

Rancangan Smart Charger untuk Berbagai Variasi Cahaya Matahari

Hartono¹, Wasito Utomo², Slamet Hariyadi³, Rifdian Irianto⁴

^{1,2,3,4} Politeknik Penerbangan Surabaya

Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236

Email: hartono.asempapan@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan Panel surya sebagai sumber energi terbarukan menjadi sangat optimal jika dilengkapi dengan penyimpanan energi berupa baterai. Proses penyimpanan energi ke baterai tergantung kondisi penyinaran cahaya matahari ke panel surya dan metode pada sistem battery charging controller. Pada penelitian ini telah dirancang dan diimplementasi sebuah battery charge controller dengan menggunakan rangkaian buck boost yang dikendalikan dengan metode fuzzy lookup table. Penggunaan buck boost menjadikan sistem mampu melakukan pengisian baterai pada pencahayaan yang cukup redup atau cukup terang, sedangkan metode fuzzy lookup table menjadikan sistem sangat responsif terhadap perubahan beban dan perubahan pencahayaan matahari akibat mendung atau penghalang yang lain. Untuk mengimplementasi fuzzy look up table tersebut digunakan sistem mikrokontroler jenis ATMEGA 328. Hasil dari pengujian sistem menunjukkan efisiensi buck boost sebesar 84% dengan kemampuan daya maksimal 20,48 watt..

Kata Kunci: Panel Surya, Mikrokontroler, Buck-Boost Converter, Battery Charging, Fuzzy Look Up Table

I. PENDAHULUAN

Sistem baterai charging pada sistem penerangan jalan umum yang menggunakan sumber energi solar cell memiliki peranan yang sangat signifikan. Kemampuan sistem pengisian baterai untuk tetap dapat melakukan pengisian meskipun cahaya matahari yang mengenai solar cell sangat sedikit dapat mengoptimalkan penyimpanan energi pada baterai. Kondisi ini akan sangat bermanfaat pada musim penghujan, dimana banyak sistem penerangan jalan umum (PJU) yang menggunakan sumber energi dari solar cell bekerja tidak optimal karena antara jumlah energi yang di simpan dengan energi yang dibutuhkan tidak seimbang. Pada dasarnya sebuah solar cell jika terkena sinar matahari akan menghasilkan energi listrik. Energi tersebut dapat disimpan pada sebuah baterai jika tegangannya sesuai standart pengisian baterai, misalnya 13,6 V untuk baterai 12V. Saat sinar matahari yang diterima solar cell cukup rendah, misalnya saat pagi hari, tegangan output solar cell dibawah tegangan standar pengisian baterai, sehingga diperlukan sebuah konverter DC ke DC yang dapat meninggikan tegangan output. Saat sinar matahari yang mengenai solar cell cukup besar maka tegangan luaran menjadi cukup tinggi sehingga diperlukan sebuah konverter DC ke DC yang menurunkan tegangan. Peran pengendali pada konverter DC ke DC untuk menstabilkan tegangan output agar selalu sesuai standart pengisian baterai sangat penting. Pendekatan pengendalian konvensional pada sebuah sistem memerlukan persamaan matematis sistem tersebut, hal ini akan sangat sulit dipenuhi pada sebuah sistem rangkaian yang non linear.

Kendali fuzzy logic memberikan alternatif lain dalam sistem kendali, dimana kendali fuzzy logic tidak diperlukan model matematika dari sistem karena kendali fuzzy logic bekerja berdasarkan rule-rule yang diekstrak sesuai dengan pemikiran dan pengetahuan manusia baik sebagai operator atau ahli. Pada penelitian ini untuk meningkatkan respon pengendalian buck boost converter digunakan strategi kontrol menggunakan fuzzy logic. Dengan menggunakan fuzzy logic menghasilkan respon luaran buck boost menjadi lebih cepat terhadap perubahan tegangan input, sehingga luaran konverter menjadi stabil pada tegangan 13,6V. Metode fuzzy logic dapat diimplementasikan pada mikrokontroler yang kecepatannya relatif rendah. Proses fuzifikasi pada mikrokontroler ini dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan perhitungan dan metoda melihat tabel (look-up table). Metode perhitungan dapat dilakukan apabila bentuk fungsi keanggotaannya sederhana karena jika terlalu kompleks membutuhkan komputasi yang sangat cepat.

Metoda melihat tabel (lookup table) dapat digunakan untuk semua bentuk fungsi keanggotaan, karena nilai tingkat keanggotaan sudah didefinisikan dalam tabel. Proses fuzifikasi dilakukan dengan mengambil besarnya nilai tingkat keanggotaan pada tabel untuk sebuah masukan tertentu. Alamat tabel menunjukkan besarnya masukan dan isi tabel menunjukkan nilai tingkat keanggotaannya. Kekurangan metode ini adalah kebutuhan memori yang lebih banyak untuk menyimpan tabel.

II. METODE

Sistem charging baterai ini terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat lunak berupa strategi kontrol yang akan mengendalikan kinerja perangkat keras.

2.1. Rancangan Perangkat Keras

Bagian perangkat keras pada sistem baterai charging ini terdiri atas 3 bagian utama yaitu konverter DC to DC, sistem instrumentasi tegangan dan arus serta sistem pengendali menggunakan mikrokontroler. Adapun diagram blok dari sistem baterai charging ini seperti pada gambar 2.1.



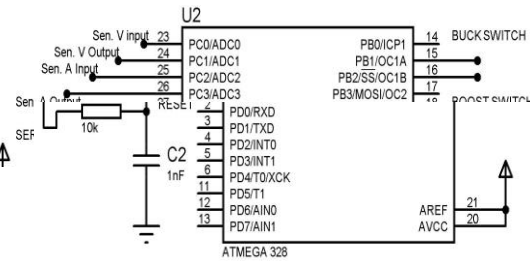
Gambar 2.1. Diagram blok sistem charging baterai dengan fuzzy lookup table.

Konverter DC to DC pada sistem ini menggunakan gabungan dari sebuah rangkaian buck converter dan boost converter standar, sehingga memerlukan 2 buah sumber gelombang PWM untuk mengatur switching nya. Sumber gelombang tersebut dihasilkan oleh mikrokontroler dari hasil perhitungan menggunakan fuzzy lookup table.

Proses fuzzy inference dalam kendali fuzzy logic terdiri atas 3 bagian yaitu fuzzifikasi, evaluasi rule dan defuzzifikasi. Fuzzifikasi mengubah nilai crisp input menjadi nilai fuzzy input. Proses evaluasi rule mengolah fuzzy input sehingga menghasilkan fuzzy output. Defuzzifikasi mengubah fuzzy output menjadi nilai crisp output.

2.1.1. Sistem Mikrokontroler

Mikrokontroler berfungsi sebagai pusat pengendali dengan strategi kontrol fuzzy lookup-table. Jenis mikrokontroler yang digunakan adalah ATMEGA 328. Interface dengan rangkaian konverter buck boost dan sensor arus dan tegangan seperti pada gambar 2.2. Sinyal PWM dengan frekwensi 15 kHz dihasilkan pada pin 9 untuk konverter buck dan pin 10 untuk konverter boost.



Gambar 2.2. Rangkaian Sistem Mikrokontroler

2.1.2. Perancangan Buck-Boost converter

Beberapa parameter sebagai dasar perancangan rangkaian buck-boost converter adalah sebagai berikut:

1. Daya konverter (P) : 27 Watt
2. Tegangan minimum input (Vinput min) : 7 V
3. Tegangan maksimum input (Vinput max) : 17 V
4. Tegangan output target (Vout) : 13,6 V
5. Ripple Tegangan Output : 1%
6. Ripple Arus Induktor : 10%
7. Arus output maksimum (Io) : 2 A
8. Beban konverter (R beban) : 12 Ω

