

Manajemen Energi Pada Prototipe Stasiun Pengisian Baterai Menggunakan Metode Logika Fuzzy

Richa Watiasih¹, Hasti Afianti², Zaid Abdullah Al Jabbaar³

Universitas Bhayangkara Surabaya^{1,2,3}
hasti_afianti@ubhara.ac.id¹

Abstrak— Stasiun pengisian sumber daya energi listrik mempunyai peranan yang penting dalam pengembangan energi, khususnya dalam pengembangan energi kendaraan listrik. Stasiun pengisian sumber energi listrik berfungsi untuk mengisi ulang baterai pada kendaraan listrik. Saat ini kendaraan listrik sebagian besar menggunakan baterai lithium polimer. Baterai ini menawarkan kapasitas yang lebih tinggi, sehingga memiliki daya lebih besar. Untuk memenuhi kebutuhan daya pada kendaraan listrik diperlukan suatu sistem manajemen energi pada baterai yang digunakan, yaitu untuk mengontrol proses pengisian dan pengosongan baterai agar baterai dapat mencapai tingkat daya maksimal. Dengan mampu menunjukkan keadaan pengosongan dan pengisian daya yang aman maka dapat meningkatkan masa pakai baterai. Terdapat beberapa indikator penting pada baterai, seperti tegangan dan arus yang masuk atau keluar baterai, dapat dipantau menggunakan parameter State of Charge (SOC) dan Depth Of Discharge (DOD). Pada penelitian ini menggunakan metode Logika Fuzzy untuk mengevaluasi pengelolaan baterai SOC dan DOD. Hasil nilai SOC yang didapat dari pengisian awal baterai, batas tegangan minimal 12 Volt dan batas tegangan maksimal 14 Volt, dengan nilai SOC yang dihasilkan minimal 85% dan maksimal 100%. Sedangkan nilai DOD untuk penggunaan dengan tegangan maksimal 14 Volt dan minimal 11 Volt, maka nilai DOD yang dihasilkan maksimal 99% dan minimal 78%.

Kata Kunci — Manajemen Energi, SOC, DOD, Logika Fuzzy, Pengisian Daya, Pemakaian Daya

Abstrac — Charging stations for electric energy resources have an important role in energy development, especially in the development of electric vehicle energy. Electrical energy charging stations function to recharge batteries in electric vehicles. Currently, electric vehicles mostly use lithium polymer batteries. This battery offers a higher capacity, so it has more power. To meet the power needs of electric vehicles, an energy management system is needed for the batteries used, namely to control the process of charging and discharging the battery so that the battery can reach maximum power levels. By being able to show safe discharge and charge conditions, it can increase battery life. There are several important indicators on the battery, such as the voltage and current entering or leaving the battery, which can be monitored using the State of Charge (SOC) and Depth Of Discharge (DOD) parameters. This research uses the Fuzzy Logic method to evaluate SOC and DOD battery management. The SOC value obtained from initial charging of the battery, the minimum voltage limit is 12 Volts and the maximum voltage limit is 14 Volts, with the resulting SOC value being a minimum of 85% and a maximum of 100%. Meanwhile, the DOD value for use with a maximum voltage of 14 Volts and a minimum of 11 Volts, the resulting DOD value is a maximum of 99% and a minimum of 78%.

Keywords — Energy Management, SOC, DOD, Fuzzy Logic, Charging, Discharging

I. PENDAHULUAN

Dengan semakin menipisnya cadangan bahan bakar dunia, salah satunya harga minyak dunia semakin tinggi, membuat banyak peneliti mencari alternatif bahan bakar mobil, salah satunya yaitu mobil listrik[1]. Saat ini perkembangan teknologi mobil listrik memanfaatkan energi terbarukan semakin banyak dikembangkan. seperti halnya

memanfaatkan energi yang berasal dari cahaya matahari merupakan sumber tenaga yang potensinya melimpah[2]. Selain itu dengan teknologi sel surya, proses konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik tidak menghasilkan gas rumah kaca sehingga pemanfaatan energi surya melalui sel surya adalah ramah lingkungan[3]. Dalam potensinya tidak

menutup kemungkinan jika mobil listrik dalam melakukan pekerjaannya memerlukan daya pada mobil listrik untuk melakukan pekerjaannya[4]. Sehingga stasiun pengisian kendaraan listrik sangat dibutuhkan pada kendaraan listrik untuk pengisian ulang baterai.

