JURNAL TEKNIK ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI PADANG
Vol. 10, No. 2, JULI 2021
https://ejournal.itp.ac.id/index.php/telektro/index
P-ISSN: 2252-3472, E-ISSN: 2598-8255

Optimalisasi Sistem Penyimpanan Energi Panel Surya Berbasis Kendali Logika Fuzzy

Al[1]*, Andi Syofian[2], Aswir Premadi[3]
[1,3]Program Studi Teknologi Listrik, Institut Teknologi Padang
[2]Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Padang
E-mail: al.mtdrs@itp.ac.id

Informasi Artikel

Diserahkan tanggal:
9 Juni 2021

Direvisi tanggal:
15 Juni 2021

Diterima tanggal:
9 Juli 2021

Dipublikasikan tanggal:
31 Juli 2021

Digital Object Identifier:
10.21063/JTE.2021.31331011

Abstrak

Dalam pengembangan energi hijau, salah satu kecenderungan penelitian ilmiawan saat ini adalah energi surya. Namun demikian pada faktanya pancaran energi surya tidak selalu maksimal sepanjang siang hari, karena sangat dipengaruhi oleh cuaca di daerah setempat. Oleh karena itu perlu untuk menerapkan suatu sistem penyimpanan energi yang optimal terutama pada saat pancaran energi surya agak redup. Prioritas sistem penyimpanan energi akan dilakukan pemilihan secara otomatis oleh sistem kendali logika Fuzzy, dengan memantau level tegangan terendah dari dua atau beberapa baterai yang akan dicharge. Untuk mengoptimalkan sistem penyimpanan energi ke baterai, sistem akan mengatur beberapa detik waktu peralihan saat pengisian daya daya baterai. Keterlambatan waktu diatur sama dengan satu detik, sehingga dengan ini peralihan antara sakelar baterai 1 dan sakelar lainnya akan lebih cepat dan efisien. Persentase bahwa baterai dapat dikatakan penuh adalah 100 persen. Sensor arus dan tegangan diperlukann untuk mendeteksi kondisi baterai, dimana jika baterai mempunyai tegangan maksimum 7 volt dan arus 4,5 amper maka sistem tidak akan mengisi daya pengontrol sirkuit. Namun apabila tegangan baterai kurang dari 7 volt, sistem akan mengisi baterai.

Kata kunci: *Panel surya, optimal, penyimpanan, baterai, fuzzy*

1. PENDAHULUAN

Energi surya merupakan sumber Energi Baru Terbarukan (EBT) yang tidak akan pernah habis ketersediaannya dan sudah banyak digunakan pada saat ini, energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai energi listrik tenaga surya. Energi alternatif ini akan diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan sel surya yang telah disusun pada suatu panel [1]. Pada prinsipnya pemanfaatan energi surya sebagai tenaga pembangkit energi listrik bertumpu pada sebuah elemen fotolistrik yang berfungsi sebagai pengubah energi cahaya (bukan panas) ke energi listrik yang biasa disebut sel surya atau solar cell. Karena sebuah sel surya hanya menghasilkan tegangan dan arus listrik yang sangat kecil maka beberapa sel surya dirangkai sedemikian rupa sehingga menjadi sebuah panel surya atau solar panel [2].

Logika fuzzy merupakan salah satu teori yang dianggap mampu menyelesaikan beberapa masalah dalam pengendalian output produksi dengan mesin produksi yang ada. Dengan metode fuzzy yang sederhana dikombinasikan dengan sistem kendali pada mesin yang ada maka dihasilkan suatu sistem kendali yang tanggap terhadap informasi yang diberikan oleh pemberi input. Dan dengan input tersebut mesin secara otomatis melakukan setting sesuai dengan parameter atau aturan logika fuzzy yang telah dimasukkan pada mesin tersebut [3].