Berdasarkan parameter tersebut diperoleh nilai komponen dengan perhitungan sebagai berikut: a. Menentukan nilai induktor

Berdasarkan masukan tegangan minimal 7 V dengan output 13,6 maka:

$$= \frac{V_{out}}{V_{in}} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$13,6 = \frac{13,6}{7} = 0,48$$

$$= \Delta \times \frac{7 \times 0,48}{0,1 \times 4 \times 15000} = 560 \mu H$$

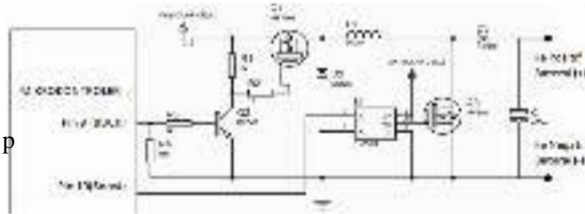
Nilai kapasitor yang digunakan adalah:

$$= \Delta \times \frac{2 \times 0,48}{0,01 \times 13,6 \times 15000} = 470$$

Desain induktor yang digunakan memiliki spesifikasi

- Diameter luar = 575 mm
- Diameter dalam = 36 mm
- Ketebalan toroida = 145 mm
- Relative magnetic permeability (μ) = 52
- Diameter kawat = 1.2 mm
- Jumlah lilitan = 88 lilitan.

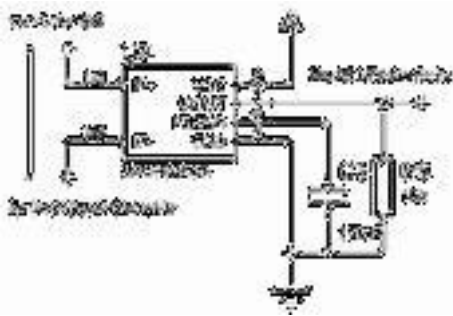
Rangkaian buck boost converter yang diimplementasikan seperti pada gambar 2.3.



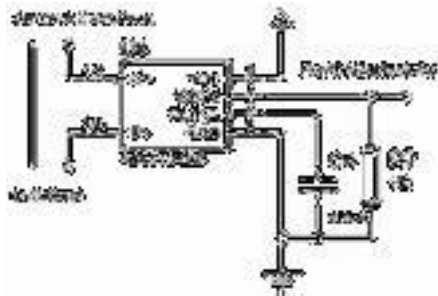
Gambar 2.3. Rangkaian Buck Boost Converter

2.1.3. Sensor Arus dan Tegangan

Sensor arus digunakan untuk mengukur besarnya arus yang keluar dari solar cell dan arus yang masuk ke beban yaitu baterai. Jenis sensor arus yang digunakan pada sistem ini menggunakan hall effect sensor yaitu ACS71205. Adapun rangkaian sensor arus seperti pada gambar 2.4



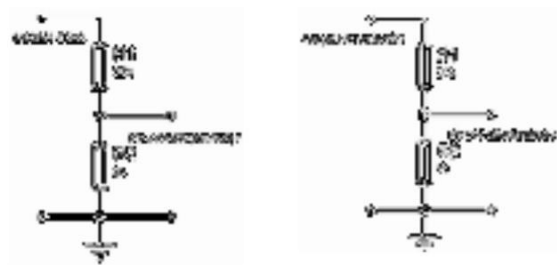
(a)



(b)

Gambar 2.4. a) Sensor arus pada output solar cell, b) sensor arus pada output konverter DC.

Sensor tegangan berfungsi untuk mengukur besarnya level tegangan pada output solar cell dan tegangan output konverter DC yang terhubung dengan baterai. Sensor ini berupa rangkaian pembagi tegangan.



