ISSN (Cetak) 2527-6042
eISSN (Online) 2527-6050

ANALISIS UNJUK KERJA MULTIPLE INPUT KONVERTER PADA SISTEM HIBRID PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU

Machmud Effendy*[1], Nurhadi[2]
Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Malang

Machmud Effendy
Jl. Raya Tlogomas 246 Malang, Telp/Fax 0341-464318 ext 129
E-mail: machmud@umm.ac.id

Abstrak

Multi input DC-DC konverter merupakan salah satu jenis konverter yang mampu menggabungkan dua sumber energi listrik. Dalam penelitian ini sumber energi listrik yang digunakan adalah solar sel dan angin, sedangkan jenis dc-dc konverter yang digunakan adalah buck konverter. Analisis unjuk kerja multi input DC-DC konverter berhasil disimulasikan menggunakan program Matlab. Hasil simulasi menunjukkan bahwa konverter ini dapat menstabilkan tegangan beban dengan mengubah-ubah nilai duty cycle. Algoritma fuzzy digunakan untuk menentukan nilai duty cycle yang diperlukan transistor untuk mengalirkan daya listrik dari solar sel ke beban. Hasilnya menunjukkan bahwa tegangan beban tetap stabil 27 Volt saat terjadi fluktuasi irradiasi matahari. Daya listrik yang berhasil disalurkan ke beban sebesar 580 watt dari 604 watt yang berasal dari sistem hybrid solar sel dan angin

Kata kunci: *Multi Input Konverter, Buck Konverter, Sistem Hybrid*

1. Pendahuluan

Saat ini, pemanfaatan dan perkembangan sumber energi terbarukan seperti energi matahari dan energi angin menjadi energi listrik terus meningkat. Hal ini dibuktikan dengan semakin banyaknya pembangunan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) di beberapa daerah di Indonesia [1]. Seiring dengan itu, teknologi elektronika daya sebagai salah satu perangkat pendukung sistem kendali tegangan pada PLTS dan PLTB juga semakin berkembang. Ketersediaan energi matahari dan energi angin tergantung pada kondisi cuaca dan kecepatan angin, sehingga untuk lebih menjamin ketersediaan energi listrik dari energi matahari dan energi angin, dibutuhkan sistem hybrid yang mampu menggabungkan dua sumber energi terbarukan tersebut [2].

Sistem hybrid yang selama ini beroperasi adalah menggabungkan lebih dari satu sistem pembangkit listrik, sebagai contoh PLTS di gabung dengan PLTB. Salah satu perangkat elektronika daya yang dibutuhkan untuk sistem hybrid ini adalah multi input konverter (MIC). Alat ini berfungsi untuk menggabungkan keluaran listrik dari PLTS dan PLTB, sekaligus menstabilkan tegangannya. MIC bekerja berdasarkan perubahan nilai duty cycle yang diumpankan pada komponen MOSFET, sehingga tegangan keluaran konverter dapat diatur [3],[4],[5].

Pada awalnya topologi rangkaian MIC untuk sistem hybrid menggunakan lebih dari satu jenis rangkaian konverter, seperti yang ditunjukkan Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan bahwa MIC dengan dua konverter membutuhkan lebih banyak komponen, lebih banyak daya listrik, sehingga akan mengurangi efisiensi daya listrik. Oleh karena itu dibutuhkan MIC dengan hanya satu jenis konverter, sehingga akan mengurangi jumlah komponen dan daya listrik, dan akhirnya akan meningkatkan efisiensi daya listrik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Saat S1 dan S2 dalam kondisi ON, diode D1 dan D2 berkondisi reverse bias, dan V1 dan V2 tersusun seri menyuplai komponen penyimpanan daya induktor L dan kapasitor C, serta beban R. Persamaan dasar untuk MIC dua buck konverter ini ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$\mathrm{Vo} = \mathrm{V1.D1} + \mathrm{V2.D2} \tag{1}$$

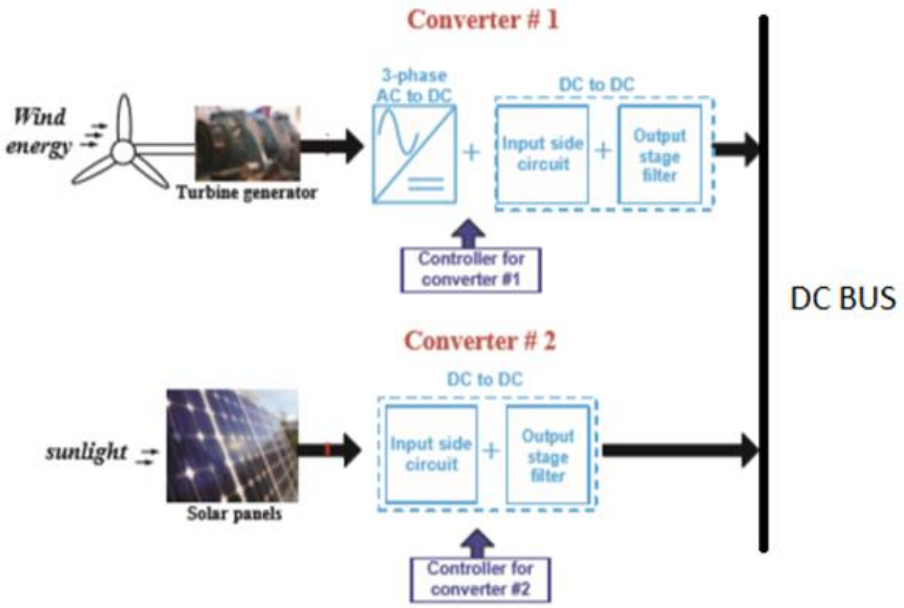
Saat ini, MIC yang menggunakan lebih dari satu jenis konverter telah banyak didesain dan dibuat. MIC tidak hanya untuk menggabungkan dua buah jenis konverter, tapi juga berfungsi untuk menstabilkan tegangan listrik dengan mengubah nilai duty cycle secara manual [6]. Penelitian lain juga merancang MIC dengan sistem close loop, artinya perubahan nilai duty cycle sesuai dengan

ISSN (Cetak) 2527-6042
eISSN (Online) 2527-6050

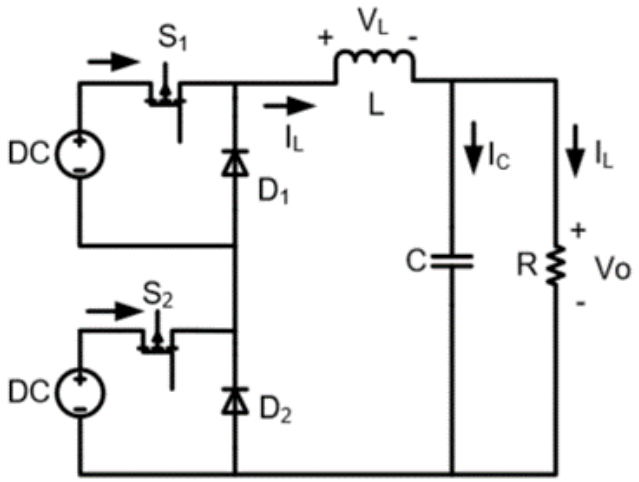
perubahan tegangan keluaran sistem, jika tegangan keluaran sistem melebihi tegangan referensi, maka nilai dari salah satu duty cycle dikurangi, begitu juga jika tegangan keluaran kurang dari tegangan referensi, maka nilai dari salah satu duty cycle ditambah. Perubahan nilai duty cycle ini menggunakan algoritma kontrol PI (proportional integral) [7].

Seperti diketahui bahwa kontrol PI membutuhkan waktu steady state yang lebih lama dan memiliki osilasi yang cukup tinggi dibandingkan dengan algoritma kontrol cerdas yang lain seperti fuzzy logic, neuro fuzzy dll [8],[9],[10].

Penelitian ini, mendesain MIC dengan satu buah buck konverter, dimana input MIC berasal dari solar sel dan turbin angin. Sedangkan algoritma kontrolnya menggunakan fuzzy logic kontroller. Sehingga didapatkan MIC dengan waktu steady state yang lebih cepat dengan tingkat osilasi yang rendah. Penelitian ini dilakukan dengan metode simulasi menggunakan program Matlab.



Gambar 1 Rangkaian MIC dengan dua konverter

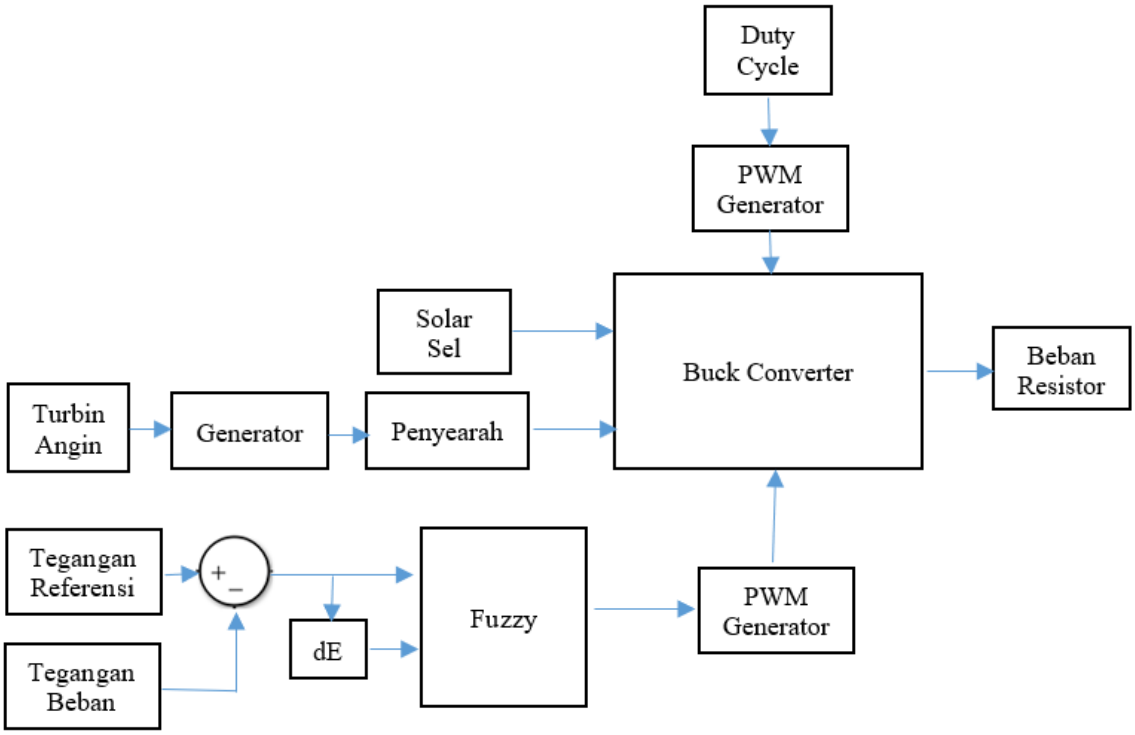


Gambar 2 Rangkaian MIC dengan satu buck konverter

2. Metode Penelitian

Desain MIC untuk sistem hybrid PLTS dan PLTB dengan satu buck konverter ditunjukkan pada Gambar 3.

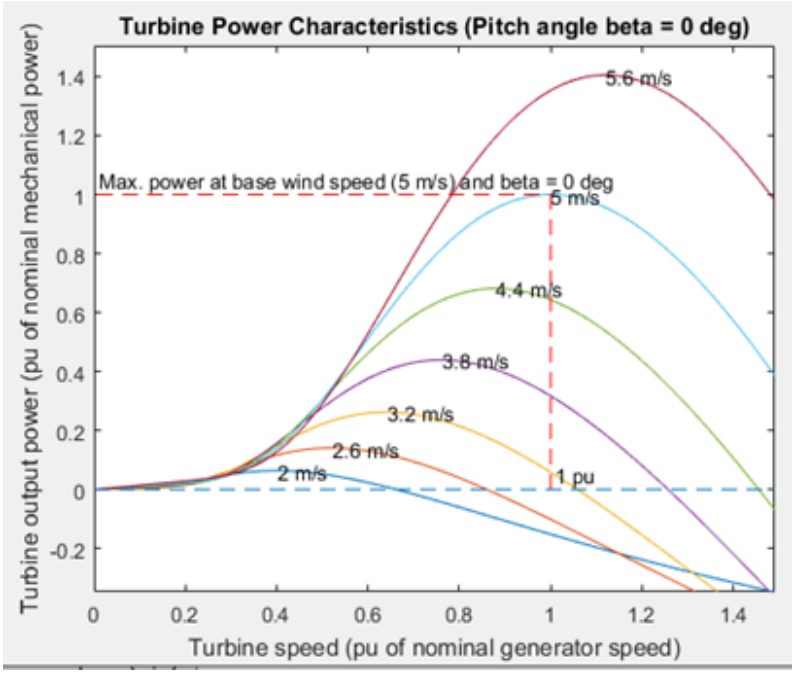
ISSN (Cetak) 2527-6042
eISSN (Online) 2527-6050



Gambar 3 Diagram blok MIC pada sistem hybrid PLTS dan PLTB

2.1 Turbin Angin

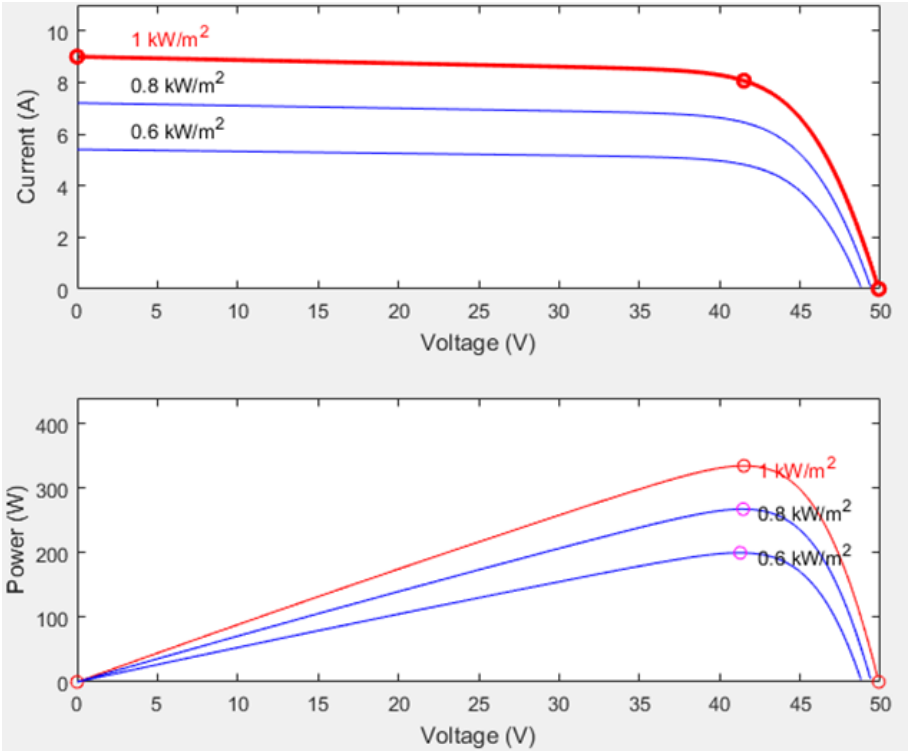
Karakteristik turbin ditunjukkan dari hubungan antara kecepatan rotor dengan daya mekanis turbin. Besarnya daya mekanis turbin angin pada kecepatan angin 5 m/detik dan *pitch angle* sebesar 0^0 sebesar 300VA (270 W) , seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Karakteristik turbin angin

