

SIMULASI SISTEM MANAGEMENT ENERGI BATERAI PADA SMARTHOME BERBASIS AI DENGAN SUMBER DAYA PLTS

Lucky Marsel¹, Aryunto Soetedjo², Michael Ardita³

^{1,2,3}Teknik Elektro S1 ITN Malang, Malang, Indonesia

luckymarsel7@gmail.com¹, aryunto@lecturer.itn.ac.id², michael.ardita@lecturer.itn.ac.id³

Abstrak— Manajemen baterai mencakup pengaturan dan kontrol terhadap penggunaan, pengisian, dan pemeliharaan baterai untuk menjamin performa maksimal, daya tahan yang lama, dan keselamatan. Pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), baterai menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya. Baterai dalam sistem ini menjalani proses pengisian dan pengosongan yang membentuk satu siklus baterai. Kerusakan baterai sering kali menjadi tantangan dalam sistem PLTS. Penerapan Fuzzy Logic Control (FLC) dalam manajemen energi memiliki beberapa keunggulan dan aplikasi potensial yang dapat membantu meningkatkan efisiensi penggunaan baterai. FLC dapat digunakan untuk mengoptimalkan siklus pengisian dan pengosongan baterai berdasarkan pada prediksi permintaan energi dan kondisi lingkungan. Ini membantu meningkatkan masa pakai baterai dan efisiensi operasional secara keseluruhan. Metode fuzzy yang digunakan dalam simulasi yaitu menggunakan metode mamdani, simulasi yang dilakukan menggunakan fuzzy dengan inputan Soc, Pvp, Loadp dengan nilai output berupa charging dan discharging. Nilai Pvp diambil dari data produksi daya perjam pada hari yang telah ditentukan, serta beban rumah berupa daya dari beberapa komponen yang ada pada prototipe smarthome yang telah di sesuaikan kedalam komponen simulasi, untuk spesifikasi dari beberapa komponen diatur menyesuaikan keadaan secara realtime

Kata Kunci: Managemen Baterai, Fuzzy logic control, Baterai, Prototipe,

I. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah sumber utama yang digunakan di hampir seluruh aspek kehidupan sehari-hari. Seiring dengan kemajuan teknologi, Permintaan energi listrik terus meningkat di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Di Indonesia, sektor rumah tangga menjadi konsumen energi listrik terbesar, yang tercermin dari puncak beban listrik yang sering terjadi pada malam hari [1]. Tantangan yang dihadapi dalam pengelolaan energi di rumah semakin meningkat seiring dengan perkembangan teknologi. Salah satu solusi untuk mengatasi keterbatasan sumber daya energi adalah dengan merancang sistem rumah pintar yang mampu mengoptimalkan penggunaan energi secara efisien.

Sistem *smart home* yang dirancang akan memanfaatkan teknologi AI untuk mengatur dan mengendalikan konsumsi energi listrik secara adaptif. Kecerdasan Buatan (AI) adalah teknologi yang dibuat untuk meniru perilaku dan kemampuan kognitif manusia dalam menyelesaikan berbagai tugas. AI mampu melakukan pekerjaan yang biasanya dilakukan oleh manusia, dan dalam beberapa kasus, bahkan menggantikan peran manusia di bidang tertentu. Selain itu, AI diterapkan di berbagai sektor seperti bisnis, ekonomi, dan kesehatan, untuk memenuhi kebutuhan yang ada saat ini [2].

Manajemen baterai bertujuan untuk menjaga dan memelihara kondisi baterai agar terhindar dari kerusakan. Salah satu caranya adalah dengan mencegah baterai dari kondisi pengisian berlebih (*overcharge*) dengan membatasi pengisian ketika baterai hampir penuh. Selain itu, manajemen baterai juga berfungsi untuk mencegah pengosongan berlebih (*overdischarge*) yang dapat terjadi akibat beban yang terhubung. Hal ini dilakukan dengan memutuskan sambungan baterai dari beban ketika tingkat pengisian baterai mencapai level yang sangat rendah. [3]

Manajemen energi dalam bidang energi listrik adalah proses yang terorganisir, dilakukan oleh berbagai pihak, dengan tujuan untuk memanfaatkan energi secara efisien dan efektif. Implementasi manajemen energi ini memberikan dampak positif yang signifikan di berbagai sektor yang menerapkannya [4]. agar kebutuhan energi pada system *smart home* bisa terpenuhi dan energi yang diserap oleh plts dapat digunakan secara maksimal ketika cuaca mendung, hujan maupun malam hari. Kemudian di implementasikan kedalam software simulasi.

Dalam pemodelan Fuzzy Logic Control yang menjadi fokus penelitian ini, input yang digunakan berupa State of Charge (SoC) pada baterai, Loadp beban prototipe, dan Pvp daya yang akan disalurkan ke baterai. Dengan menggunakan metode inferensi Fuzzy Mamdani, sistem ini akan mampu mengambil keputusan berdasarkan kondisi baterai pada saat charging dan discharging. Output dari sistem kontrol ini akan berupa kondisi baterai saat melakukan charging dan discharging.

Manusia sering kali memproses data dan fakta secara fuzzy, yang berarti kabur atau tidak jelas, bahkan dalam pengambilan keputusan [5]. Kendali logika fuzzy adalah sistem kontrol yang menerapkan teori himpunan fuzzy dalam proses desainnya.. Sistem ini melibatkan tiga tahapan: fuzzifikasi, mekanisme inferensi, dan defuzzifikasi [6].

Pada beberapa kasus yang telah di telusuri masih terdapat beberapa kurangnya manajemen pada baterai, yang menyebabkan overcharging sehingga dapat menurunkan efisiensi dari penggunaan atau kualitas dari baterai itu sendiri. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh sistem kontrol yang optimal dalam mengelola pengisian baterai pada sistem smart home, serta kontribusi terhadap pengembangan teknologi untuk meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan. Selain itu, implementasi sistem kecerdasan buatan ini dalam software simulasi akan memungkinkan evaluasi kinerja sistem sebelum diimplementasikan secara nyata.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)



Gambar 1. PLTS

Energi listrik yang kita gunakan sehari-hari umumnya disuplai oleh PLN (Perusahaan Listrik Negara). Di Indonesia, beberapa pasokan listrik masih bergantung pada sumber energi seperti batu bara, panas bumi, dan energi nuklir. Ketergantungan yang terus menerus pada sumber energi tak terbarukan ini dapat mempercepat penurunan cadangannya. Selain itu, penggunaan mesin industri yang juga bergantung pada sumber energi tak terbarukan semakin memperburuk situasi. Untuk mengatasi masalah ini, penting untuk beralih ke alternatif energi yang lebih berkelanjutan. Salah satu solusi yang efektif adalah memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi terbarukan untuk menghasilkan listrik.

Panel surya adalah perangkat yang terdiri dari sel-sel fotovoltaik yang mengonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel ini berupa arus searah (DC) [7]. Sistem panel surya adalah solusi penyedia energi terbarukan yang ramah lingkungan. Meski belum banyak diterapkan secara luas karena investasi awal yang tinggi, potensi manfaatnya sangat besar. Sinar matahari yang melimpah dan bebas emisi berbahaya menjadikan teknologi ini sangat menjanjikan. [8].

Energi matahari ideal untuk dikonversi menjadi energi listrik karena sinar matahari tersedia dalam jumlah yang

melimpah meskipun hanya pada waktu tertentu, dari terbit hingga terbenam. Energi surya dikonversi menjadi energi listrik menggunakan panel surya. [9].

- Dapat berfungsi sebagai sumber energi cadangan saat terjadi pemadaman listrik dari PLN.
- Dapat mengurangi ketergantungan pada energi listrik yang disuplai oleh PLN.
- Energi matahari yang diubah menjadi Listrik dapat digunakan untuk mengoperasikan berbagai perangkat seperti televisi, dispenser, dan kipas angin, serta pengisian baterai ponsel dan laptop, serta peralatan lainnya.

B. Baterai



Gambar 2. Baterai

Dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), baterai berfungsi untuk menyimpan kelebihan energi yang dihasilkan oleh panel surya saat beban rendah dan menyediakan daya ketika energi dari panel surya tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan beban. Baterai membantu menjaga kestabilan daya keluaran, mengatasi variasi dalam intensitas cahaya matahari dan perubahan beban. Pada sistem PLTS mandiri, baterai menyimpan energi surplus saat beban ringan dan menyuplai daya tambahan bersama panel surya saat beban tinggi. Selain itu, dalam sistem off-grid, baterai harus terhubung dengan inverter untuk memastikan kestabilan daya. Hal ini penting karena fluktuasi pada sumber energi dan beban AC dapat mempengaruhi kualitas daya yang dihasilkan [10].

