al.* 2018. Design and Implementation Of Closed Loop Boost Converter for Solar Power Installation System Using Fuzzy Logic Controller. *International Journal Of Science Engineering And Advance Technology* : 2016
- [14] Cahyo A *et.al.* 2018. Konverter Daya DC-DC Sebagai Driver Motor DC Dengan Sistem Kendali Kecepatan Cascade PI . *e-Proceeding Of Engineering* 5(1) : 16-21
- [15] Susetyo, R. 2015. Desain dan Simulasi Boost Converter Empat Tingkat Dengan Kontrol MPPT Untuk Aplikasi Solar Water Pumping. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya