

CA-07

## SIMULASI KONTROL PENGISIAN BATERAI DENGAN PARAMETER SUHU MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY UNTUK APLIKASI OTOMOTIF

Elroy FKP Tarigan<sup>1</sup>, Henry Tobing<sup>2</sup>

1. Bachelor Professional, Politeknik Manufaktur Astra, Jl. Gaya Motor, Sunter, 14330, Indonesia  
 2. Automotive Engineering, Politeknik Manufaktur Astra, Jl. Gaya Motor, Sunter, 14330, Indonesia  
 E-mail : Elroy.fransiskus@polman.astra.ac.id<sup>1</sup>, henry.tobing@polman.astra.ac.id<sup>2</sup>,

**Abstrak**--Charger untuk baterai kendaraan merupakan komponen penting untuk efektifitas penggunaan baterai. Ketika di charge, tegangan terminal baterai perlahan-lahan akan meningkat. Pada charger yang tidak dikontrol peningkatan tegangan baterai akan diikuti oleh potensi kerusakan yang lebih tinggi, diantaranya : temperatur berlebih dan baterai yang mengembang. Sistem charger yang dikontrol akan menghasilkan tegangan dan arus yang dapat disesuaikan. Tahap awal dari tulisan ini dilakukan dengan menentukan variabel input dari sebuah charger, variabel yang dipilih adalah tegangan dan temperatur. Logika fuzzy sangat cocok digunakan pada input yang saling mempengaruhi satu sama lain. Kondisi baterai akan berubah tergantung dari perubahan suhu. Simulasi dilakukan menggunakan simulink dan mendesain variabel input, output dan menentukan membership function pada kontrol.

**Kata Kunci** : Charger Baterai, Logika Fuzzy, otomotif

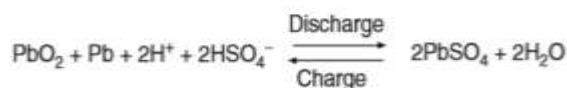
### I. PENDAHULUAN

Salah satu komponen dalam sistem pengisian adalah baterai. Topik yang sedang dikembangkan dalam baterai pada kendaraan diantaranya :

- Waktu pengisian yang singkat dengan densitas energi yang besar
- Daya yang stabil
- Waktu penggunaan yang lama
- Perawatan yang minim
- Bahan yang ramah lingkungan

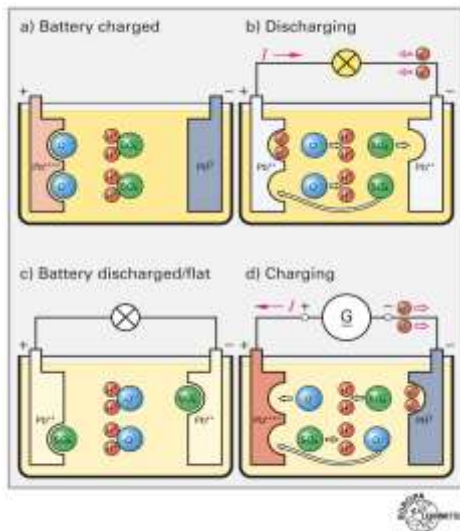
Terdapat berbagai jenis baterai yang digunakan pada kendaraan yaitu: *Lead Acid*, Ni-Cd, Ni-mh, dan Li-Ion. Setiap baterai memiliki berbagai parameter yang berbeda misalnya energi spesifik, life cycle, efisiensi, self discharge dan harga. (table 1). [1]

Baterai tipe *Lead Acid* memiliki karakteristik harga yang murah, sehingga banyak dipakai pada kendaraan [2]. Baterai ini memiliki dua jenis elektroda yang direndam pada larutan asam sulfat. Reaksi pada baterai adalah: (Gambar 1)



Tabel 1. Jenis – jenis baterai

Battery type	Specific energy (Wh kg <sup>-1</sup> )	Specific power (W kg <sup>-1</sup> )	Cycle-life	Efficiency	Self-discharge % per month (25 °C)	Approximated cost per battery at present (\$ kWh <sup>-1</sup> )
Lead-acid	35	150	400	80%	3-5%	80 SLI battery 200 industrial battery
Nickel-cadmium	50	400	1500	70%	20%	450
Nickel-metal-hydride	90	300	1000	75	30%	650 industrial battery 200 consumer cell
Nickel-zinc	75	500	500	70%	20%	350
ZEBRA (Na/NiCl <sub>2</sub> )	160 cell 90 battery	150	2000	90%	Only thermal self-discharge	800
Lithium-ion	200	400	1500	93%	2-3%	350 industrial battery 170 consumer cell



Gambar 1. Reaksi Pada Baterai

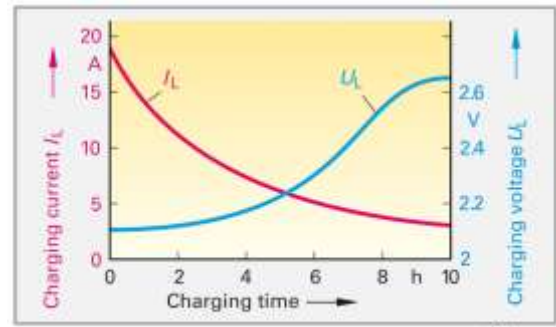
Fenomena yang terjadi pada baterai lead acid adalah gasifikasi. Gasifikasi terjadi karena tegangan yang berlebih pada saat proses pengisian. Gasifikasi dapat menyebabkan kerusakan pada pelat elektroda. [3]

Selain itu potensi kerusakan pada baterai dapat diakibatkan karena proses pengisian yang berlebihan dan mengakibatkan baterai menjadi menggebu (gambar 3).[4]



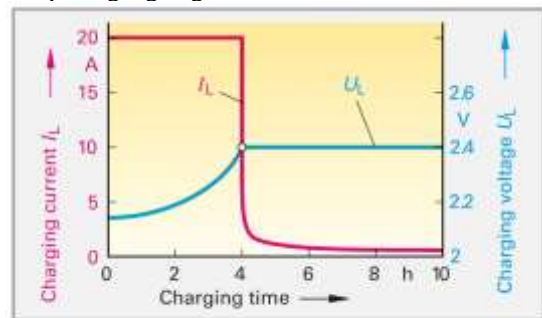
Gambar 2. Baterai yang menggebu [4]

Untuk mencegah gasifikasi, tegangan dan arus pada alat pengisian mesti dikontrol. Gambar 3 menunjukkan tegangan dan arus alat pengisian yang tidak dikontrol. Pada gambar 4 tegangan pengisian yang dimaksud adalah untuk setiap cell. Pada kendaraan digunakan baterai dengan 6 cell.



Gambar 3. Pengisian Baterai Normal

Gambar 5 menunjukkan grafik tegangan dan arus alat pengisian yang dikontrol, perbedaannya dari gambar 2 adalah, arus seketika turun Ketika tegangan sudah mencapai tegangan gasifikasi.



Gambar 4. Pengisian Baterai yang Dikontrol

Untuk membuat sistem pengisian yang dikontrol, digunakan rancangan awal dengan simulasi. Simulasi digunakan untuk membuat sistem control tegangan dengan metode Logika Fuzzy.

Terdapat banyak aplikasi dari Logika Fuzzy pada system manajemen baterai. Martinez, D.A menggunakan system Logika Fuzzy untuk meningkatkan performa dari mobil listrik. System ini memiliki 2 masukan yaitu kebutuhan energi dan *state of charge* (SoC) dan memiliki 1 keluaran yaitu *Saving Rate*. Dengan system ini system control dapat menghemat kebutuhan energi hingga 10% [5]

Bakalarczyk (2017) membuat control logika fuzzy untuk mengisi baterai dengan arus listrik yang konstan. Model ini menggunakan control logika fuzzy digunakan pada kondisi *high level battery discharge*. [6]

Anwar, Miftahul (2018) melakukan monitoring kondisi SoC pada baterai *lead acid* menggunakan logika fuzzy. Nilai prediksi dari SoC menggunakan beberapa parameter seperti : Tegangan, Arus dan suhu. Suhu dapat mempengaruhi SoC dan tegangan. Untuk mengontrol suhu, arus yang mengalir harus dikontrol juga. temperature. [7]

Logika Fuzzy menjawab kebutuhan sebuah system dengan parameter yang saling mempengaruhi satu sama lain.