Baterai yang dimiliki PLTS Off-Grid 4 KWp ITN Malang sebanyak 6 unit berkapasitas 12 V 100 Ah di rangkai secara seri dan paralel. Jadi, jika baterai di rangkai secara seri dan paralel maka tegangannya akan semakin bertambah dan arusnya juga semakin besar, maka outputnya 24 V 300 Ah

C. Manajemen Energi

Manajemen energi merujuk pada proses teknis dan manajerial untuk mencatat, memantau, memeriksa, mengontrol, dan bahkan mengganti aliran energi dalam suatu sistem, dengan tujuan mencapai penggunaan energi yang paling efisien[11]. "Efisiensi maksimum" di sini mengacu pada pencapaian berbagai kriteria teknis dan ekonomis, seperti efisiensi tinggi, keberlanjutan lingkungan, dan minimisasi biaya produksi atau operasional. Sistem manajemen energi yang sesuai untuk gedung atau bangunan dapat menganalisis penggunaan energi, meningkatkan efisiensi, dan mengurangi biaya energi.

Manajemen baterai bertujuan untuk melindungi dan mempertahankan kondisi baterai dari kerusakan yang mungkin terjadi. Hal ini mencakup pengendalian agar baterai tidak mencapai kondisi pengisian berlebih (overcharge) dengan membatasi proses pengisian ketika baterai sudah hampir penuh. Selain itu, manajemen baterai juga penting untuk mencegah pengosongan berlebih (overdischarge) yang bisa terjadi akibat penggunaan beban yang tinggi. Untuk melindungi baterai dalam keadaan ini, sistem manajemen baterai akan memutuskan sambungan baterai dari beban saat level pengisian baterai turun ke batas minimum [3].

Dalam manajemen energi, terdapat beberapa istilah yang sering disalahartikan, seperti efisiensi energi, konservasi energi, dan penghematan energi. Walaupun istilah-istilah ini sering digunakan secara bergantian, masing-masing memiliki makna yang berbeda. Penelitian ini mengusulkan penerapan fuzzy logic dalam manajemen energi. Inisiatif ini melibatkan pengembangan sistem yang dapat mengatur proses pengisian (charging) dan pengeluaran (discharging) energi baterai berdasarkan kondisi baterai dan beban yang ada. Dengan penerapan skema manajemen energi berbasis kecerdasan buatan ini, diharapkan pemanfaatan baterai di Laboratorium EBT Teknik Elektro ITN Malang dapat menjadi lebih optimal.

D. Prototipe smarthome



Gambar 3. Prototipe smarthome

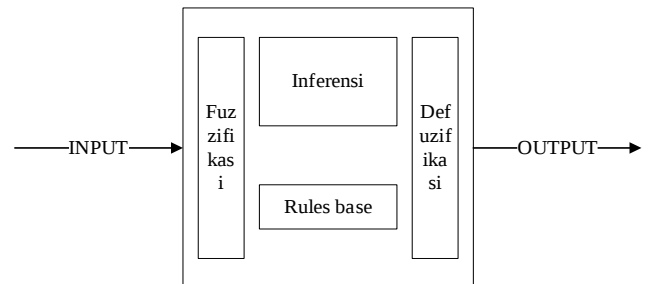
Prototipe smart home adalah satu sistem yang didesain untuk pengaturan rumah dengan Teknologi pintar yang nyaman memungkinkan peralatan dan perangkat dikendalikan secara otomatis dari jarak jauh atau dari mana saja melalui koneksi internet.

Pada prototipe smart home yang telah dikembangkan, berbagai perangkat seperti lampu, rice cooker, pompa air, kipas angin, dan televisi dapat dikendalikan dari jarak jauh menggunakan sistem Internet of Things (IoT) melalui platform Haiwell Cloud SCADA. Sistem ini dapat diakses melalui aplikasi di OS Android, iOS, dan Windows Phone. Selain itu, teknologi ini juga memungkinkan pemantauan real-time terhadap penggunaan daya, konsumsi energi, tegangan, dan arus listrik.

E. Fuzzy Logic Controller

Kendali logika fuzzy adalah sistem kontrol yang menerapkan teori himpunan fuzzy dalam desainnya. Proses kendali logika fuzzy (FLC) melibatkan tiga tahap utama: Fuzzifikasi, mekanisme inferensi, dan defuzzifikasi adalah tiga

tahap utama dalam sistem kendali logika fuzzy. Di tahap fuzzifikasi, nilai tegas dari variabel dikonversi menjadi nilai fuzzy. Nilai fuzzy ini kemudian digunakan sebagai input dalam mekanisme inferensi, di mana keputusan dibuat berdasarkan aturan logika yang telah ditetapkan. Pada akhirnya, proses defuzzifikasi mengubah output fuzzy dari inferensi kembali menjadi nilai tegas [6].



Gambar 4. Diagram FLC

1. Fuzzifikasi : Proses ini melibatkan pendefinisian himpunan fuzzy dan penetapan derajat keanggotaan dari input tegas (crisp) ke dalam himpunan fuzzy yang sesuai.
2. Inferensi : tahap ini mencakup evaluasi aturan fuzzy untuk menghasilkan output berdasarkan setiap aturan yang diterapkan.
3. Komposisi : Proses ini terdiri dari penggabungan atau agregasi hasil dari semua aturan untuk membentuk output gabungan
4. Defuzzifikasi : Langkah terakhir ini adalah perhitungan untuk mengubah output fuzzy menjadi nilai tegas (crisp).

1. Metode Mamdani

Metode Mamdani, yang diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 (Agboola et al., 2013), juga dikenal sebagai metode Max-Min. Untuk menghasilkan output dengan metode ini, beberapa tahapan yang diperlukan adalah (Arifin, 2015):

1. Pembentukan Himpunan Fuzzy: Pada tahap ini, setiap variabel input dan output dipecah menjadi beberapa himpunan fuzzy yang berbeda.
2. Aplikasi Fungsi Implikasi: Dalam metode Mamdani, fungsi implikasi yang diterapkan adalah fungsi Min..
3. Komposisi Aturan: Pada tahap ini, sistem terdiri dari beberapa aturan, dan inferensi diperoleh melalui penggabungan hasil dari aturan-aturan tersebut.

Dalam sistem inferensi fuzzy, terdapat tiga metode utama yang dapat diterapkan: Max, Additive, dan Probabilistic OR. Proses defuzzifikasi mengubah output dari komposisi aturan yang berbentuk himpunan fuzzy menjadi nilai tegas (crisp). Dalam metode Mamdani, lima teknik defuzzifikasi yang umum digunakan adalah centroid of area, bisector, mean of maximum, largest of maximum, dan smallest of maximum (Sutikno & Waspada, 2012). Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah ukuran kesalahan yang dihitung dengan mengukur kesalahan absolut pada setiap periode (Hajar et al., 2020). Nilai kesalahan diperoleh dengan mengurangi data aktual dari nilai ramalan. Evaluasi peramalan dilakukan dengan

membandingkan hasil prediksi terhadap kejadian aktual (Wardani et al., 2017) [12].

F. Matlab

Matlab memanfaatkan array atau matriks sebagai format standar untuk variabelnya, sehingga tidak memerlukan deklarasi array secara eksplisit seperti pada bahasa pemrograman lainnya. Selain itu, Matlab mendukung integrasi dengan berbagai aplikasi dan bahasa pemrograman eksternal, termasuk C, Java, .NET, dan Microsoft Excel. [13].

Software Matlab memiliki berbagai aplikasi, khususnya dalam bidang yang memerlukan perhitungan matematis. Perlu diingat bahwa Matlab melakukan semua operasi matematis dengan memanfaatkan format matriks [14].

Semua perhitungan matematis dalam Matlab didasarkan pada matriks. Matlab tidak hanya memungkinkan visualisasi hasil perhitungan dalam grafik, tetapi juga mendukung pembuatan antarmuka pengguna (GUI) yang dapat dikustomisasi sesuai kebutuhan. Struktur utama Matlab meliputi:

Bagian Utama Matlab terdiri dari:

1. **Development Environment:** Ini adalah sekumpulan alat dan fasilitas yang membantu pengguna dalam memanfaatkan fungsi dan file Matlab. Lingkungan ini mencakup antarmuka pengguna grafis (GUI) seperti Matlab Desktop, Command Window, command history, editor debugger, serta browser untuk mengakses bantuan, workspace, file, dan search path.
2. **Matlab Mathematical Function Library:** Ini adalah kumpulan algoritma komputasi yang mencakup fungsi dasar seperti sum, sin, cos, serta operasi aritmatika kompleks, hingga fungsi yang lebih kompleks seperti invers matriks, nilai eigen matriks, fungsi Bessel, dan transformasi Fourier cepat (FFT).
3. **Matlab Language:** Matlab adalah bahasa tingkat tinggi yang berfokus pada matriks dan array, serta menyediakan dukungan untuk kontrol alur, fungsi, struktur data, input/output, dan fitur pemrograman berorientasi objek. Bahasa ini memungkinkan pengguna untuk melakukan "pemrograman sederhana" untuk hasil cepat, serta "pemrograman kompleks" untuk aplikasi yang lebih canggih. Matlab berfungsi sebagai mesin komputasi dan juga untuk membaca serta menulis MAT-files.

Simulink memiliki berbagai aplikasi, seperti mensimulasikan rangkaian elektronik, pemrosesan sinyal, dan pemodelan persamaan diferensial, serta banyak penggunaan lainnya. Dalam eksplorasi ini, akan dibahas cara menggunakan Simulink untuk memplot fungsi sederhana dan menyimpan data yang dihasilkan ke dalam file.

Simulink di Matlab merupakan alat yang digunakan untuk mensimulasikan desain atau model yang bersifat dinamis dan tertanam. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk menilai kinerja desain atau model sistem yang telah dibuat dan memastikan bahwa hasilnya sesuai dengan yang diharapkan [15].

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Survey Lapangan

Sebelum memulai merancang alat dan sistem yang akan dipasang, diperlukan informasi – informasi yang dibutuhkan, untuk memastikan sinkronisasi antara alat dan sistem, penelitian ini dilakukan di Laboratorium Otomasi Institut Teknologi Nasional Malang.

B. Alat dan Bahan

Untuk pembuatan simulasi dalam penelitian ini, alat dan bahan yang diperlukan meliputi beberapa komponen sebagai berikut:

Tabel 1. Alat dan fungsi

Alat dan Bahan	Fungsi
Matlab/simulink	Software simulasi
Laptop	Merancang simulasi

Detail spesifikasi alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Matlab/Simulink yang digunakan merupakan versi matlab R2023a
2. Laptop yang digunakan untuk melakukan simulasi yaitu merk Asus

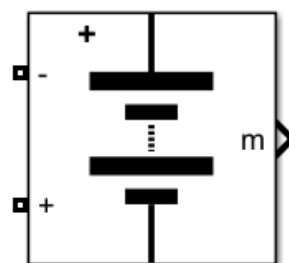
Beban listrik yang terdapat pada prototipe smarthome:

Tabel 2. Beban listrik pada prototipe

No	Peralatan Listrik	Jumlah	Daya (Watt)	Jumlah Daya (Watt)
1	Lampu	4	5	20
2	Kipas	2	18	36
3	Pompa air	1	125	125
4	TV	1	38	38
5	Magic com*	1	200	200
6	Kulkas*	1	500	500
7	Mesin Cuci	1	500	500

Komponen yang digunakan pada rancangan simulasi:

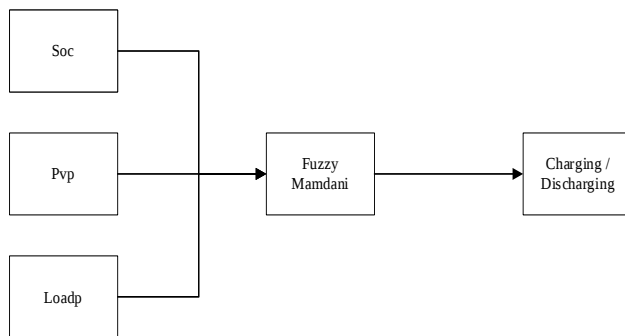
1. Baterai



Gambar 5. Baterai Pada Simulink

Baterai yang digunakan untuk simulasi disesuaikan dengan baterai pada PLTS Off-Grid 4 KWp ITN Malang sebanyak 6 unit berkapasitas 12 V 100 Ah di rangkai secara seri dan parallel. Jadi, jika baterai di rangkai secara seri dan paralel maka tegangannya akan semakin bertambah dan arusnya juga semakin besar, maka outputnya 24 V 300 Ah

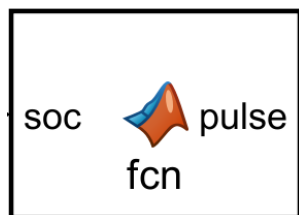
2. Fuzzy Logic Control



Gambar 6. Sistem Fuzzy

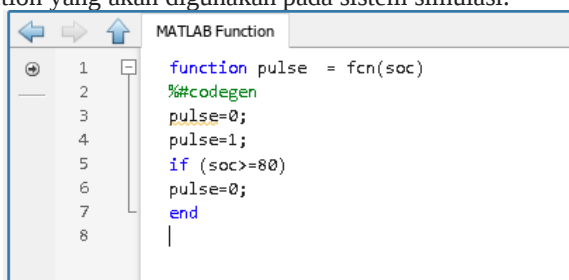
Pada sistem fuzzy yang digunakan memiliki 3 inputan berupa Soc, Pvp, Loadp yang masuk akan diproses oleh fuzzy mamdani untuk mengatur output berupa kondisi charging / discharging pada baterai

3. Matlab Function



Gambar 7. Matlab Function

Matlab Function adalah unit komputasi yang menghitung serangkaian keluaran saat diberikan serangkaian masukan. Di bawah ini adalah contoh penggunaan komponen matlab function yang akan digunakan pada sistem simulasi:



Gambar 8. Pemrograman pada Matlab Function

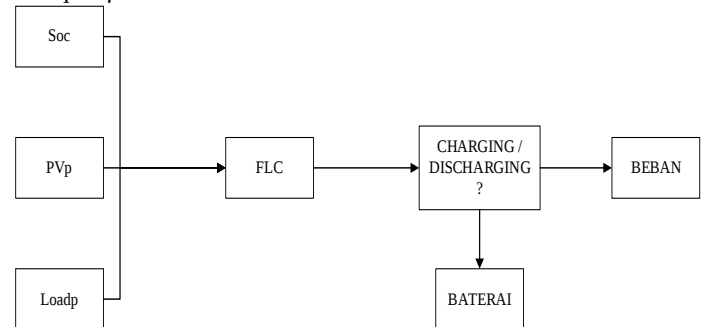
Dimana Function adalah suatu sistem yang mendeklarasikan suatu fungsi dari fcn (soc), jika Soc ≥ 80 maka pulse=0 dimana akan menonaktifkan suatu komponen yang berada pada rangkaian simulasi menggunakan sistem matlab function

C. Perancangan Sistem

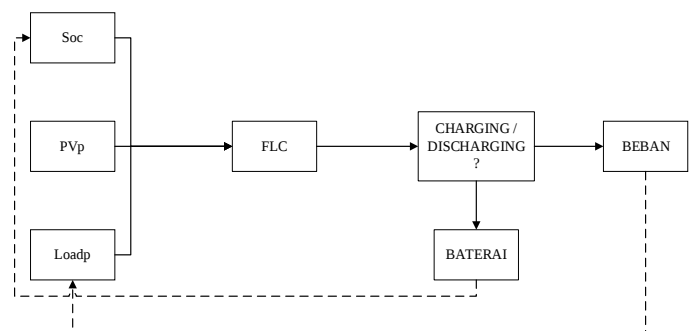
Deskripsi sistem dalam penelitian ini meliputi perancangan simulasi menggunakan Simulink, dengan mengintegrasikan kontrol logika fuzzy (FLC). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kontrol cerdas dan adaptif dalam mengatur pengisian baterai pada sistem smart home.

Dengan memanfaatkan Fuzzy Logic Control sebagai metode kecerdasan buatan, sistem dapat membuat keputusan berdasarkan data yang tidak pasti atau samar, serta untuk menganalisis kondisi baterai secara efektif.