Perangkat penyimpan energi listrik yang penting pada stasiun pengisian kendaraan listrik adalah baterai. Baterai merupakan sebuah peralatan yang dapat mengubah energi baterai listrik yang terdiri dari 2 atau lebih sel elektrokimia yang mengubah energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik[5]. Baterai yang digunakan jenis *Lithium Polimer*, baterai ini banyak digunakan dalam perangkat elektronik portabel dan kendaraan listrik. Meskipun teknologi baterai telah meningkat, tidak sepenuhnya memenuhi kebutuhan energi kendaraan listrik[6]. Di dalam baterai terdapat banyak sel yang dibangun secara serial ataupun paralel untuk memberikan daya yang cukup[7]. Sel yang terhubung secara paralel dalam baterai memaksa satu sama lain untuk menyamakan tegangannya. Dengan demikian, sel-sel yang terhubung paralel secara otomatis saling mengimbangi. Dalam sel yang terhubung, arus lengan utama melewati seluruh baterai dan sel dengan kapasitas terendah diidentifikasi[8]. Oleh karena itu, diperlukan sistem manajemen baterai dengan mengontrol proses *charge* dan *discharge* untuk memastikan bahwa penggunaan baterai dalam stasiun pengisian maupun mobil robot dapat mencapai kondisi maksimal[9].

Dalam pengembangan sistem manajemen energi baterai diperlukan suatu metode pengendalian sistem untuk mengoptimalkan penggunaan distribusi energi pada baterai. Perangkat penyimpanan energi yang digunakan pada sistem manajemen baterai stasiun pengisian mobil listrik adalah baterai *Lithium Polimer*[10]. Sistem manajemen baterai memantau keadaan pengisian baterai (*State of Charge*) dan memantau keadaan pemakaian baterai *depth of discharge* dengan menggunakan berbagai parameter seperti *Voltage* total, *Current*, dan Suhu pada masing-masing proses *charge* dan *discharge*[11-12].

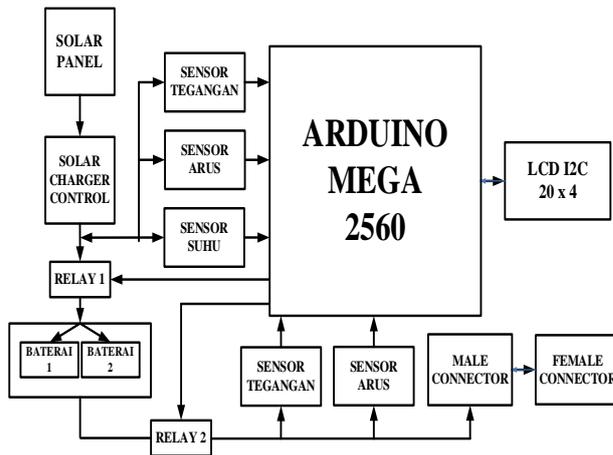
Berdasarkan penjelasan sebelumnya, pada sistem manajemen baterai, *State of Charge* (SOC)

dan *depth of discharge* (DOD) pada baterai dianggap sebagai parameter yang paling penting dalam penggunaannya untuk memonitoring atau memantau status pengisian dan pemakaian baterai yang telah didesain mampu bekerja sesuai dengan kebutuhan sistem pengisian baterai robot. Metode yang berbeda telah diusulkan untuk mengevaluasi *State of Charge* (SOC) dan *depth of discharge* (DOD) baterai, antara lain metode *4-Stage Charging*, metode *Semi Passive Cooling*[13–15]. Dalam makalah ini metode *Coulomb Counting* dan metode *Fuzzy logic* digunakan untuk sistem manajemen energi baterai.

II. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

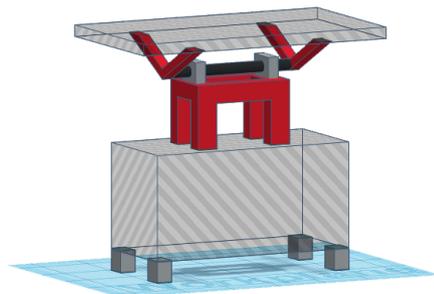
Secara umum, konfigurasi dari manajemen pada *prototype* stasiun pengisian baterai robot berbasis solar panel terdiri dari tiga bagian yaitu input, mikrokontroler, dan output. Dari ketiga bagian tersebut terdapat *hardware* dan juga *software*. Pada bagian input terdiri dari sensor pengukuran parameter baterai *charging* dan *discharging* seperti sensor tegangan arus dan suhu untuk melihat nilai arus, tegangan dan suhu yang dihasilkan pada stasiun pengisian baterai. Kemudian hasil baca sensor arus dan tegangan dibandingkan untuk mendapatkan nilai manajemen. Sedangkan untuk kontrolnya menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Untuk *output* terdapat LCD yang berfungsi untuk menampilkan nilai nilai arus, tegangan, suhu dan daya pada beban dan *male connector* sebagai *connector charger* untuk robot. *Software* yang digunakan untuk memprogram arduino dikembangkan melalui *software* arduino IDE. Gambar 1 merupakan blok diagram manajemen energi pada pengisian baterai robot.



Gambar 1 Blok Diagram Sistem Pengisian Baterai

B. Perancangan Mekanik

Sistem mekanik yang dirancang berupa box untuk panel sistem manajemen pada stasiun pengisian baterai robot. Mekanik dirancang menggunakan bahan besi untuk rangka rusuk dan ACP (*Aluminium Composite Postale*) untuk rangka sisi-sisinya dengan panjang 50 cm, tinggi 64,5 cm dan lebar 30 cm. Bentuk rancangan sistem mekanik ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Rancangan Mekanik Stasiun Pengisian

C. Manajemen Energi Baterai

Manajemen energi adalah suatu program yang direncanakan dan dilaksanakan secara sistematis untuk memanfaatkan energi secara efektif dan efisien dengan melakukan perencanaan, pencatatan, pengawasan dan evaluasi secara berkelanjutan tanpa mengurangi kualitas produksi dan pelayanan. Manajemen energi mencakup perencanaan dan pengoperasian unit konsumsi dan produksi yang berkaitan dengan energi untuk mengelola secara aktif usaha penghematan penggunaan energi. Tujuan manajemen energi yaitu memonitoring performa baterai dan mengontrol proses pengisian (*charging*) dan

pemakaian (*discharging*). Untuk menghasilkan sistem manajemen baterai *lithium polimer* pada stasiun pengisian berbasis solar panel menggunakan metode *fuzzy logic* [16].

D. Konsep Sistem Manajemen Energi Baterai

Sistem manajemen pada baterai merupakan sistem elektronik yang mengelola baterai yang dapat diisi ulang (sel atau baterai), dengan melindungi baterai dari operasi di luar area operasi yang aman, memantau keadaannya dan mengendalikan suhu lingkungannya [16]. Baterai pada BMS umumnya menggunakan baterai Lithium. Fungsi utama BMS adalah *I charge*, *overcharge protect* dan *overdischarge protect* dapat dijelaskan sebagai berikut:

- *I charge* berfungsi untuk menyeimbangkan tegangan ketika pengisian atau ketika pengosongan, hal ini penting agar tidak terjadi perbedaan yang jauh antara sel baterai.
- *Overcharge protect* berfungsi saat proses pengisian baterai. Ketika tegangan total mencapai nilai batas maksimum tertentu atau tegangan sel baterai sudah mencapai nilai maksimumnya yaitu 14.5 Volt maka arus pengisian akan dihentikan.
- *Overdischarge protect* berfungsi saat proses pengosongan baterai dengan beban. Ketika tegangan total mencapai nilai batas minimum yang ditentukan atau tegangan sel baterai mencapai nilai minimumnya yaitu 12 Volt, maka arus yang mengalir ke beban akan dihentikan secara otomatis.

E. Prinsip Kerja Manajemen Energi Baterai

Prinsip kerja sistem manajemen energi baterai pada stasiun pengisian baterai robot ada dua, yaitu *overcharge protect* dan *overdischarge protect*. Diawali dengan tegangan baterai secara total dan individu dibaca oleh sensor tegangan untuk acuan dan juga nilai inputan mikrokontroler dalam menjalankan program dan memberikan sinyal ke aktuator relay. Ketika mode *charging* yang sudah ditentukan terdapat nilai ambang batas sebesar 14.5 Volt, jika tegangan *charging* mencapai nilai ambang nya, maka relay *charger* akan memutuskan arus yang mengalir ke baterai untuk menghindari

overcharging. Ketika mode *discharging* dengan nilai ambang batas sebesar 12 Volt yang sudah ditentukan jika tegangan keluaran mencapai batas nilai ambang maka relay tegangan keluaran akan memutuskan arus yang mengalir ke beban.

F. Fuzzy Logic

Fuzzy logic pertama kali dikenalkan kepada public oleh Lofti Zadeh, seorang profesor di *University of California di Berkeley*. *Fuzzy logic* digunakan untuk menyatakan hukum operasional dari suatu sistem dengan ungkapan bahasa, bukan dengan persamaan matematis. Teori ini banyak diterapkan dalam berbagai bidang dengan mempresentasikan pikiran manusia kedalam suatu sistem. Hal ini dikarenakan penggunaan konsep *fuzzy logic* yang mirip dengan konsep cara berfikir manusia.