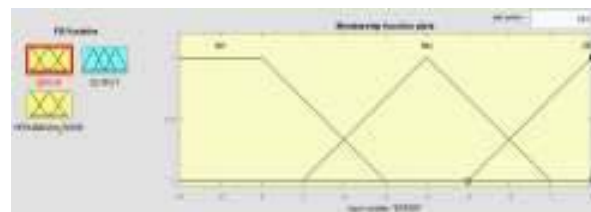
a)

b)

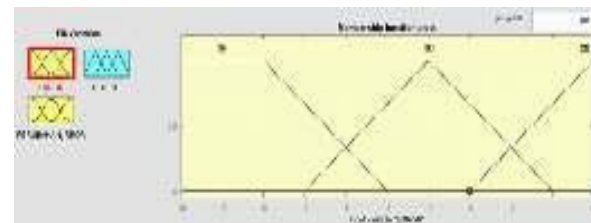
Gambar 2.5. a) Sensor tegangan pada output solar cell, b) sensor tegangan pada output konverter DC.

2.2. Perancangan Perangkat Lunak

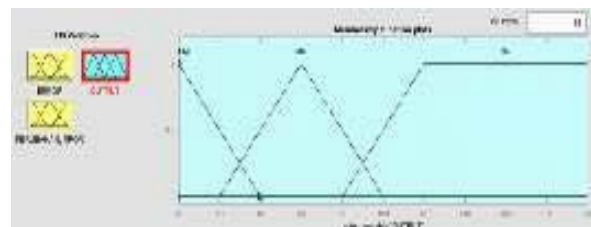
Fuzzy lookup table pada sistem pengendali konverter DC to DC ini di desain mempunyai 2 input yaitu error dan erubahan error. Karena terdapat 2 buah switch yang harus di kendalikan, yaitu buck dan boost converter maka ada 2 buah fuzzy LUT. input dan output Fuzzy LUT pada penelitian ini memiliki membership function input seperti pada gambar 2.6 dan 2.7.



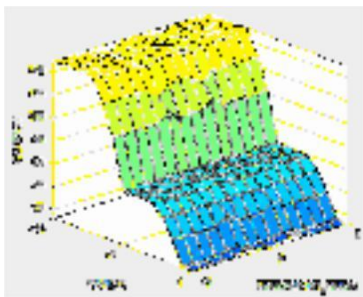
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2.6. Membership function Fuzzy LUT untuk kontrol buck, a) input Error, b) input Perubahan Error, c) Output , d) Surface Viewer

Nilai output memiliki range antara 0 hingga 200, karena nilai duty cycle sinyal pulsa penggerak switch pada buck dan boost converter maksimum adalah 90% atau dalam nilai desimalnya 200. Rule evaluation pada fuzzy ini ada 9 yang tertuang pada tabel 2.1 untuk buck converter dan tabel 2.2 untuk boost converter. Hasil defuzzifikasi setelah menggunakan rule seperti pada tabel 2.1 dan dengan metode centroid diperoleh nilai lookup pada output seperti pada tabel 2.2.

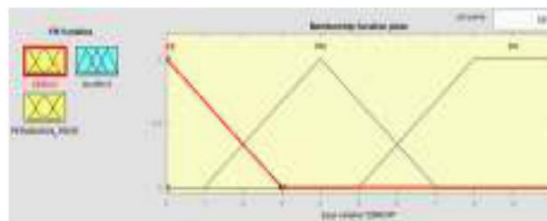
Tabel 2.1 Rule evaluation pada fuzzy penggerak buck converter

E	ZE	NM	NH
PE			
NB	SM	MD	HG
ZE	SM	MD	HG
PB	SM	MD	HG

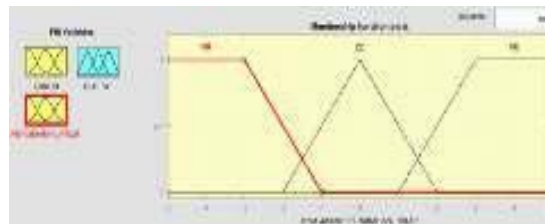
Tabel 2.2 Nilai lookup table hasil defuzzification kendali buck converter