D. Spesifikasi Sistem



Gambar 9. Blok Diagram Keseluruhan Sistem



Gambar 10. Blok Diagram Alur Keseluruhan Sistem

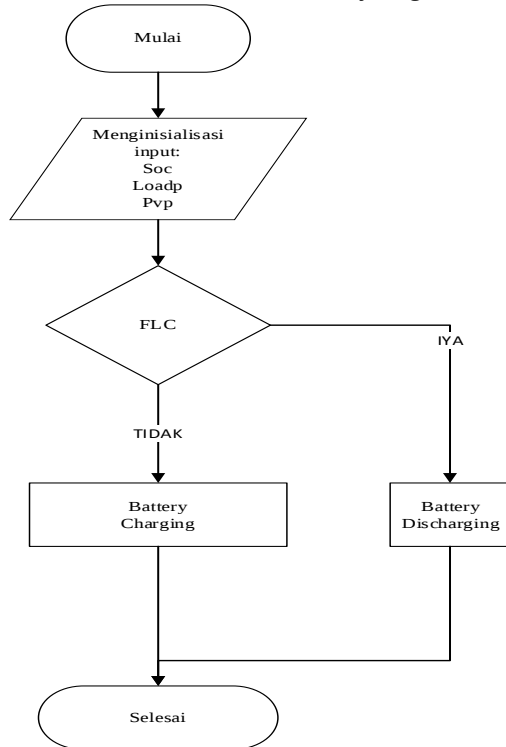
Pada penelitian ini menggunakan inputan berupa Soc, PVP, Loadp dimana selanjutnya akan diproses oleh fuzzy logic control untuk di manage pengisian menuju baterai agar pengisian dilakukan secara optimal dan mencegah over charging. Dengan inputan berupa PVP yang akan mengatur tegangan dan arus yang akan menuju ke baterai yang diterima berupa arus listrik searah (DC). Selanjutnya setelah fuzzy logic memproses inputan di awal akan keluar berupa output yaitu kondisi charging dan ketika kondisi discharging pada baterai maka beban dapat digunakan.

Pada simulasi terdapat fuzzy logic yang akan mengatur keadaan pada saat kondisi charging dan discharging, sebelumnya kita harus menentukan nilai inputan serta outputannya, dimana sebelumnya kita sudah mengatur fuzzy function atau logika fuzzy ketika keadaan Soc $< 80\%$ akan secara otomatis charging dan akan memilih untuk digunakan ke beban, Ketika keadaan Soc $> 80\%$ akan otomatis discharging dan akan digunakan ke beban. Pada rangkaian simulasi terdapat beberapa komponen yang spesifikasinya harus disesuaikan dengan kapasitas dari komponen yang digunakan seperti baterai. Serta ada beban dari komponen prototype yang berfungsi sebagai acuan dari beban yang digunakan

E. Flowchart

Terdapat 3 macam flowchart berbeda dalam sistem yang ada, yaitu Flowchart sistem menggunakan Fuzzy Logic Control, sistem Matlab Function, dan sistem tanpa Fuzzy.

1) Flowchart Keseluruhan Sistem Fuzzy Logic Control

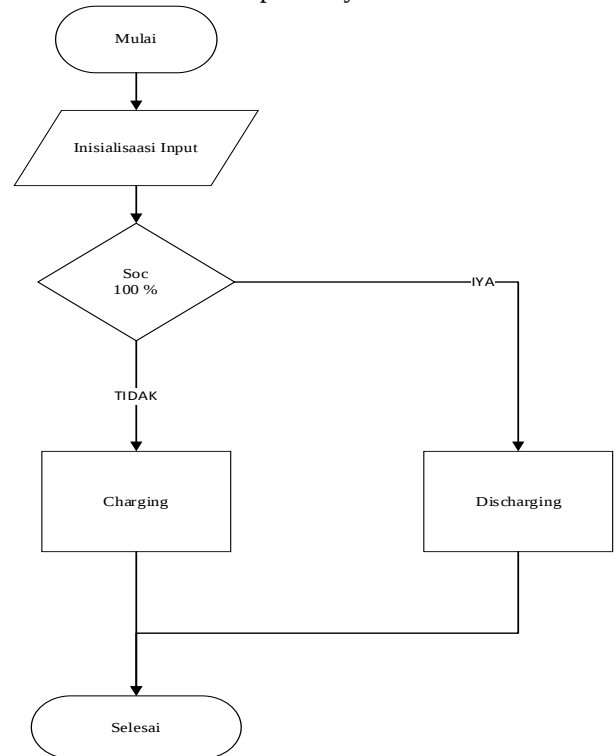


Gambar 11. Flowchart Sistem Fuzzy Logic Control

Penjelasan mengenai algoritma flowchart sistem yang ditampilkan pada Gambar 11 adalah sebagai berikut:

1. Mulai sistem,
2. Inisialisasi nilai input
3. Jika baterai menetapkan kondisi dengan $Soc \geq 80\%$
 - 3.1 Apabila kondisi $Soc < 80$ jika iya baterai akan dalam kondisi Charging dan jika tidak daya pada baterai akan digunakan beban
 - 3.2 Apabila kondisi $Soc > 80\%$, maka baterai akan memilih untuk discharge dan akan digunakan beban
4. Selesai.

2) Flowchart Sistem Tanpa Fuzzy

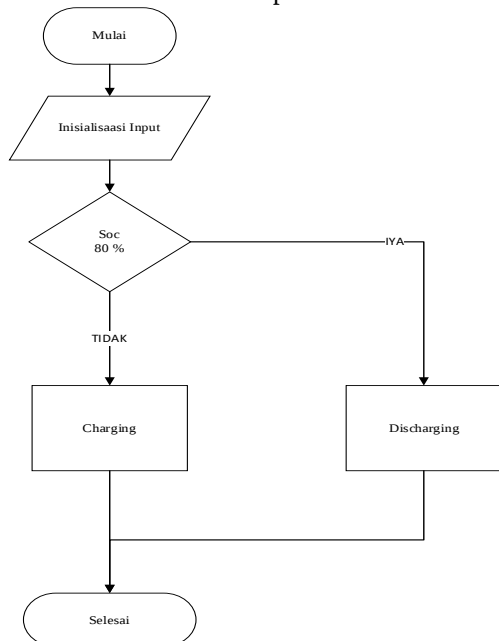


Gambar 12. Flowchart Menggunakan Komponen Matlab Function

Penjelasan mengenai algoritma flowchart sistem yang tertera pada Gambar 12 adalah sebagai berikut:

1. Mulai sistem,
2. Inisialisasi nilai input Soc
3. Jika baterai menetapkan kondisi dengan Soc 80%
 - 3.1 Apabila kondisi $Soc < 80\%$, jika iya baterai akan dalam kondisi Charging dan jika $Soc > 80\%$ baterai akan dalam kondisi discharging
4. Selesai.

3) Flowchart Sistem Pada Komponen Matlab Function



Gambar 13. Flowchart Sistem Tanpa Fuzzy

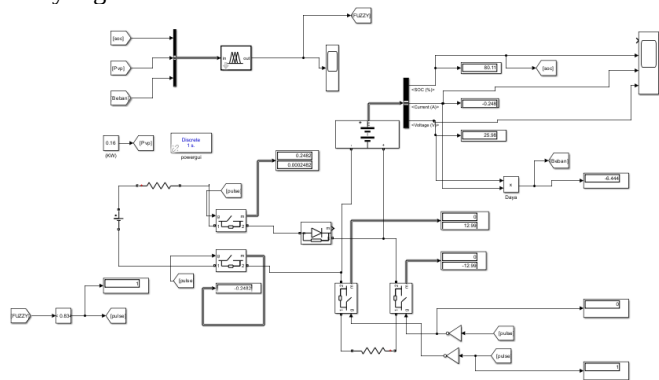
Penjelasan algoritma flowchart sistem yang ditunjukkan pada Gambar 13 adalah sebagai berikut:

1. Mulai sistem,
2. Inisialisasi nilai input soc
3. Jika baterai menetapkan kondisi dengan Soc 100%
 - 3.1 Apabila kondisi Soc < 100%, jika iya baterai akan dalam kondisi Charging dan jika Soc > 100% baterai akan dalam kondisi discharging
4. Selesai.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

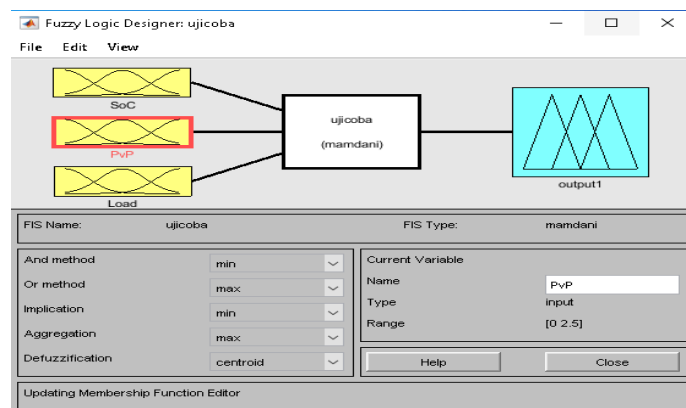
A. Hasil Rancangan Sistem

Halaman utama pada Simulink yang akan digunakan, seperti pada gambar di bawah ini, berfungsi untuk memantau energi yang inputannya berupa PVp, Soc, Loadp. Berikut adalah gambar dari rangkaian sistem simulasi menggunakan Fuzzy logic control:.