2.2 Solar Sel

Karakteristik solar sel ditunjukkan dari hubungan antara tegangan dan arus, juga hubungan antara tegangan dan daya. Besarnya daya maksimum = 334 W, Tegangan maksimum = 41.5V, arus maksimum = 8.07A, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Karakteristik solar sel

2.3 Buck Konverter

Konverter daya jenis buck atau sering disebut regulator step-down, rata-rata tegangan keluaran V_{out} lebih kecil daripada tegangan masukan V_{in}. Tabel 1 menunjukkan parameter rangkaian buck konverter.

Tabel 1 Spesifikasi Buck Konverter

Parameter	Nilai
Daya output (P_O)	600W
Tegangan output (V_O)	27V
Tegangan input solar sel (V_2)	41.5V
Tegangan input turbin angin (V_1)	31V
Frekuensi pensaklaran (f)	50kHz
Ripple Vo (ΔVo)	1%

Diasumsikan nilai duty cycle 1 DC_1=0,5 maka dari Persamaan 2 diperoleh nilai DC_2 sebesar.

$$DC_2 = \frac{V_0 - V_1.DC_1}{V_2} = \frac{27 - 31.0.5}{41.5} = 0.28 \tag{2}$$

Sedangkan nilai L dan C dihitung menggunakan Persamaan 3 dan Persamaan 4.

$$L = \frac{V_0(1 - \max(DC_1.DC_2)}{0.3\left(\frac{Po}{Vin}\right).f} = \frac{27(1 - \max(0.5\,,0.28)}{0.3(\frac{600}{(31+41.5)}.50000} = 108\mu H \tag{3}$$

$$C = \frac{1 - \max(DC_1.DC_{2)}}{8.L\left(\frac{\Delta Vo}{Vo}\right)f^2.} = \frac{1 - \max(0.5\,,0.28)}{0.3.108.10^{-6}(\frac{0.01}{(27)}.50000^2} = 23\mu F \tag{4}$$

ISSN (Cetak) 2527-6042
eISSN (Online) 2527-6050

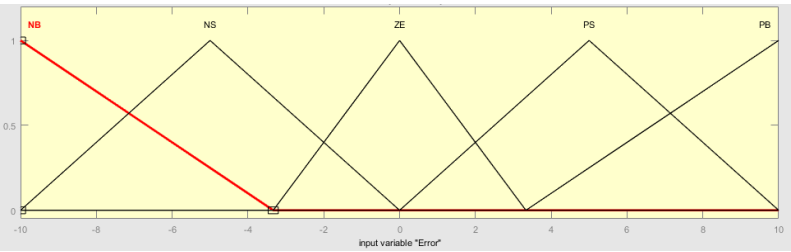
2.4 Fuzzy Logic Kontroller (FLC)

FLC memiliki dua input, yaitu error (E) dan perubahan error (dE), dan satu output yang menghasilkan duty cycle untuk memicu buck konverter. Dua input E dan dE dituliskan sebagai berikut:

Error = Tegangan referensi – Tegangan terukur pada beban

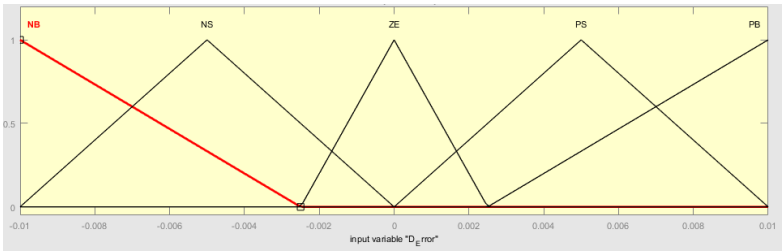
dE = Error – (Error-1)

Gambar 6 menunjukkan member function untuk error yang terdiri dari lima kondisi, yaitu NB (Negative Big), NS (Negative Small), ZE (Zero), PS (Positif Big), dan PB (Positif Big).