Cara kerja *fuzzy logic* secara garis besar terdiri dari input, proses dan output. *Fuzzy logic* merupakan suatu teori himpunan logika yang dikembangkan untuk mengatasi konsep nilai yang terdapat diantara kebenaran (*truth*) dan kesalahan (*false*). Pada teori himpunan klasik yang disebut juga dengan himpunan crisp (himpunan tegas) hanya dikenal dua kemungkinan dalam fungsi keanggotaannya, yaitu kemungkinan termasuk keanggotaan himpunan (logika 1) atau kemungkinan berada diluar keanggotaannya (logika 0). Namun dalam teori himpunan *fuzzy* tidak hanya memiliki dua kemungkinandalam menentukan sifat keanggotaannya tetapi memiliki derajat keanggotaan yang nilainya antara 0 dan 1. Fungsi yang menetapkan nilai ini dinamakan fungsi keanggotaan yang disertakan dalam himpunan *fuzzy*[17].

Ada tiga proses utama dalam mengimplementasikan *fuzzy logic* pada suatu perangkat atau sistem, antara lain fuzzifikasi, evaluasi rule, dan defuzzifikasi. Berikut merupakan penjelasan proses *fuzzy logic*.

- Fuzzification, merupakan suatu proses untuk mengubah suatu masukan dari bentuk tegas (crisp) menjadi fuzzy yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan fuzzy dengan suatu fungsi keanggotaannya masing-masing.

- Interference System (Evaluasi Rule), merupakan sebagai acuan untuk menjelaskan hubungan antara variable-variabel masukan dan keluaran yang mana variabel yang diproses dan yang dihasilkan berbentuk fuzzy. Untuk menjelaskan hubungan antara masukan dan keluaran biasanya menggunakan “IFTHEN”.
- Defuzzification, merupakan proses perubahan variabel berbentuk fuzzy tersebut menjadi data-data pasti (crisp) yang dapat dikirimkan ke peralatan pengendalian.

G. Coulomb Counting

Metode CC (*Coulomb Counting*) adalah metode yang dapat digunakan untuk menghitung muatan listrik (*coulomb*) yang masuk atau keluar pada baterai. Dengan mengintegalkan arus listrik yang mengalir ke baterai terhadap waktu maka dapat diperoleh muatan listrik total yang masuk atau keluar dari baterai. Dalam implementasinya nilai arus (I) berupa diskret karena tidak dimungkinkan untuk melakukan pencuplikan dengan waktu[18].

Secara umum metode CC (*Coulomb Counting*) dirumuskan sebagai berikut:

$$SOC(t) = SOC(t_0) - \frac{\eta}{C_n} \int_{t_0}^t I dt$$

.....(1)

Keterangan:

C_n = Kapasitas maksimum baterai

SOC_0 = SOC awal sebelum terjadi pengisian

I = Arus listrik yang masuk atau keluar

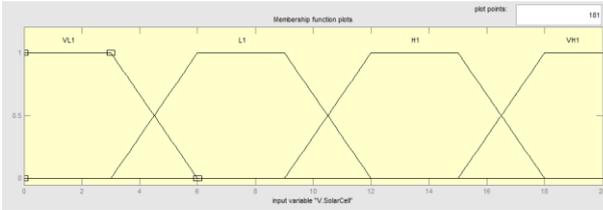
η = Efisiensi pengisian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

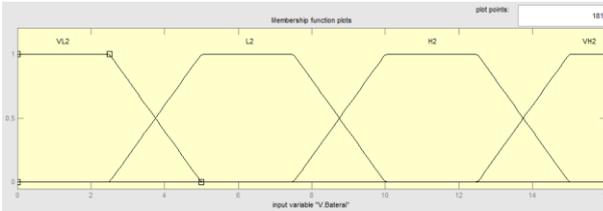
A. Menentukan SOC Berdasarkan Fuzzy Logic

Proses *charging* dengan input tegangan solar panel dan tegangan baterai untuk menentukan SOC digunakan metode *logika fuzzy*. Tahap pertama fuzzifikasi dengan menentukan setiap derajat keanggotaan untuk setiap set pada *fuzzy*. Dari pengukuran tegangan solar panel dan

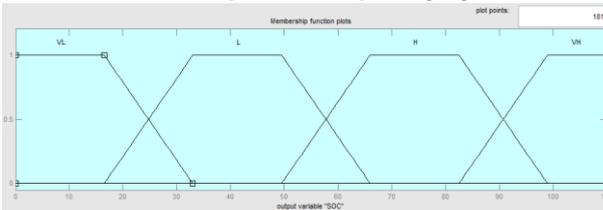
tegangan baterai sebelumnya, dapat ditentukan *membership function* seperti gambar 3, 4 dan 5.