Berdasarkan studi literatur, terdapat banyak factor yang mempengaruhi pengisian baterai. Sebagai contoh temperature mengakibatkan pembacaan tegangan pada baterai yang tidak akurat. [8]. selain itu keunggulan dari logika fuzzy adalah system ini relative lebih mudah dibuat dengan waktu yang singkat dibandingkan dengan sistem komputasi yang presisi.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan studi literatur untuk mengetahui model alat pengisian yang dapat mencegah gasifikasi pada baterai. Kemudian dilanjutkan dengan simulasi menggunakan *Fuzzy Logic Tools* pada MATLAB® dan simulasi menggunakan SIMULINK®.

Studi literatur digunakan untuk mendapatkan kondisi actual dari penelitian terhadap sistem baterai pada kendaraan dan aplikasi logika fuzzy untuk mengatasi permasalahan pada sistem pengisian. Sebelum melakukan simulasi menggunakan SIMULINK®, tahapan awal adalah melakukan pembuatan logika fuzzy menggunakan *toolbox*.

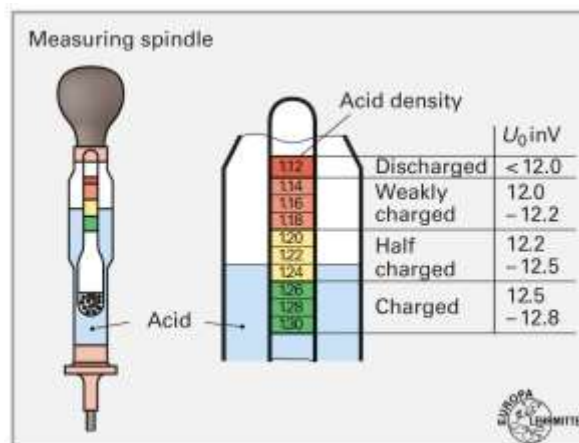
Tahapan dalam membuat logika fuzzy pada *toolbox* adalah :

- Menentukan jumlah *input* dan *output*
- Menentukan *membership fuction* untuk masing-masing *input* dan *output*
- Menentukan hubungan antar *input* dan *output* yang diharapkan

Lalu dilanjutkan dengan membuat simulasi rangkaian pada SIMULINK®

## III. PERANCANGAN DAN HASIL

Untuk membuat rancangan dibutuhkan data. Berdasarkan studi literatur didapatkan data kondisi berat jenis elektrolit dalam baterai menunjukkan kondisi tegangan baterai (gambar 5). [9]



Gambar 5. Berat Jenis Elektrolit dan Tegangan baterai

Berdasarkan gambar 5 , hubungan antara berat jenis elektrolit dan tegangan baterai dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Densitas dan tegangan baterai

Acid Density (g/cm <sup>3</sup> )	Terminal Voltage (volt)
1.14	12.0
1.16	12.2
1.18	12.3

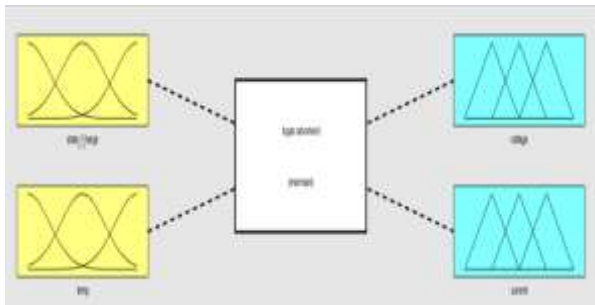
Tabel 3. Suhu dan Berat Jenis

Electrolyte temperature		Gravity at full charge
40°C	104°F	1.266
30°C	86°F	1.273
20°C	68°F	1.280
10°C	50°F	1.287
0°C	32°F	1.294