Sistem kendali adalah suatu sistem yang keluaran sistemnya dikendalikan pada suatu nilai tertentu atau untuk mengubah beberapa ketentuan yang telah ditetapkan oleh masukan ke sistem sebagai contoh adalah sebuah kendali suhu pada sistem pusat pemanasan di sebuah rumah, mempunyai masukan dari thermostat atau panel kendali yang telah ditentukan suhunya dan menghasilkan keluaran berupa suhu aktual. Suhu ini diatur dengan sistem kendali sehingga sesuai dengan nilai yang ditentukan oleh

masukan pada sistem. Secara umum sistem kendali dapat dibagi menjadi 2 jenis, seperti dijelaskan dibawah [4].

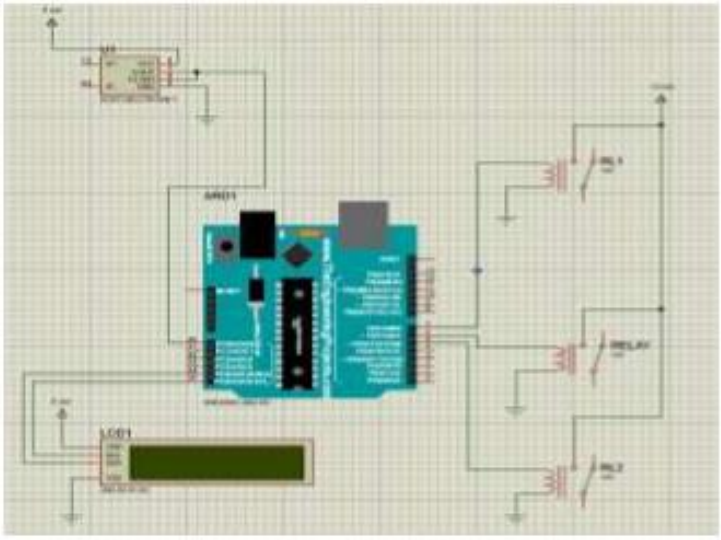
2. METODOLOGI

Logika Fuzzy adalah sebuah metodologi yang mewakili, dan menerapkan pengetahuan manusia untuk mengendalikan sebuah system Kontrol logika fuzzy banyak diterapkan di industri sebagai pengontrol proses karena mudah dan fleksibel dalam perancangannya. Logika fuzzy pertama kali dikembangkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1960an. Berikut diagram blok pengendalian tertutup sistem fuzzy adalah [8]. Fuzzifikasi adalah memetakan nilai input ke dalam variable linguistik yang merupakan derajat keanggotaan logika fuzzy. Pada perancangan input kontroler logika fuzzy terdapat 2 input error dan delta error [5].

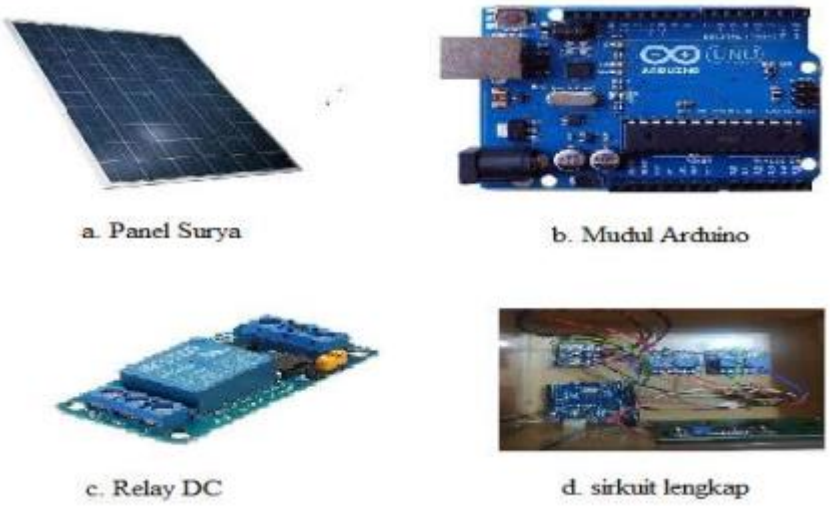
Langkah untuk memulai penelitian ini dimulai dengan melakukan perencanaan komponen yang akan digunakan pada penelitian ini. Komponen-komponen yang akan digunakan terdiri dari sensor acs 712 untuk mendeteksi arus, sensor tegangan untuk mendeteksi tegangan pada output solar panel dan baterai, lcd sebagai display dan relay yang digunakan untuk saklar elektromagnetik. Setelah peneliti telah menentukan komponen yang digunakan, maka selanjutnya peneliti membuat simulasi pada metode logika fuzzy menggunakan matlab[6].