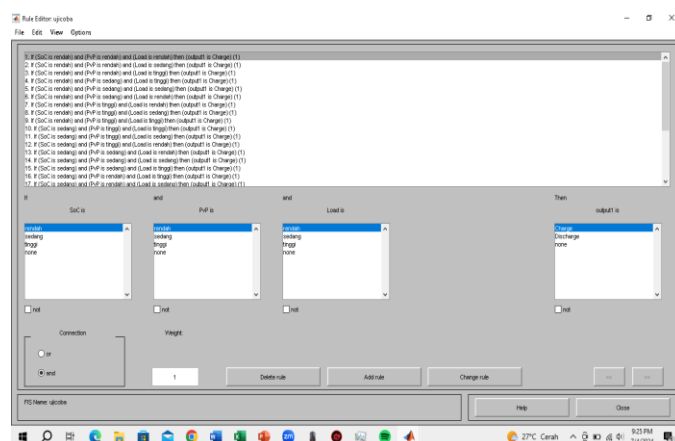


Gambar 14. Rangkaian Sistem Simulasi Menggunakan FLC

Tampilan fuzzy logic yang digunakan pada rangkaian simulasi seperti pada gambar dibawah ini, yang memiliki 3 inputan berupa Soc, PVp, LoadP. Dan memiliki output berupa charging, discharging. Metode fuzzy yang digunakan pada rangkaian simulasi ini yaitu metode fuzzy mamdani. Berikut adalah tampilan sistempada simulasi yang digunakan:



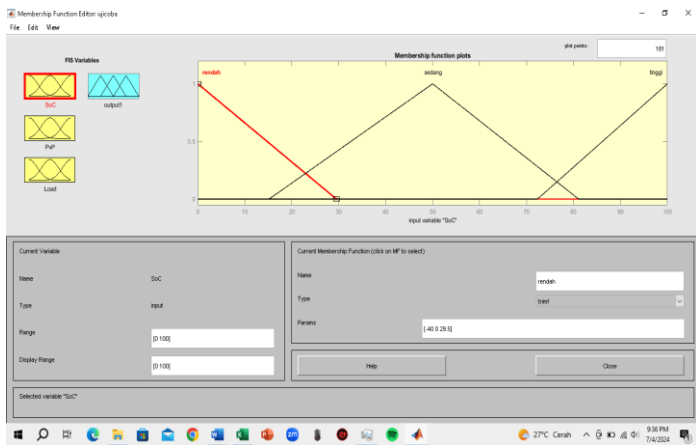
Gambar 15. Tampilan Fuzzy Logic



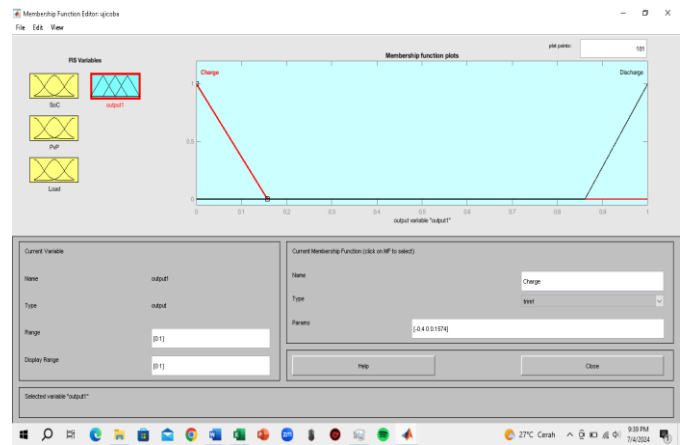
Gambar 16. Tampilan Rule Editro Sistem Fuzzy Logic Pada Matlab

Tabel 3. Rules Fuzzy Yang Digunakan

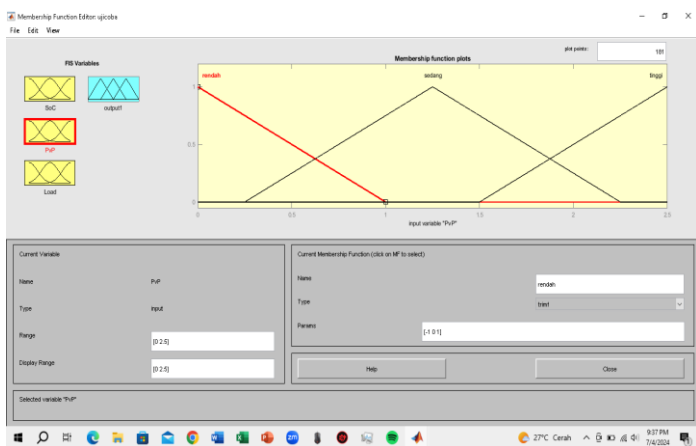
No	Soc			Pvp			Loadp			Output	
	Rendah	Sedang	Tinggi	Rendah	Sedang	Tinggi	Rendah	Sedang	Tinggi	Charging	Discharging
1	✓			✓			✓			✓	
2	✓							✓			
3	✓								✓		
4	✓			✓					✓		
5	✓			✓			✓			✓	
6	✓			✓						✓	
7	✓				✓		✓			✓	
8	✓				✓			✓		✓	
9	✓				✓		✓			✓	
10	✓				✓				✓	✓	
11	✓				✓		✓			✓	
12	✓				✓					✓	
13	✓			✓			✓			✓	
14	✓			✓						✓	
15	✓			✓			✓			✓	
16	✓			✓					✓	✓	
17	✓			✓			✓			✓	
18	✓				✓		✓			✓	
19	✓				✓					✓	
20	✓			✓						✓	
21	✓			✓					✓	✓	
22	✓			✓			✓			✓	
23	✓			✓						✓	
24	✓			✓			✓			✓	
25	✓			✓			✓			✓	
26	✓			✓			✓			✓	
27	✓			✓					✓	✓	
28	✓			✓					✓	✓	



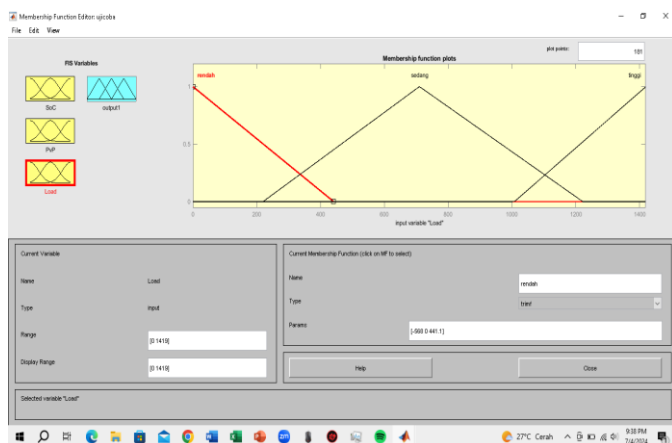
Gambar 17. Tampilan Membership Function Input Soc Pada Matlab



Gambar 20. Tampilan Mmbership Function Output Pada Matlab



Gambar 18. Tampilan Membership Function Input Pvp Pada Matlab



Gambar 19. Tampilan Membership Function Input Loadp Pada Matlab

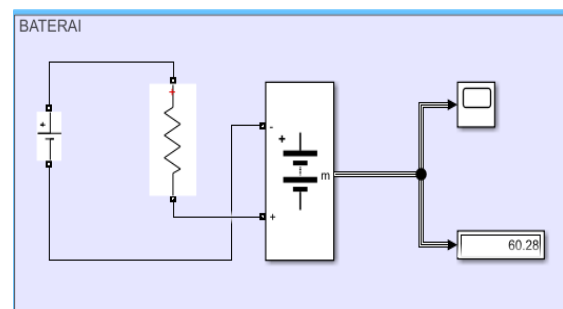
Pada Gambar 15 merupakan tampilan dari fuzzy logic control yang terdapat pada matlab, pada Gambar 16 merupakan tampilan Rule editor pada sistem fuzzy yang terdapat pada matlab, Tabel 3 adalah rules fuzzy yang digunakan dalam sistem fuzzy, Gambar 17-20 merupakan tampilan input pada membership function yang terdapat pada matlab yang inputannya berupa Soc, Loadp, Pvp, dan gambar 4.8 merupakan tampilan Output dari membership function pada matlab.