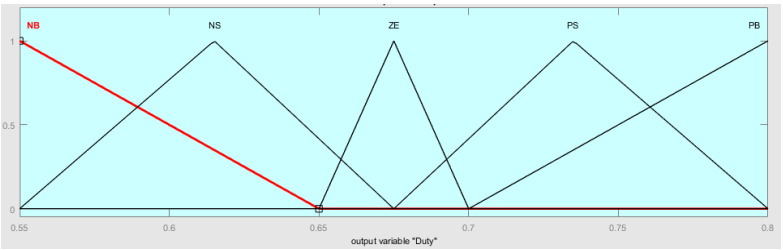
Gambar 6 Member function input error

Gambar 7 menunjukkan member function untuk delta Error yang terdiri dari lima kondisi.



Gambar 7 Member function input delta error

Gambar 8 menunjukkan member function untuk output duty cycle yang terdiri dari lima kondisi



Gambar 8 Member function output duty cycle

Sedangkan aturan dasar fuzzy memiliki 25 rules yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Tabel aturan Fuzzy

Error / d_Error	NB	NS	ZE	PS	PB
NB	NB	NB	NS	NS	ZE
NS	NB	NS	NS	ZE	PS
ZE	NS	NS	ZE	PS	PS
PS	NS	ZE	PS	PS	PB
PB	ZE	PS	PS	PB	PB

ISSN (Cetak) 2527-6042
eISSN (Online) 2527-6050

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Multi Input Buck Konverter

Untuk mengetahui kinerja multi input buck konverter, maka perlu dilakukan pengujian keluaran buck konverter dengan dua tegangan input, yaitu V1=31V dan V2=41.5V.

Tabel 3 Hasil pengujian Buck Konverter

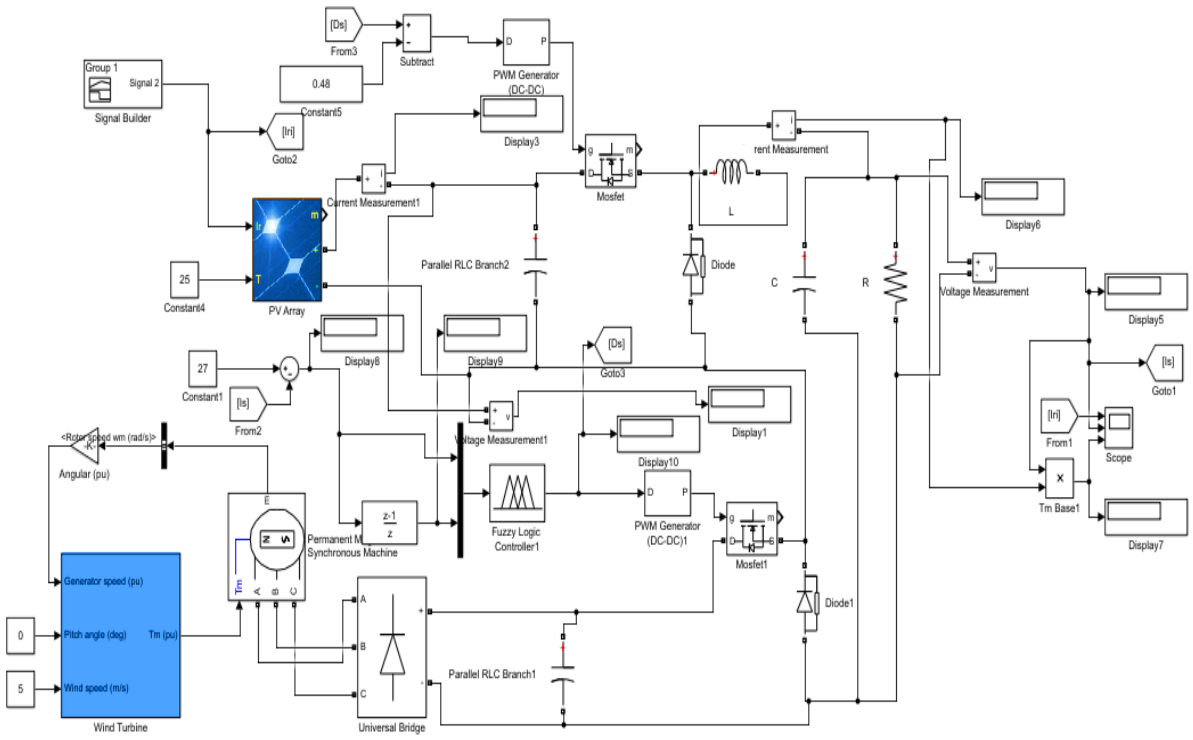
DC1	DC2	V0 (V)
0,1	0,58	27.01
0,2	0,50	27.18
0,3	0,43	27.25
0,4	0,35	27.31
0,5	0,29	27.01
0,6	0,24	27.00
0,7	0,18	27.26
0,8	0,1	27.05