Adapun alur kerja sitem dapat dijelaskan sebagai berikut; pertama sekali program melakukan insial perangkat, sensor arus dan tegangan akan bekerja dan membaca nilai arus dan tegangan yang berada pada baterai. Pada pembacaan nilai tegangan dan arus ini nilai untuk menentukan set-pointnya sudah ditentukan pada simulasi logika fuzzy dengan menggunakan matlab sebagai tool untuk simulasinya[7]. Jika nilai set point telah sesuai atau dalam keadaan normal, maka sistem akan melakukan pengecasan, jika tidak maka charger controller tidak akan melakukan pengecasan. Gambar 1 adalah bentuk sirkuit sistem kendali secara keseluruhan.

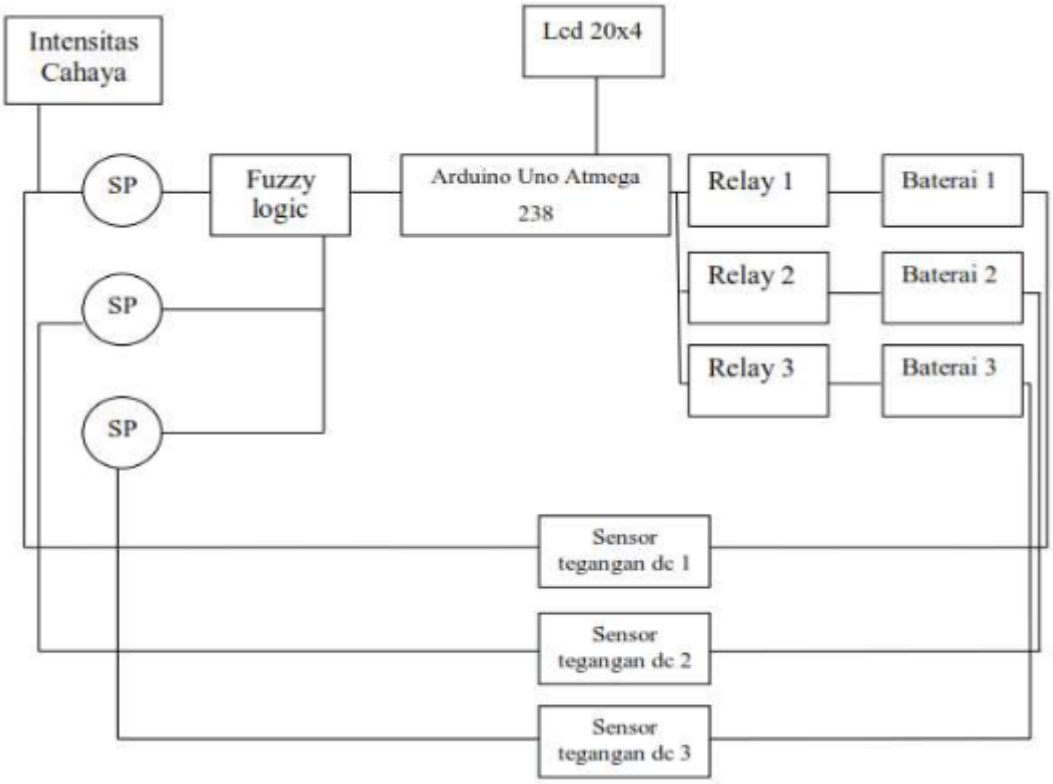
Proses pembuatan sistem pengisian baterai ini dilakukan dengan dua tahap yaitu; hardware dan proses pembuatan software. Proses software menggunakan Arduino IDE sebagai program dan software matlab sebagai metode logika fuzy. Langkah-langkah pembuatan algoritma terlebih dahulu yang bertujuan agar program yang dibuat mudah diimplementasikan pada sistem. Setelah proses pembuatan hardware maka selanjutnya dilanjutkan dengan proses pembuatan software. Untuk komponen yang digunakan berupa Arduino, lcd display, 2 relay, sensor intensitas cahaya dan menggunakan sebanyak 3 buah sensor tegangan DC. Sedangkan komponen pendukung penelitian diperlihatkan pada gambar 2. Sedangkan secara blok diagram sistem diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 1. Rangkaian sistem kendali