B. Deskripsi Alat Fuzzy Logic Control

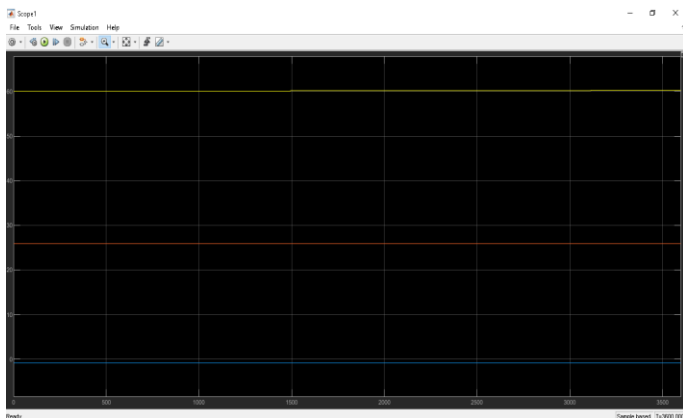
Sistem manajemen energi pada smart home adalah perangkat yang dirancang untuk secara otomatis mengurangi konsumsi energi di rumah pintar. Sistem ini didukung oleh teknologi fuzzy logic control untuk mengoptimalkan pengelolaan energi.

Fuzzy Logic Control berfungsi sebagai metode kontrol otomatis yang berdasarkan pada input dari lingkungan. Dalam penelitian ini, variabel input yang digunakan adalah produksi daya per jam selama tiga hari, yaitu pada tanggal 14, 15, dan 17 Mei 2024, dengan rentang waktu dari pukul 06.00 hingga 16.00.

Sebelum melakukan simulasi percobaan penulis melakukan uji coba terhadap beberapa komponen yang akan digunakan didalam simulasi yaitu berupa daya yang berfungsi sebagai penyuplai daya, baterai sebagai penyimpanan, dan beban prototipe sebagai beban aktif. Berikut adalah hasil dari uji coba komponen:

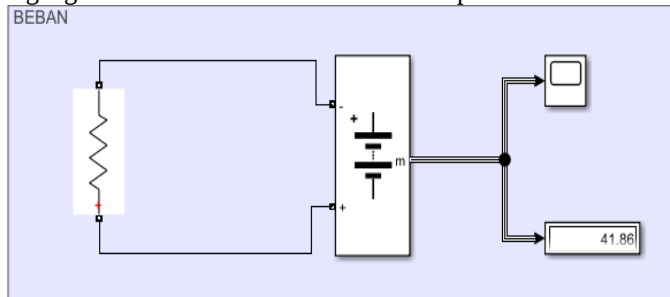


Gambar 21. Uji Coba Baterai

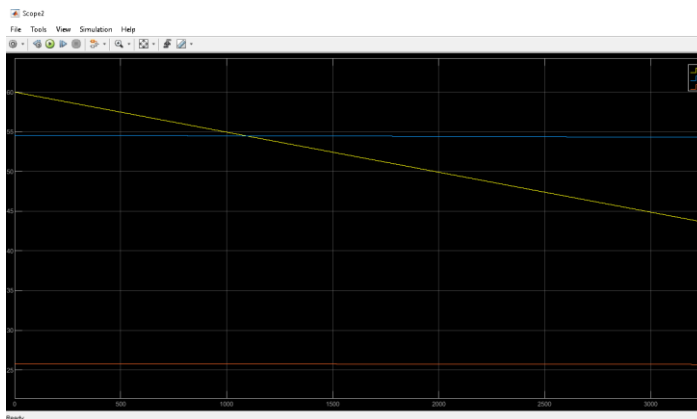


Gambar 22. Hasil Uji Coba Pada Baterai Dilihat Melalui Scope

Dari hasil pengujian untuk menguji baterai yang disuplai oleh daya berjalan sesuai yang diharapkan dimana tegangan dan arus yang telah di atur akan masuk kedalam baterai sehingga kondisi baterai charging sesuai dengan tegangan dan arus yang telah diatur, dan dapat di lihat melalui Display serta grafik tegangan dan arus bisa dilihat melalui Scope.



Gambar 23. Uji Coba Beban



Gambar 24. Hasil Uji Coba Pada Beban Dilihat Melalui Scope

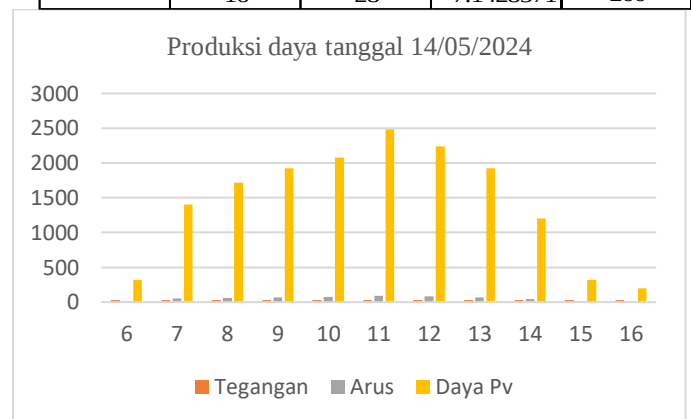
Dari hasil pengujian untuk menguji beban yang disuplai oleh baterai berjalan sesuai yang diharapkan dimana tegangan dan arus yang terdapat pada baterai akan masuk kedalam beban sehingga kondisi baterai discharging dan beban aktif atau dapat digunakan, dan dapat di lihat melalui Display serta grafik tegangan dan arus bisa dilihat melalui Scope.
Pembahasan :

Pada penelitian ini penulis ingin menganalisis bagaimana menerapkan metode inferensi Fuzzy Mamdani untuk pengambilan keputusan adaptif berdasarkan kondisi lingkungan dan kondisi baterai pada saat charging dan discharging seperti yang terlihat pada sebuah grafik percobaan di bawah ini. Pada penelitian simulasi dengan metode Fuzzy Control Logic ini menggunakan software Matlab R2023a, guna mengatur auto charge dan discharging suatu baterai. Penulis melakukan 33 kali percobaan yang mana guna untuk mengetahui bagaimana kondisi baterai pada saat charging dan pada saat kondisi baterai discharging serta semua akan dijabarkan dalam hasil berupa grafik. Hasil dari simulasi, berupa grafik pada baterai yang didapatkan dari proses fuzzy logic control, ditampilkan di Simulink. Pada Simulink, icon display digunakan untuk menampilkan subsistem pada setiap input. Ketika simulasi dijalankan, icon display ini akan menunjukkan angka-angka sebagai indikasi bahwa input berfungsi.

Berikut adalah Tabel dari Produksi daya per-jam pada beberapa hari yang terhitung mulai tanggal 14/15/17 Mei 2024:

Tabel 4. Profuksi daya pada tanggal 14/05/2024

Tanggal	Jam	Daya input baterai		Daya Pv
		Tegangan	Arus	
14/05/24	6	28	11.428571	320
	7	28	50	1400
	8	28	61.428571	1720
	9	28	68.571429	1920
	10	28	74.285714	2080
	11	28	88.571429	2480
	12	28	80	2240
	13	28	68.571429	1920
	14	28	42.857143	1200
	15	28	11.428571	320
	16	28	7.1428571	200

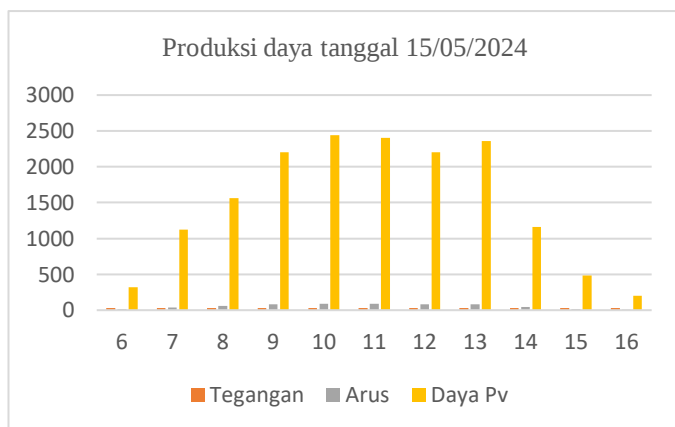


Gambar 25. Produksi daya pada tanggal 14/05/2024

Pada Gambar diatas menunjukan data produksi daya yang ditangkap oleh panel surya sebesar 4 kwip mulai pada pukul 06.00 – 16.00 pada tanggal 14/5/2024

Tabel 5. Profuksi daya pada tanggal 15/05/2024

Tanggal	Jam	Daya input baterai		Daya Pv
		Tegangan	Arus	
15/05/24	6	28	11.42857	320
	7	28	40	1120
	8	28	55.71429	1560
	9	28	78.57143	2200
	10	28	87.14286	2440
	11	28	85.71429	2400
	12	28	78.57143	2200
	13	28	84.28571	2360
	14	28	41.42857	1160
	15	28	17.14286	480
	16	28	7.142857	200