Nilai DC_2 dihitung berdasarkan Persamaan 2, dan menghasilkan (Tabel 3) tegangan keluaran yang stabil pada kisaran 27V.

3.2 Pengujian MIC Saat Terjadi Perubahan Irradasi Matahari

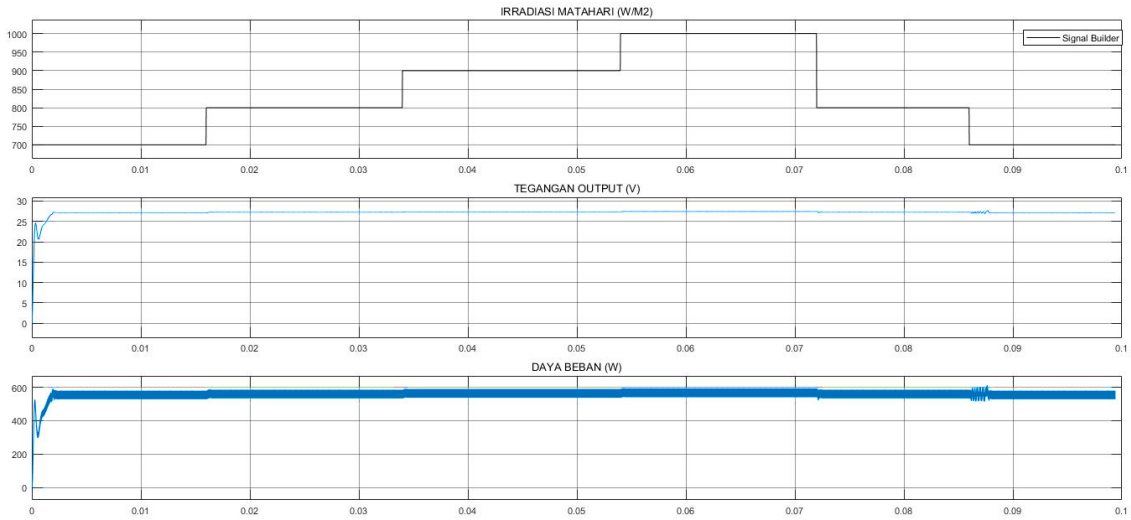
Pengujian ini menggunakan dua sumber pembangkit listrik yaitu solar sel dan angin. Daya listrik yang dibangkitkan oleh kedua sumber tersebut sebesar 604 Watt. Algoritma Fuzzy diterapkan hanya untuk solar sel, dimana tegangan referensi sebesar 27 Volt dan tegangan yang diukur adalah tegangan pada beban. Gambar 9 mengilustrasikan model simulasi MIC menggunakan matlab. Model yang dibuat antara lain model buck konverter, model algoritma fuzzy, model solar sel, model PMSG (Permanent Magnet Synchronous Generator), dan model rectifier. Hasil simulasi dari Gambar 9 ditunjukkan pada Gambar 10.