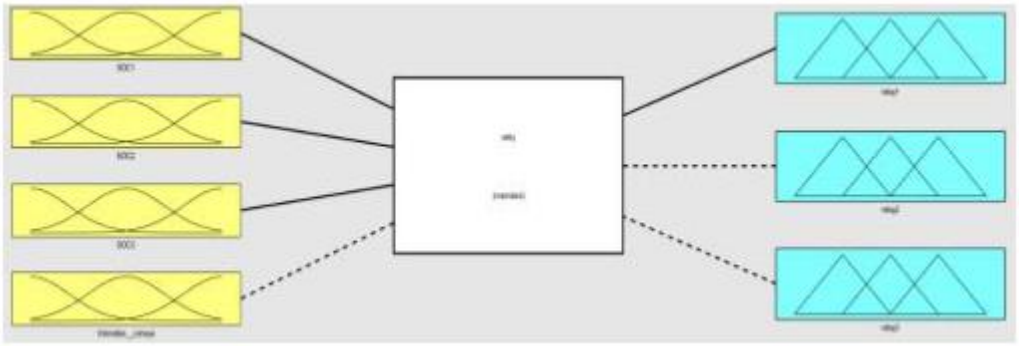
Gambar 1. Komponen rangkaian kendali



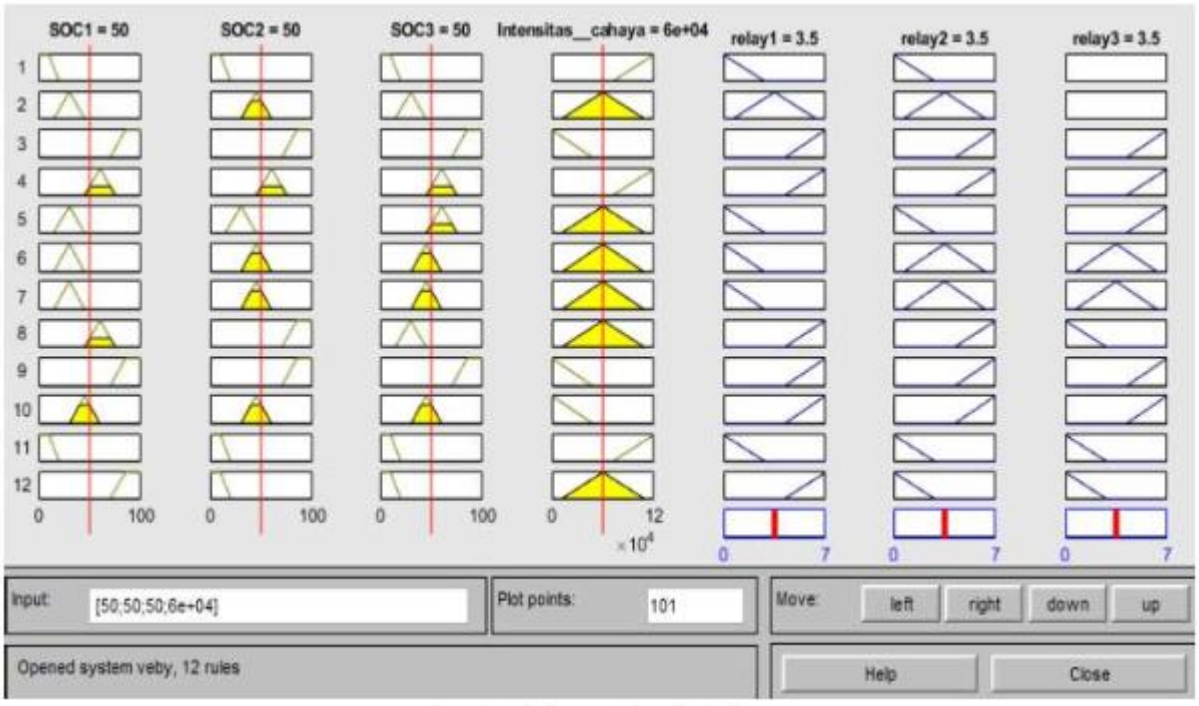
Gambar 3. Blok diagram sistem kendali pengisian baterai