Gambar 3 Membership Function Input Tegangan Solar Panel



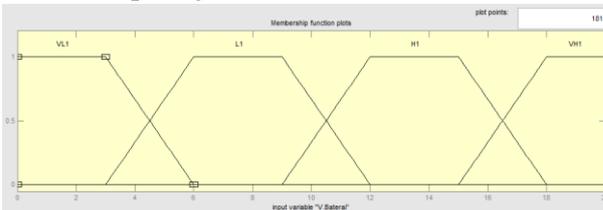
Gambar 4 Membership Function Input Tegangan Baterai



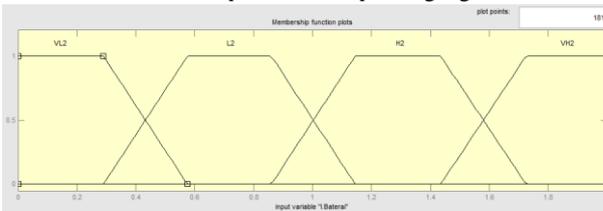
Gambar 5 Membership Function Output SOC

B. Menentukan DOD Berdasarkan Fuzzy Logic

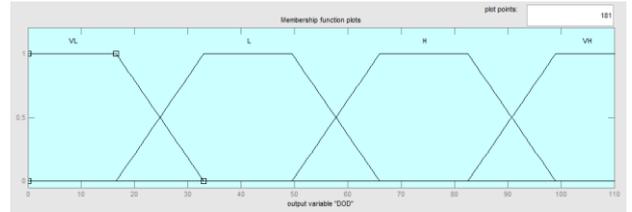
Proses *discharging* dengan input tegangan baterai dan arus baterai untuk menentukan DOD digunakan metode *logika fuzzy*. Tahap pertama fuzzifikasi dengan menentukan setiap derajat keanggotaan untuk setiap set pada *fuzzy*. Dari pengukuran tegangan baterai dan arus baterai sebelumnya, dapat ditentukan *membership function* seperti gambar 6, 7 dan 8.



Gambar 6 Membership Function Input Tegangan Baterai



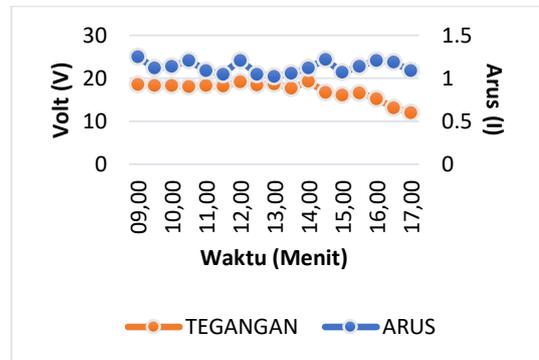
Gambar 7 Membership Function Input Arus Baterai



Gambar 8 Membership Function Output DOD

C. Pengambilan Data Panel Surya

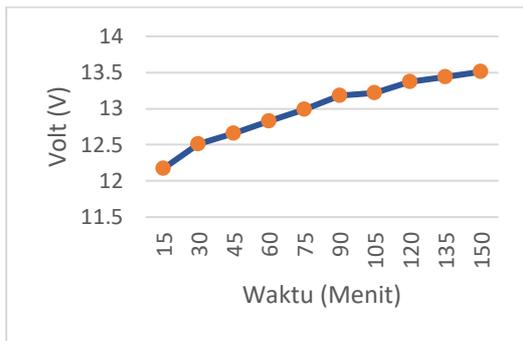
Pengujian pada panel surya tanpa halangan yang menampilkan tegangan dan arus dalam waktu pengujian 30 menit sekali untuk pengambilan data. Tegangan awal yang dihasilkan panel surya 20WP pada waktu 09.00 WIB dengan kondisi cuaca cerah yaitu 18.63 V. Tegangan mengalami kenaikan dan penurunan karena kondisi cuaca yang berubah-ubah. Pada arus juga mengalami kenaikan dan penurunan. Pengujian dilakukan selama 17 kali dengan waktu pengambilan data 30 menit sekali. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 Pengujian Panel Surya

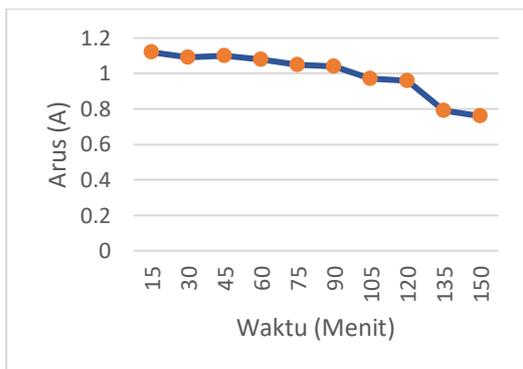
D. Pengambilan Data Charging

Dari simulasi pengukuran *charging* pada manajemen energi stasiun pengisian baterai robot terdapat grafik hasil implementasi alat untuk menentukan perbandingan *state of charge* (SOC) dan *depth of discharge* (DOD) yang meliputi tegangan, arus dan suhu baterai.