Gambar 10 menunjukkan bahwa tegangan keluaran MIC tetap stabil pada tegangan 27 Volt meskipun irradiasi matahari berfluktuasi antara 700 W/m^2 – 1000 W/m^2. Sedangkan daya yang diserap beban rata-rata sebesar 580 Watt, sehingga terdapat rugi daya 24 watt atau efisiensi daya sistem sebesar 96%.



Gambar 9 Simulasi MIC menggunakan Matlab

ISSN (Cetak) 2527-6042
eISSN (Online) 2527-6050



Gambar 10 Hasil simulasi keluaran MIC

4. Kesimpulan

Rangkaian MIC menggunakan jenis buck konverter, rangkaian ini mampu menggabungkan dua input sumber pembangkit tenaga listrik PLTS dan PLTB. MIC mampu menstabilkan tegangan keluaran dengan mengubah-ubah nilai duty cycle. Algoritma fuzzy diterapkan pada PLTS untuk mendapatkan nilai duty cycle yang diinginkan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan beban tetap stabil saat terjadi fluktuasi irradiasi matahari pada PLTS. Efisiensi daya listrik pada MIC menunjukkan hasil yang memuaskan, dengan waktu steady state kurang dari 0.005 detik.

Daftar Notasi

V_o : tegangan keluaran
V_1 : tegangan masukan
V_2 : tegangan keluaran
D_1 : duty cycle untuk transistor S1
D_2 : duty cycle untuk transistor S2

Referensi

[1] Tim ESDM, Blue Print Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025,Kementrian ESDM, 2017.
[2] B.N. Prasharth, R.Pramod. *Design and Development of Hybrid Wind and Solar Energi Sistem for Power Generation*. International Conference on MAterias Manufacturing and Modelling. India, Vol. 5, Pp. 11415-11422, 2017.
[3] Mudadla D, Swapnajut P. Design and analysis of multi input buck-boost konverter with less number switch. *International journal of pure and applied mathematics*. Vol. 114 No.7, Pp. 129-139, 2017.
[4] G. Sravani, Y.Paramesh, Performance Evaluation of Multi input Buck Boost DC-DC Konverter, International journal of Engineering Research in Electrical and Electronic Engineering, Vol 3, Pp. 46-52, 2017.
[5] Atluri Deepthi P, Ravi Srinivas, CUK-ZETA Multi-Input DC-DC Konverter, International Journal of Advanced in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, Vol 3, Pp. 13176-13185, 2014.
[6] Zainul arifin, Dedet CR, Heri S, Perancangan dan Implementasi Multi-Input Konverter Buck Untuk Pengisian Baterai Menggunakan Panel Surya dan Turbin Angin, Jurnal Teknik, Vol 5, No.2, Pp. 83-88, 2016.
[7] Kushal A, MA Chaudari, *Permormance Analysis of Multiple Input DC-DC Konverter*, International conference on Electrical, Computer and Electronics, Mathura, Vol. 17, Pp. 416-420, 2017.
[8] Eshani M, Sachin T, Advances in Electrical Engineering Journal, Pp. 1-9, 2017.

ISSN (Cetak) 2527-6042
eISSN (Online) 2527-6050

[9] Akram H, Abd El Samie B, Ayman, Comparison between Fuzzy logic and PI Kontrol for the Speed of DLDC Motor, International journal of power electronics and drive sistem, Vol 9, Pp. 1116-1123, 2018.

[10] Muhammad Irfan, Machmud Effendy, Performance comparison of fuzzy logic and proportional-integral for an electronic load kontroller, International journal of power electronics and drive sistem, Vol 8, Pp. 1176-1183, 2017.