Selanjutnya, dengan bantuan matlab dilakukan pemodelan (defuzyfikasi) seperti yang diperlihatkan pada gambar 4. Dari model algoritma fuzzy dapat dicermati bahwa; jika tegangan pada baterai 1 dalam kondisi rendah dengan tegangan 4,6 volt, dan baterai 2 dan 3 dalam kondisi juga sama 4,6 volt, maka switch 1,2 dan 3 dalam kondisi on, dan proses pengisian akan berlangsung. Jika tegangan pada baterai 1 dalam kondisi sedang dengan tegangan 5,6 volt, atau baterai 2 dalam kondisi rendah dengan tegangan 4,6 volt atau baterai 3 dalam kondisi sedang dengan tegangan 5,6 volt, maka switch 1 dan 3 dalam kondisi off. Sedangkan switch 2 dalam kondisi on, dan proses pengisian akan dilakukan pada baterai nomor 2. Dari pernyataan tersebut yang sangat mempengaruhi yaitu intensitas cahaya, untuk intensitas cahaya sendiri sudah disetting, jika intensitas cahaya tinggi atau maksimum maka ketiga baterai akan melakukan

pengecasan kecualai baterai tersebut sudah 100%, jika cuaca redup atau intensitas cahaya minimum maka hanya akan melakukan pengecasan untuk satu baterai yaitu kapasitas baterai yang paling minimum, sehingga dapat diperoleh pemodelan rule base seperti gambar 5.



Gambar 4. Model defuzzyfikasi



Gambar 5. Pemodelan rule-base Fuzzy

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian output panel surya menggunakan solar panel 100 wp dengan tegangan maksimal 7.5 volt diperlihatkan pada Tabel 1. Hasil yang didapatkan pada Tabel 1, pada jam 07.00 – 08.00, switch 1 mulai dalam kondisi on dengan tegangan 4,6 volt dan arus 0,3 ampere, maka energi yang tersimpan adalah 4,6 x 0,3 a x 1 jam = 1,3 Ah. Jam 08.00 – 09.00 switch 1 masih dalam kondisi on dengan tegangan 5,8 volt dan arus 0,6 ampere, maka energi yang diperoleh adalah 5,8 x 0,6 a x 1 jam = 3,4 Ah. Maka energi yang terkumpul pada baterai satu selama pengisian adalah 1,3 + 3,4 = 4,7 Ah. Jadi total energi yang terkumpul pada baterai satu selama pengisian 2 jam adalah sebesar 4,7 Ah. Pada jam 10.00 – 11.00 switch 2 mulai dalam kondisi on dengan tegangan 5,5 volt dan arus 0,4 ampere, maka energi yang tersimpan adalah 5,5 x 0,4 a x 1 jam = 2,2 Ah. Pada jam 11.00 – 12.00 switch 2 masih dalam kondisi on dengan tegangan 5,1