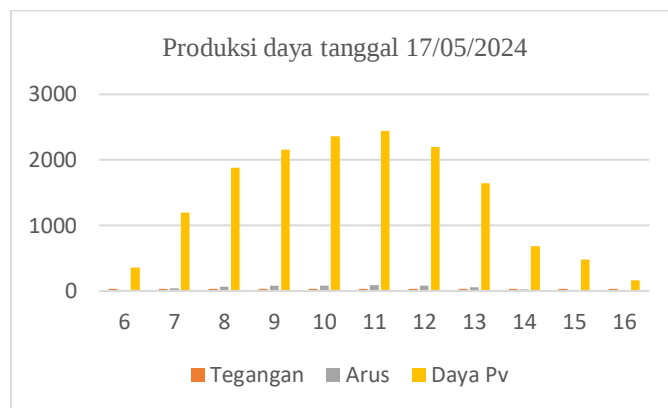


Gambar 26. Profuksi daya pada tanggal 15/05/2024

Pada Gambar diatas menunjukkan data produksi daya yang ditangkap oleh panel surya sebesar 4 kwip mulai pada pukul 06.00 – 16.00 pada tanggal 15/5/2024

Tabel 6. Profuksi daya pada tanggal 17/05/2024

Tanggal	Jam	Daya input baterai		Daya Pv
		Tegangan	Arus	
17/05/24	6	28	12.857143	360
	7	28	42.857143	1200
	8	28	67.142857	1880
	9	28	77.142857	2160
	10	28	84.285714	2360
	11	28	87.142857	2440
	12	28	78.571429	2200
	13	28	58.571429	1640
	14	28	24.285714	680
	15	28	17.142857	480
	16	28	5.7142857	160



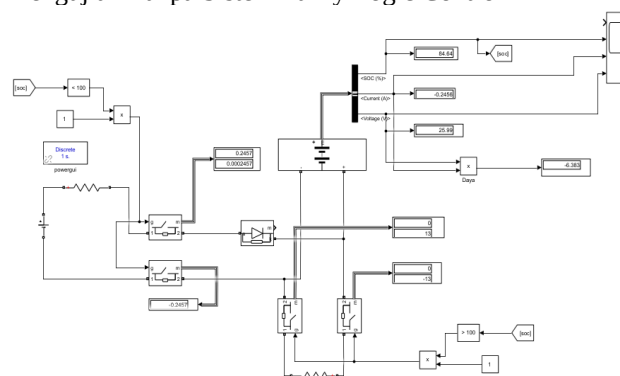
Gambar 27. Profuksi daya pada tanggal 17/05/2024

Pada Gambar diatas menunjukkan data produksi daya yang ditangkap oleh panel surya sebesar 4 kwip mulai pada pukul 06.00 – 16.00 pada tanggal 17/5/2024.

C. Pengujian Simulasi Sistem

Pada simulasi ini Pengujian yang di lakukan ada 3 kali pengujian yaitu 2 pengujian tanpa adanya sistem Fuzzy Logic Control yang tidak adanya management dan menggunakan komponen simulink yaitu matlab function dengan adanya managemen, dan 1 pengujian menggunakan sistem Fuzzy Logic Control.

1. Pengujian Tanpa Sistem Fuzzy Logic Control



Gambar 28. Rangkaian Tanpa Menggunakan Sistem Fuzzy Logic Control

Tabel 10. Hasil Pengujian Pada Tanggal 14/05/2024

Tanggal	Jam	Daya input baterai		Daya Pv	Soc
		Tegangan	Arus		
14/05/24	6	28	11.428571	320	60.17
	7	28	50	1400	60.92
	8	28	61.428571	1720	61.83
	9	28	68.571429	1920	62.84
	10	28	74.285714	2080	63.93
	11	28	88.571429	2480	65.21
	12	28	80	2240	66.37
	13	28	68.571429	1920	67.37
	14	28	42.857143	1200	68
	15	28	11.428571	320	68.17
	16	28	7.1428571	200	68.28

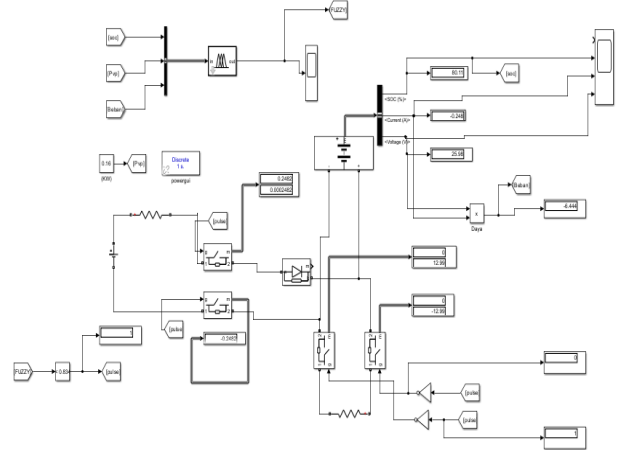
Tabel 11. Hasil Pengujian Pada Tanggal 15/05/2024

Tanggal	Jam	Daya input baterai		Daya Pv	Soc
		Tegangan	Arus		
15/05/24	6	28	11.428571	320	68.46
	7	28	40	1120	69.04
	8	28	55.714286	1560	69.85
	9	28	78.571429	2200	70.97
	10	28	87.142857	2440	72.21
	11	28	85.714286	2400	73.42
	12	28	78.571429	2200	74.53
	13	28	84.285714	2360	75.72
	14	28	41.428571	1160	76.31
	15	28	17.142857	480	76.56
	16	28	7.1428571	200	76.66

Tabel 12. Hasil Pengujian Pada Tanggal 17/05/2024

Tanggal	Jam	Daya input baterai		Daya Pv	Soc
		Tegangan	Arus		
17/05/24	6	28	12.857143	360	76.85
	7	28	42.857143	1200	77.66
	8	28	67.142857	1880	78.61
	9	28	77.142857	2160	79.69
	10	28	84.285714	2360	80.11
	11	28	87.142857	2440	80.11
	12	28	78.571429	2200	80.11
	13	28	58.571429	1640	80.11
	14	28	24.285714	680	80.11
	15	28	17.142857	480	80.11
	16	28	5.7142857	160	80.11

3. Pengujian Simulasi Menggunakan Sistem FLC



Gambar 31. Rangkaian simulasi menggunakan matlab function

Hasil Uji dari Implementasi Sistem Fuzzy Logic:

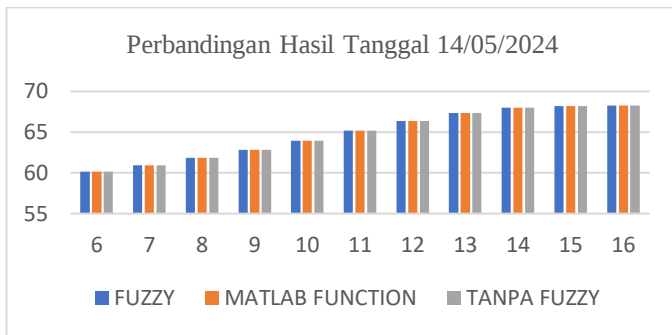
Tabel 13. Hasil Pengujian Pada Tanggal 14/05/2024

Tanggal	Jam	Daya input baterai		Daya Pv	Soc
		Tegangan	Arus		
14/05/24	6	28	11.428571	320	60.17
	7	28	50	1400	60.92
	8	28	61.428571	1720	61.83
	9	28	68.571429	1920	62.84
	10	28	74.285714	2080	63.93
	11	28	88.571429	2480	65.21
	12	28	80	2240	66.37
	13	28	68.571429	1920	67.37
	14	28	42.857143	1200	68
	15	28	11.428571	320	68.17
	16	28	7.1428571	200	68.28

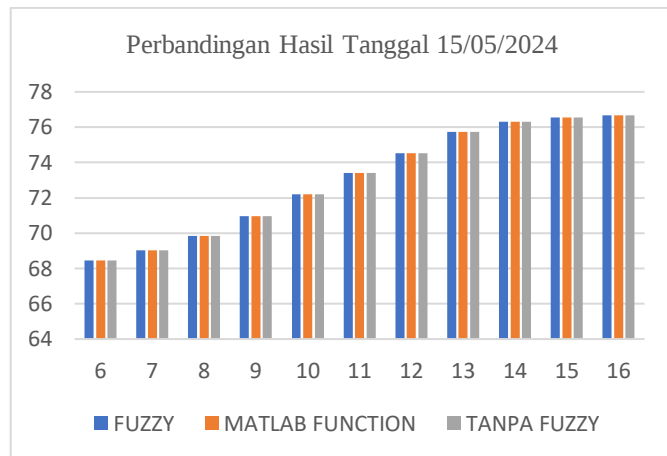
Tabel 14. Hasil Pengujian Pada Tanggal 15/05/2024