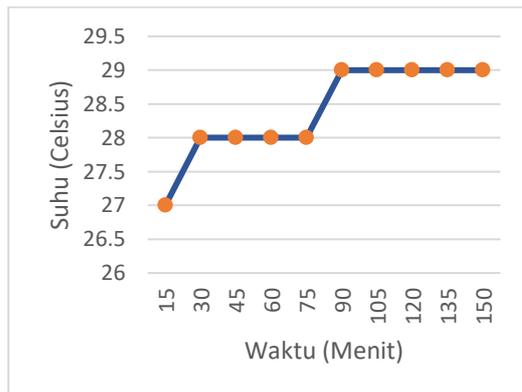
Gambar 10 Tegangan Saat Charging

Pada gambar 10 merupakan grafik hasil dari pengujian tegangan pada saat *charging*. Tegangan ketika baterai *charging* dapat dilihat bahwa pada saat pengisian baterai diisi ulang selama 2.15 jam dengan nilai awal tegangan baterai sebesar 12.07 V. Apabila mengacu pada data *sheet* baterai, terlihat tegangan memiliki kisaran yang cenderung linear. Hasil pengambilan data tegangan mengalami kenaikan dengan konstan akibat diisi ulang. Dari nilai awal 12.07 V mengalami kenaikan dengan konstan.



Gambar 11 Arus Saat Charging

Pada gambar 11 adalah grafik hasil dari pengujian arus pada saat *charging*. Arus pada saat *charging* mengalami penurunan secara konstan karena tegangan baterai terus bertambah atau baterai mulai mencapai kapasitas maksimal. Arus yang mengalir sebesar 1.12 A pada saat pengisian dan mulai turun hingga 0.76 A saat pengujian selesai.

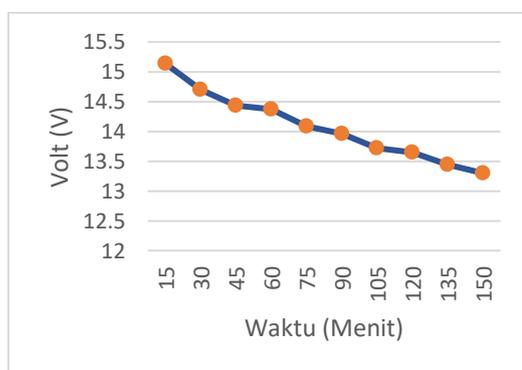


Gambar 12 Hasil Suhu Charging

Selain itu pada gambar 12 hasil grafik suhu. Kenaikan suhu pada baterai stasiun pengisian mobil robot juga terjadi akibat pengisian ulang baterai. Suhu cenderung mengalami kenaikan konstan pada saat mendekati waktu ketika tegangan mencapai puncak dan secara perlahan yang mulanya 27°C menjadi stabil pada nilai 29°C.

E. Pengambilan Data Discharging

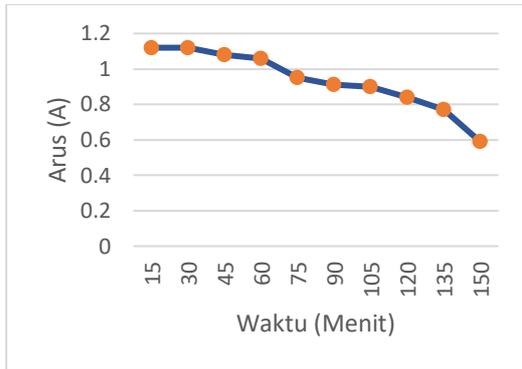
Simulasi berikut ini adalah pengukuran *discharging* pada manajemen energi stasiun pengisian baterai robot terdapat grafik hasil implementasi alat untuk menentukan perbandingan *state of charge* (SOC) dan *depth of discharge* (DOD) yang meliputi tegangan, arus dan suhu baterai.



Gambar 13 Tegangan Saat Discharging

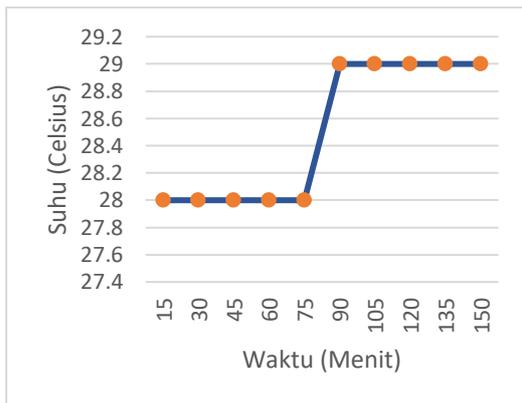
Gambar 13 merupakan hasil pengujian tegangan pada saat *discharging*. Pada grafik dapat dilihat bahwa tegangan pemakaian baterai untuk mengisi baterai robot terjadi penurunan tegangan baterai stasiun pengisian. Hal ini disebabkan karena baterai terhubung dengan beban berupa

pengisian baterai robot. Tegangan mengalami penurunan dari 15.14 V secara constan.