volt dan arus 0,8 ampere, maka energi yang diperoleh adalah 5,1 x 0,8 a x 1 jam = 4,1 Ah. Pada jam 12.00 – 13.00 switch 2 masih dalam kondisi on dengan tegangan 5,8 volt dan arus 0,8 ampere, maka energi yang diperoleh adalah 5,8 x 0,8 a x 1 jam = 4,6 Ah. Pada jam 13.00 – 14.00 switch 2 masih dalam kondisi on dengan tegangan 5,8 volt dan arus 0,8 ampere, maka energi yang diperoleh adalah 5,8 x 0,8 a x 1 jam = 4,6 Ah. Pada jam 14.00 – 15.00 switch 2 masih dalam kondisi on dengan tegangan 6,1 volt dan arus 0,8 ampere, maka energi yang diperoleh adalah 6,1 x 0,8 a x 1 jam = 4,8 Ah. Maka energi yang terkumpul pada baterai dua selama pengisian adalah 2,2 + 4,1 + 4,6 + 4,6 + 4,8 = 20,3 Ah. Jadi total energi yang terkumpul pada baterai dua selama pengisian 5 jam adalah sebesar 20,3 Ah. Pada jam 09.00 – 10.00, switch 3 mulai dalam kondisi on dengan tegangan 4,8 volt dan arus 0,4 ampere, maka energi yang tersimpan adalah 4,8 x 0,4 a x 1 jam = 1,9 Ah. Jam 14.00 – 15.00 switch 3 masih mulai dalam kondisi on dengan tegangan 6,1 volt dan arus 0,8 ampere, maka energi yang diperoleh adalah 6,1 x 0,8 a x 1 jam = 4,8 Ah. Maka energi yang terkumpul pada baterai t iga selama pengisian adalah 1,9 + 4,8 = 6,7 Ah. Jadi total energi yang terkumpul pada baterai tiga selama pengisian 2 jam adalah sebesar 6,7 Ah.

Hasil pengujian pengisisan 3 buah baterai dengan sistem pada tanggal 26 Maret 2021 dengan kondisi cuaca yang cerah diperlihatkan pada tabel 2. Dapat dilihat bahwa perpindahan kondisi switch 1, 2, dan 3 memiliki rentang tegangan yang telah diatur sebelumnya pada system control logika fuzzy. Untuk rentang tegangan dalam kondisi baterai lemah atau rendah dimulai dari 0 volt sampai 4,6 volt. Sedangkan untuk rentang tegangan dalam kondisi baterai sedang dimulai dari 4,6 volt sampai 6,3 volt. Dan untuk rentang tegangan dalam kondisi baterai telah penuh dimulai dari 7,4 volt sampai 7,5 volt. Berarti jika switch 1 dalam kondisi on dengan tegangan 5,7 volt dan arus 0,6 amper, lalu switch 2 dalam kondisi off dengan tegangan 5,9 volt arus 0,5 amper, dan switch 3 dalam kondisi off dengan tegangan 7,5 volt arus 0,8 amper, maka apabila tegangan pada baterai 1 telah naik menjadi 7,5 volt akan terjadi perpindahan kondisi switch 1 menjadi off dan switch 2 dalam kondisi on. Sedangkan untuk switch 3 masih dalam kondisi off karena tegangan pada baterai 1 dan baterai 3 sama-sama dalam kondisi penuh atau full. Untuk pemodelan algoritma diatur sesuai dengan keadaan yang diinginkan, contoh apabila intensitas cahaya tinggi atau maksimum dan ket iga baterai dalam kondisi kurang dari 100% maka baterai tersebut terisi atau melakukan pengecasan untuk ketiga baterai, dan apabila salah satu baterai sudah penuh maka otomatis akan stop pengecasan. Dan apabila intensitas cahaya redup atau minimum maka hanya salah satu baterai yang melakukan pengecasan yaitu baterai dengan presentase terendah diantara ketiga baterai tersebut.

Tabel 1. Hasil pengujian daya panel surya pada setiap jam

Jam	Intensitas Cahaya (Lux)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
08:00	72100	18,2	0,6	10,92
09:00	88400	18,3	0,6	10,98
10:00	83300	18,3	0,6	10,98
11:00	109210	18,7	0,6	11,22
12:00	114800	19	0,8	15,2
13:00	117700	19	0,8	15,2
14:00	92900	18,4	0,6	11,04
15:00	63600	18,2	0,6	10,92
16:00	7100	18,1	0,6	10,86
17:00	7020	18,1	0,6	10,86