Tanggal	Jam	Daya input baterai		Daya Pv	Soc
		Tegangan	Arus		
15/05/24	6	28	11.428571	320	68.46
	7	28	40	1120	69.04
	8	28	55.714286	1560	69.85
	9	28	78.571429	2200	70.97
	10	28	87.142857	2440	72.21
	11	28	85.714286	2400	73.42
	12	28	78.571429	2200	74.53
	13	28	84.285714	2360	75.72
	14	28	41.428571	1160	76.31
	15	28	17.142857	480	76.56
	16	28	7.1428571	200	76.66

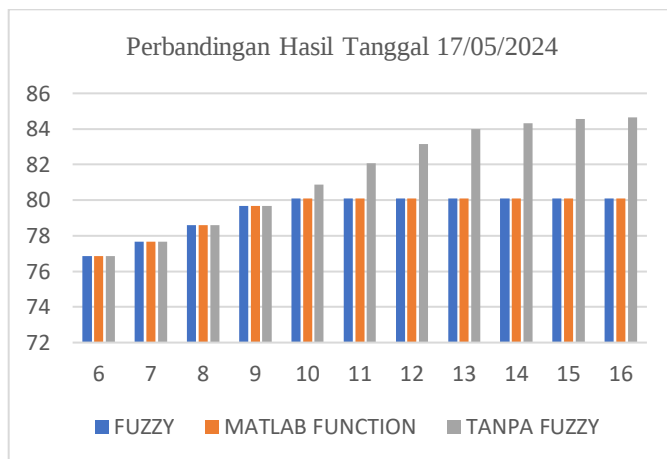
Perbandingan dari semua hasil yang telah dilakukan:



Gambar 32. Perbandingan Hasil Tanggal 14/05/2024



Gambar 33. Perbandingan Hasil Tanggal 15/05/2024



Gambar 34. Perbandingan Hasil Tanggal 17/05/2024

Pada pengujian yang telah dilakukan baik menggunakan sistem Fuzzy Logic Control maupun menggunakan sistem Matlab Function, hasil pada simulasi yang telah dilakukan sama, dikarenakan adanya algoritma manajemen yang terdapat pada sistem yang telah diatur, sistem yang diprogram tujuannya sama dimana ketika Soc <80% akan secara otomatis charging, Ketika keadaan Soc >80% akan otomatis discharging dan akan menyalurkan ke beban. Sedangkan pengujian tanpa Fuzzy ketika Soc awal 60% akan mengalami charging dan pada saat Soc 100% akan discharging dan beban baru aktif / baru

dapat digunakan dikarenakan tidak adanya manajemen pada sistem yang menyebabkan terjadinya overcharging.

Perbandingan yang terdapat pada sistem pengujian menggunakan sistem Fuzzy Logic Control dan Matlab Function yaitu pada sistem Fuzzy memiliki inputan berupa PVp, Soc, Loadp, dengan output kondisi charging & discharging yang dapat diatur, sedangkan Matlab function hanya dapat mengatur kondisi output charging & discharging dengan algoritma soc yang telah diatur menggunakan program (contoh: Soc <80% = Off, Soc >80% = On).

V. KESIMPULAN

Berikut adalah ringkasan dari setiap tahap dalam pembuatan alat, mulai dari perancangan, pembuatan sistem, hingga tahap pengujian. Berdasarkan hasil yang diperoleh, kesimpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut:

1. Pada simulasi yang telah dilakukan terdapat 3 kali percobaan yaitu 2 percobaan tanpa fuzzy yaitu tanpa adanya manajemen dan adanya manajemen menggunakan sistem matlab function, serta 1 percobaan menggunakan fuzzy logic control
2. Perancangan sistem Fuzzy Logic Control mampu beroperasi sesuai dengan yang diinginkan, dimana FLC berfungsi untuk mengelolah atau memanajemen baterai yang inputannya berupa PVp, Soc, Loadp, dengan output kondisi charging & discharging.
3. Dengan adanya manajemen pada sistem fuzzy logic control maupun matlab function mampu menghindari overcharging atau mengisi baterai hingga 100% secara terus menerus yang dapat mengakibatkan menurunnya efisiensi kerja baterai. Sedangkan tanpa adanya manajemen pada baterai, akan mengalami kondisi overcharging dimana ketika kondisi Soc 100% baru dapat memasuki kondisi discharging.

Saran

Masih terdapat beberapa kekurangan dalam penerapan proyek akhir ini. Oleh karena itu, saran untuk pengembangan lebih lanjut yang perlu dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

1. Pada sistem simulasi perlu ditambah charging rate agar dapat mengatur jumlah arus dan daya yang akan masuk ke baterai
2. Pada sistem simulasi dapat dilakukan pengujian perbandingan menggunakan metode fuzzy yang lain
3. Pada sistem Fuzzy Logic Control dapat dilakukan perbandingan percobaan menggunakan variabel grafik lain seperti segitiga, trapesium, dll.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Mustaqim, A. J. Purnama, A. Nuruddin, H. P. Santoso, and M. E. Sulisty, *SMART HOME SYSTEM BERBASIS IOT*.
- [2] R. Pakpahan, "ANALISA PENGARUH IMPLEMENTASI ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM KEHIDUPAN MANUSIA," *Journal of Information System, Informatics and Computing Issue Period*, vol. 5, no. 2, pp. 506–513, 2021, doi: 10.52362/jisicom.v5i2.616.
- [3] K. Randi and M. Zoni, "Manajemen Baterai Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 920 Wp Dengan Beban Alat Pengereng Ikan Otomatis 600 Watt"
- [4] D. Menerapkan Metode, "SISTEM MANAJEMEN ENERGI PADA SMART HOME."
- [5] I. D. Rizky, "BATTERY PERFORMANCE MONITORING SYSTEM AND BATTERY CHARGING CONTROL AT KEYPOINT PT. PLN UP2D JAWA TIMUR BASED ON FUZZY LOGIC CONTROLLER."
- [6] F. Wahab, A. Sumardiono, A. Rafi, A. Tahtawi, A. Faisal, and A. Mulayari, "Desain dan Purwarupa Fuzzy Logic Control untuk Pengendalian Suhu Ruangan," *Direvisi: 23 Mei*, vol. 2, no. 1, p. 22, 2017.
- [7] "PERANCANGAN PORTABLE POWERBANK BERBASIS PANEL SURYA SEBAGAI MULTIPURPOSE RESERVE POWER GENERATION (MRPG)."
- [8] S. Yuwono, D. Diharto, and N. W. Pratama, "Manfaat Pengadaan Panel Surya dengan Menggunakan Metode On Grid," *ENERGI & KELISTRIKAN*, vol. 13, no. 2, pp. 161–171, Dec. 2021, doi: 10.33322/energi.v13i2.1537..
- [9] A. Majid and R. Hardiansyah, "ALAT AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS) SEBAGAI SISTEM KELISTRIKAN HYBRID SEL SURYA PADA RUMAH TANGGA," *Jurnal Surya Energy*, vol. 2, no. 2, 2018
- [10] S. Prayogo, "Pengembangan Sistem Manajemen Baterai Pada PLTS Menggunakan On-Off Grid Tie Inverter," 2019.
- [11] M. A. R. dan S. Riadi, "Audit Konsumsi Energi untuk Mengetahui Peluang Penghematan Energi Pada Gedung PT Indonesia CAPS And CLOSURES," *Jurnal Pasti*, vol. 10, no. 69, 2016.
- [12] E. Julpia and A. * Mashuri, "IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY METODE MAMDANI PADA PREDIKSI BIAYA PEMAKAIAN LISTRIK," 2021. [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm>
- [13] "Modul 1 Dasar-Dasar MATLAB."
- [14] M Triawan AMIK Lembah Dempo, J. H. Sidik Adim No, and J. Beringin Kota Pagar Alam Sumatera Selatan, "Fuzzy Logic Mamdani Untuk Menentukan Jumlah Produksi Teh Pada PTPN VII (Persero) Fuzzy Logic Mamdani to Determine the Number of Tea Production at PTPN VII (Persero)," *Cogito Smart Journal* |, vol. 5, no. 1.
- [15] S. N. Hutagalung, "PEMBELAJARAN FISIKA DASAR DAN ELEKTRONIKA DASAR MENGGUNAKAN APLIKASI MATLAB METODE SIMULINK," 2018. [Online]. Available: <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>.

VII. BIODATA PENULIS



Lucky Marsel, lahir di Martapura, 7 Maret 2003, Ia menyelesaikan Pendidikan SLTA di SMAN 1 Martapura dengan jurusan IPA Pada tahun 2020, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Nasional Malang dalam Program Studi Teknik Elektro S-1 dengan peminatan Teknik Energi Listrik. Penulis dapat dihubungi melalui email: luckymarsel7@gmail.com