Gambar 14 Arus Saat Discharging

Pada gambar 14 adalah hasil grafik percobaan pengambilan data arus saat *discharging*. Arus pada grafik menunjukkan penurunan secara konstan karena baterai pada stasiun pengisian robot melakukan tugasnya untuk mengisi baterai robot sebagai beban sehingga mengakibatkan arus turun secara perlahan yang kemudian dari 0.59 A menjadi 1.12 A.



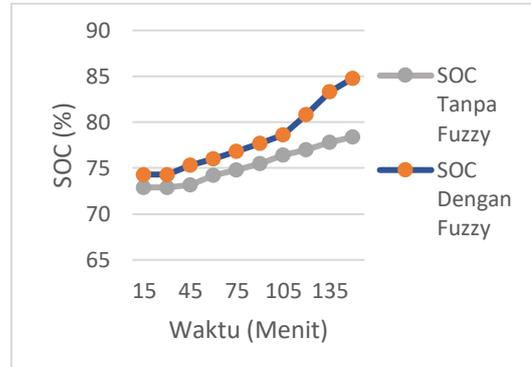
Gambar 15 Suhu Saat Discharging

Pada gambar 16 hasil grafik dari pengujian suhu pada baterai stasiun pengisian mobil robot saat *discharging* juga mengalami kenaikan. Sebelum mengalami kenaikan suhu sempat berada pada posisi stabil dengan suhu 28°C lalu mengalami kenaikan secara konstan dengan suhu 29°C dan menjadi stabil sampai percobaan selesai.

F. Hasil SOC Dan DOD

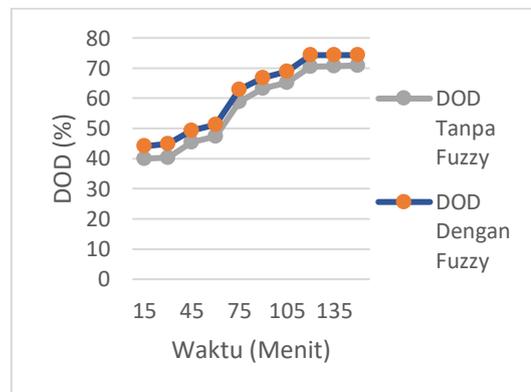
Untuk *state of charge* (SOC) saat pengisian memiliki pola naik konstan dengan kondisi

baterai saat *charging* sampai keadaan batas pengujian selesai atau hampir penuh. Dalam perbandingan *state of charge* (SOC) dengan menggunakan *fuzzy logic* dan tidak menggunakan *fuzzy logic* atau menggunakan teori (*coulomb counting*) memiliki perbedaan yang tidak terlalu jauh. Sehingga hasil dari pengujian pada saat *state of charge* (SOC) dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17 Hasil SOC Saat Charging

Sedangkan untuk *depth of discharge* (DOD) saat pemakaian memiliki pola turun konstan dengan kondisi baterai sampai keadaan batas pengujian selesai atau hampir habis. Dalam perbandingan *depth of discharge* (DOD) dengan menggunakan *fuzzy logic* dan tidak menggunakan *fuzzy logic* atau menggunakan teori (*coulomb counting*) memiliki perbedaan yang tidak terlalu jauh. Hasil dari pengujian *depth of discharge* (DOD) dapat dilihat pada gambar 18.



Gambar 18 Hasil DOD Saat Discharging

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan percobaan sistem manajemen energi pada *prototype* stasiun

pengisian baterai robot berbasis solar panel dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu manajemen baterai ini dirancang untuk memonitoring atau memantau status.