E	ZE	PM	PH
PE			
NB	1360150		
ZE	13	60	150
PB	13	60	150

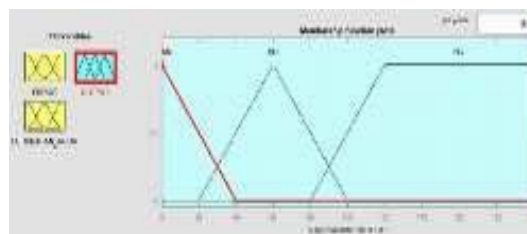
Dengan cara yang sama, untuk fuzzy penggerak boost converter memiliki membership function seperti pada gambar 2.8.



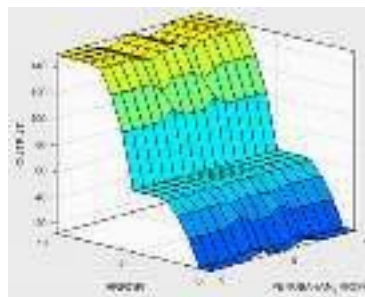
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2.8. Membership function Fuzzy LUT untuk kontrol boost, a) input Error, b) input Perubahan Error, c) Output

Tabel 2.3 Rule evaluation pada fuzzy penggerak boost converter

E	ZE	PM	PH
PE			
NB	SM	MD	HG
ZE	SM	MD	HG
PB	SM	MD	HG

Tabel 2.4 Nilai lookup table hasil defuzzification kendali boost converter

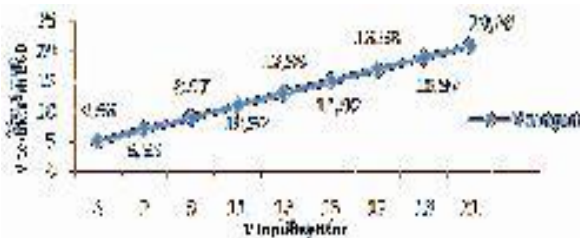
	ZE	PM	PH
E			
PE			
NB	1360150		
ZE	13	60	150
PB	13	60	150

Nilai lookup tersebut selanjutnya dipakai sebagai nilai acuan mikrokontroler dalam menentukan besarnya nilai output sinyal penggerak switch pada rangkaian konverter.

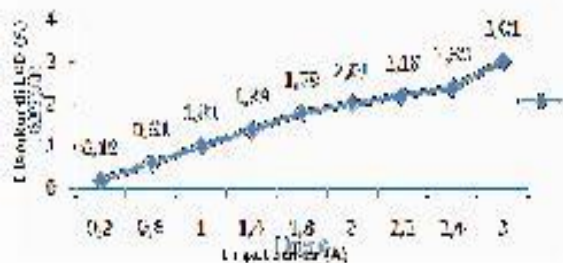
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian beberapa sub sistem bertujuan untuk mengetahui karakteristik masing - masing sub sistem tersebut, yang meliputi sensor tegangan, sensor arus, rangkaian buck converter dan rangkaian boost converter.

Pengujian sensor tegangan dan arus ini dilakukan untuk mengetahui linearitas antara hasil pembacaan oleh mikrokontroler dengan nilai sebenarnya. Pengujian ini dilakukan membandingkan hasil pengukuran alat ukur yang terkalibrasi dengan hasil pembacaan mikrokontroler yang ditunjukkan di LCD. Hasil pengujian sensor tegangan terlihat pada gambar 3.1 dan hasil pengujian sensor arus terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.1. Hasil pengujian linearisasi sensor tegangan.



Gambar 3.2. Hasil pengujian linearisasi sensor arus.

Hasil kalibrasi sensor tegangan tersebut menunjukkan adanya kesalahan sebesar 0,06% sampai 0,8%, sedangkan untuk sensor arus memiliki kesalahan sebesar 0 % sampai 0,8%.