Tabel 2. Hasil pengujian pengisian tiga baterai

No.	Waktu	Baterai			Arus			Switch		
		V_1	V_2	V_3	I_1	I_2	I_3	1	2	3
1	07:00 – 08:00	4,6	5,5	4,8	0,3	0,4	0,3	ON	OFF	OFF
2	08:00 – 09:00	5,8	5,5	4,8	0,6	0,4	0,4	ON	OFF	OFF
3	09:00 – 10:00	7,5	5,5	4,8	0,6	0,4	0,4	OFF	OFF	ON
4	10:00 – 11:00	7,5	5,5	5,9	0,6	0,4	0,4	OFF	ON	OFF
5	11:00 – 12:00	7,5	5,1	5,9	0,6	0,8	0,8	OFF	ON	OFF
6	12:00 – 13:00	7,5	5,8	5,9	0,6	0,8	0,8	OFF	ON	OFF
7	13:00 – 14:00	7,5	5,8	5,9	0,6	0,8	0,8	OFF	ON	OFF

Tabel 3. Hasil pengujian output panel surya dengan pengecasan tiga baterai

No.	Baterai 1		Baterai 2		Baterai 3	
	Tegangan V_1 (Volt)	Persentase (%)	Tegangan V_2 (Volt)	Persentase (%)	Tegangan V_3 (Volt)	Persentase (%)
1	4,6	5,5	4,8	0,3	0,4	0,3
2	5,8	5,5	4,8	0,6	0,4	0,4
3	7,5	5,5	4,8	0,6	0,4	0,4
4	7,5	5,5	5,9	0,6	0,4	0,4
5	7,5	5,1	5,9	0,6	0,8	0,8

Pengujian output panel surya menggunakan baterai dengan tegangan maksimal 6 Volt dan kapasitas 4,5 AH sebanyak 3 buah dan hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 3. Pada Tabel ini diperlihatkan kondisi penuh atau dalam keadaan 100 persen, maka switch 1, 2 dan 3 dalam kondisi off dengan memperhatikan intensitas cahaya yang masuk. Jika switch 1 ,2 dan 3 dalam kondisi off, maka proses pengisian pada baterai tidak akan terjadi. Apabila intensitas cahaya t inggi, baterai 1 dalam kondisi 100 persen, baterai 2 dalam kondisi 100 persen dan baterai 3 dalam kondisi 66 persen yang seharusnya mengisi ket iga baterai maka switch 3 dalam kondisi on dan proses pengisian akan dilakukan pada baterai nomor 3. Proses pengisian ini akan berlangsung hingga kondisi baterai telah penuh atau mencapai 100 persen, sehingga apabila baterai nomor 3 telah dalam kondisi 100 persen, maka switch 3 dalam kondisi off dan proses pengisian akan terputus.

Pada konsep sistem ini jika terdapat kondisi dua buah baterai dalam kondisi kapasitas yang sama dengan kapasitas cahaya tinggi atau maksimal, dimana baterai 1 dalam kondisi 50 persen, baterai 2 dalam kondisi 50 persen, dan baterai 3 dalam kondisi 100 persen, maka switch 1 dan switch 2 dalam kondisi on, sehingga proses pengisian pada baterai 1 dan baterai 2 akan terjadi. Sedangkan pada switch 3 berada dalam kondisi off karena baterai 3 dalam kondisi 100 persen atau masih penuh. Dari beberapa hasil pengujian yang telah dilakukan, dengan menggunakan konsep logika fuzzy alat ini dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perintah program yang telah dimasukan sebelumnya ke dalam mikrokontroler Arduino. Sistem kerja alat ini dapat bekerja dengan baik karena pada program arduino telah menggunakan nilai keanggotaan fuzifikasi dengan range tertentu, sehingga nilai pembacaan pada sensor tidak harus ditentukan dalam satu nilai atau konstan. Konsep penggunaan nilai dalam model range ini hanya berlaku pada logika fuzzy, sehingga jika pada alat ini tidak menggunakan konsep logika fuzzy dan hanya menggunakan switch in off biasa, maka alat ini hanya akan dapat ditentukan dengan satu nilai saja atau konstan.