pengisian dan pemakaian baterai yang telah didesain mampu bekerja sesuai dengan kebutuhan sistem pengisian baterai robot. Monitoring baterai pada sistem manajemen energi ini menggunakan *fuzzy logic* untuk mendapatkan nilai SOC dan DOD yang akurat pada sistem manajemen. Untuk mengestimasi SOC digunakan 2 input membership function yaitu tegangan solar panel dan tegangan baterai dan untuk mengestimasi DOD digunakan 2 input membership function yaitu tegangan baterai dan arus baterai. Sedangkan penerapan sistem kontrol proses *charging* dari solar panel ke baterai menggunakan modul relay dengan batas tegangan 14.5 Volt diputus oleh relai untuk menghindari *overcharging* dan penerapan sistem kontrol proses *discharging* dari solar panel ke baterai menggunakan modul relay dengan batas tegangan 12 Volt diputus oleh relai untuk menghindari *overdischarging*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Alshareef and Z. Lin, "A Constant Grid Interface Current Controller for DC Microgrid."
- [2] L. Parinduri and T. Parinduri, "Kontribusi Konversi Mobil Konvensional Ke Mobil Listrik Dalam Penanggulangan Pemanasan Global," vol. 1099, pp. 116–120.
- [3] B. Anto, E. Hamdani, and R. Abdullah, "Portable Battery Charger Berbasis Sel Surya," vol. 11, no. 1, pp. 19–24, 2014.
- [4] A. Guizani, M. Hammadi, J. Y. Choley, T. Soriano, M. S. Abbes, and M. Haddar, "Electric vehicle design, modelling and optimization," *Mech. Ind.*, vol. 17, no. 4, 2016, doi: 10.1051/meca/2015095.
- [5] M. Weiss *et al.*, "Fast Charging of Lithium-Ion Batteries : A Review of Materials Aspects," 2021, doi: 10.1002/aenm.202101126.
- [6] J. Fattal, P. B. Dib, and N. Karami, "Review on different charging techniques of a lithium polymer battery," *2015 3rd Int. Conf. Technol. Adv. Electr. Electron. Comput. Eng. TAECE 2015*, no. January, pp. 33–38, 2015, doi: 10.1109/TAECE.2015.7113596.
- [7] M. Turgut, R. Bayir, and F. Duran, "CAN communication based modular type battery management system for electric vehicles," *Elektron. ir Elektrotehnika*, vol. 24, no. 3, pp. 53–60, 2018, doi: 10.5755/j01.eie.24.3.20975.
- [8] S. Wang and Y. Lee, "Fuzzy Controlled Fast Charging System for Lithium- Ion Batteries w," no. December 2009, 2014, doi: 10.1109/PEDS.2009.5385724.
- [9] P. H. L. Notten and D. L. Danilov, "Battery Modeling : A Versatile Tool to Design Advanced Battery Management Systems," vol. 2014, no. January, pp. 62–72, 2014.
- [10] X. Wu, Z. Cui, X. Li, J. Du, and Y. Liu, "Control Strategy for Active Hierarchical Equalization," 2019.
- [11] A. D. Jadhav and S. Nair, "Battery Management using Fuzzy Logic Controller," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1172, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1172/1/012093.
- [12] R. A. Sadewo, E. Kurniawan, and K. B. Adam, "Perancangan Dan Implementasi Pengisian Baterai Lead Acid Menggunakan Solar Cell Dengan Menggunakan Metode Three Steps Charging Design And Implementation Of Charging Lead Acid Battery," vol. 4, no. 1, pp. 26–35, 2017.
- [13] P. Ningrum, N. A. Windarko, P. Elektronika, N. Surabaya, J. Timur, and S. O. Charge, "Aplikasi Battery Management System (BMS) dengan State of Charge (SOC) Menggunakan Metode Modified Coulomb Counting," *J. Inovtek*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2019.
- [14] A. R. Hisan, I. P. Handayani, R. F. Iskandar, F. T. Elektro, and U. Telkom, "Perancangan Dan Realisasi Sistem Manajemen Termal Baterai Lithium Ion Menggunakan Metode Pendinginan Semi-Pasif Designing and Realization of Battery Thermal Management System," *e-Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 3, pp. 4948–4955, 2016.
- [15] M. A. Alkhaidir, K. Hidayat, and N. A. Mardiyah, "Desain Battery Management System Dari Sumber Panel Surya Menggunakan Metode 4-Stage Charging," pp. 270–275.
- [16] S. Sochartono, Musafa, "PERANCANGAN SISTEM MANAJEMEN BATERAI PADA MOBIL LISTRIK STUDI KASUS: BATERAI KAPASITAS 46Ah 12V PADA NEO BLITS 2," *J. Maest.*, vol. 3, no. 1, pp. 86–97, 2020.
- [17] A. F. Farizy, D. A. Asfani, and A. Baterai, "Desain Sistem Monitoring," vol. 5, no. 2, p. B278, 2016.
- [18] P. Ningrum, N. A. Windarko, P. Elektronika, N. Surabaya, J. Timur, and S. O. Charge, "Aplikasi Battery Management System (BMS) dengan State of Charge (SOC) Menggunakan Metode Modified Coulomb Counting," *J. Inovtek*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2019.