Pengujian pada rangkaian buck dan boost konverter bertujuan untuk mengetahui karakteristik konverter yaitu korelasi antara output konverter terhadap perubahan duty cycle sinyal input. Pada pengujian buck converter, saklar boost converter dalam posisi terbuka atau cut off. Beban yang digunakan adalah resistor 200 Ohm / 120W dengan tegangan input tetap sebesar 12 VDC. Adapun data hasil pengujian ditunjukkan seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Hasil pengujian buck converter.

Data hasil pengukuran antara daya masukan dan luaran rangkaian buck converter seperti pada tabel 3.1, dimana rerata efisiensi untuk rangkaian buck adalah 56%. Kondisi ini disebabkan saklar solid state pada mosfet masih belum sempurna, sehingga dissipasi dayanya menjadi besar.

Tabel 3.1. Pengujian efisiensi buck converter

No	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)	Effisiensi (%)
1	12	0,1	4,12	0,02	23
2	12	0,13	6,8	0,04	57
3	12	0,18	8,1	0,04	54
4	12	0,26	9,0	0,04	50
5	12	0,33	9,6	0,05	67
6	12	0,42	10,1	0,05	60
7	12	0,67	10,4	0,05	62
8	12	1,43	10,6	0,05	63
9	12	3,17	11,3	0,06	71
Rerata					56

Pada pengujian boost converter, saklar buck converter dalam posisi tertutup atau on. Beban yang digunakan adalah resistor 200 Ohm / 120W, dan karena adanya penurunan tegangan pada saklar buck maka tegangan yang masuk ke rangkaian boost converter menjadi sekitar 11

VDC. Adapun data hasil pengujian ditunjukkan seperti pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Hasil pengujian boost converter.

Data hasil pengukuran antara daya masukan dan luaran rangkaian boost converter seperti pada tabel 3.2, dimana rerata efisiensi untuk rangkaian boost adalah 84%.

Tabel 3.2. Pengujian efisiensi boost converter

No	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)	Eff.
1	12	0,08	11,6	0,05	66
2	12	0,1	12,73	0,06	69
3	12	0,13	15,56	0,08	87
4	12	0,18	18,09	0,09	82
5	12	0,26	23,19	0,11	89
6	12	0,33	26,11	0,13	94
7	12	0,42	29,8	0,15	97
8	12	0,67	37,9	0,19	98
9	12	1,43	55,1	0,27	95
10	12	3,17	64	0,32	59
Rerata					84

Dari data pengujian tersebut terlihat bahwa kemampuan maksimum boost converter adalah sekitar 20,48 watt.

IV. PENUTUP

Simpulan

Dari hasil perancangan, implementasi hingga pengujian pada sistem baterai charging ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rangkaian sensor tegangan dan sensor arus pada penelitian ini memiliki rerata kesalahan sebesar 0,8%, kondisi tersebut masih dalam nilai toleransi pengukuran.
2. Rangkaian buck converter memiliki efisiensi sekitar 56%, hal ini karena proses switching pada mosfet kurang sempurna.

3. Rangkaian boost converter memiliki efisiensi sekitar 84%, hal ini karena adanya rugi-rugi pada induktor dan saklar mosfet.
4. Proses komputasi pada mikrokontroler menjadi lebih sederhana dan ringan dengan menggunakan Metode fuzzy lookup table.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Datasheet ACS712, 2009 “ Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a LowResistance Current Conductor”, Allegro MicroSystem, diakses pada tanggal 10 April 2016.
- [2] Haifeng, ”Design tips For an Efficient Non-Inverting Buck-Boost Converter”, Jurnal, Texas Instrument
- [3] Pujiono, ”Rangkaian Listrik”, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2013.
- [4] R.Anand, I.Gnanambal, N.Poornema, 2014, ”Implementation Of Fuzzy Logic Controller For Buck-Boost Converter Combining Ky And Synchronous Buck Converter For Battery Operated Portable Devices”, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Vol.67 NO.1