4. KESIMPULAN

Algoritma system pengontrolan fuzzy menggunakan 4 input yaitu SOC baterai 1, SOC baterai 2, SOC baterai 3, dan intensitas cahaya. Sedangkan output sebanyak 3 buah yaitu, relay 1, relay 2, dan relay 3. Dengan menerapkan nilai maksimum = 7.5 volt, nilai tengah 5.7 volt nilai terendah 4.6 volt dengan membuat sistem switch pengecasan pada posisi baterai sebesar 50% pada kondisi on dan setelah dalam kodisi tegangan mencapai 7.5 volt atau 100% maka akan off, dengan menggunakan presentase pada baterai nantinya diatur fuzzy logic mendapatkan member keanggotan dan diimplementasikan ke program maka telah diperoleh sensitifitas sistem kendali dengan rentang perubahan switch on antara tegangan 4,6 volt sampai dengan 7,5 volt dan akan off antara tegangan 7,5 volt. Sistem ini telah dapat melakukan penyimpanan energi yang dihasilkan oleh panel surya yang menghasilkan energi sebesar (4,5 volt x 0,3 a x 1 jam) = 1,3 Ah atau Joule, dari waktu pengisian mulai dari jam 08.00 sampai jam 09.00, dan setelah satu jam kemudian dimulai dari jam 09.00 sampai jam 10.00 dengan menghasilkan energi sebesar (5,8 volt x Persentase (%) 0,6 a x 1 jam) = 3,4 Ah. Dan jika dikalkulasikan (1,3 Ah + 3,4 Ah) maka energi yang dapat disimpan baterai selama 2 jam adalah sebesar 100 % atau tegangan 7,5 volt. Jika dilakukan perbandingan menggunakan system standar pengisian solar sel menggunakan solar charger controller maka alat ini lebih efektif, kaerna sistem ini sudah memfokuskan baterai dengan kapasitas terkecil untuk melakukan pengecasan dan sudah menggunakan sensor intensitas cahaya yang nantinya akan mempengaruhi pengecasan, jika cuaca redup atau intensitas cahaya miniumum maka alat tersebut hanya memfokuskan untuk melakukan pengecasan hanya untuk satu baterai dimana baterai yang melakukan pengecesan tersebut adalah baterai dengan kapasitas paling rendah.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Dickshon Kho. 2019. “Fungsi Dioda dan Cara Mengukurnya”. (teknikelektronika.com).

[2] Galih Raditya. 2017. “Sejarah Sel Surya dan Perkembangannya Hingga Hari Ini”.

[3] (Janaloka.com). Tersedia pada https://janaloka.com/sejarah-sel-surya/. 9 Agustus 2017).

[4] I Gede Nurhayata. 2017. “Pengembangan Tegangan Panel Surya Portable Berbasis Close Loop Boost Converter”.

[5] Putu Yoga Purnam Sidhi. 2017. “Pembuatan Rangkaian Driver Motor untuk Penggerak Modul Surya (Solar Tracker)”. Tugas Akhir 2017. Jurusan D3 Teknik Elektro, Politeknik Negeri Kupang.

[6] I W Sutaya, K U Ariawan. 2016. “Solar Tracker Cerdas dan Murah Berbasis Mikrokontroler 8 bit ATMega 8535”.

[7] N. A. Handayani and D. Ariyanti, “Potency of Solar Energy Applications in Indonesia”. International Journal of Renewable Energy Development. Vol. 1, No. 2. 2012.

[8] M. S. Varadarajan, “Coin Based Universal Mobile Battery Charger”. IOSR Journal of Engineering. vol.2, no. 6, p 14331438,2012.

[9] Y. I. Al-Mashhadany and H. A. Attia, “Novel Design and Implementation of Portable Charger through Low-Power PV Energy System”. Electrical Engineering Dept., College of Engineering, University of Al-Anbar, Al-Anbar, Iraq, 2013.

[10] P. Hersch, and K. Zweibel. Basic PhotoVoltaic Principles and Methods. Technical Information Office, Solar Energy Research Institute – SERI. USA. 1982.