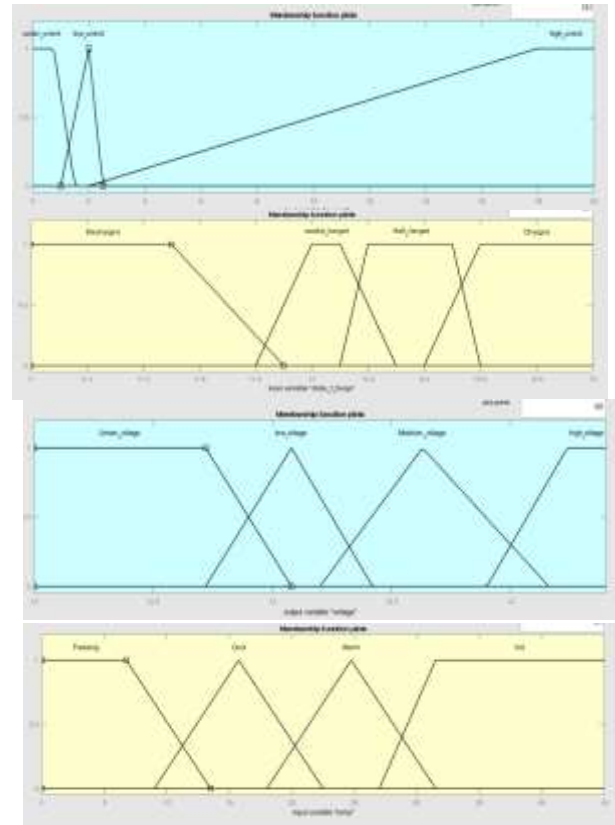
Tabel 3 menunjukkan semakin rendah suhu maka nilai berat jenis akan semakin besar. Hal ini artinya apabila pengukuran dilakukan pada suhu yang relatif rendah, hasil pembacaan akan menunjukkan nilai berat jenis yang tinggi. Sehingga ada kemungkinan baterai dengan kondisi tidak penuh akan terbaca sebagai baterai yang penuh.

Untuk menghindari hal ini, dalam Menyusun logika fuzzy, parameter suhu harus dimasukkan sebagai input. (gambar 7)



Gambar 6. *Input dan Output pada Fuzzy Toolbox*

Untuk setiap *input* dan *output* telah dibuat *membership function* sesuai kebutuhan. (tabel 4 dan gambar 8)



Gambar 7. Grafik *membership function*

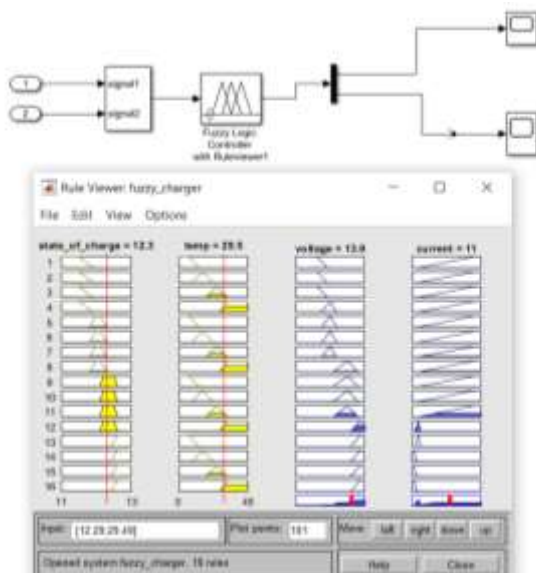
Tabel 4. *membership function input dan output*

Condition	Description	Shape	Matlab® Func.
Discharged	Lowest state of charged (below 11,5 V)	Trapezoid Membership Function	[11 11 11.5 11.9]
Weakly Charged	State of charged between 12.0 – 12.1 V	Trapezoid Membership Function	[11.8 12 12.1 12.3]
Half Charged	State of charged between 12.2 – 12.5 V	Trapezoid Membership Function	[12.1 12.2 12.5 12.6]
Charged	Biggest state of charged (more than 12.6 V)	Trapezoid Membership Function	[12.4 12.6 13 13]
Condition	Description	Shape	Matlab® Func.
Freezing	Lowest temperature (below 7.5° C)	Trapezoid Membership Function	[0 0 6.75 13.5]
Cool	Temperature around 15.75 °C	Triangle Membership Function	[9 15.75 22.5]
Warm	Temperature around 24.75 °C	Triangle Membership Function	[18 24.75 31.5]
Hot	Biggest temperature (more than 31.45°)	Trapezoid Membership Function	[27 31.5 45 45]
Condition	Description	Shape	Matlab® Func.
Under Voltage	Lowest Charging Voltage (below 12,75 V)	Trapezoid Membership Function	[12 12 12.75 13.1]
Low Voltage	Around 13.2 V	Triangle Membership Function	[12.9 13.2 13.42]
Medium Voltage	Around 13.8 V	Triangle Membership Function	[13.3 13.8 14.16]
High Voltage	Biggest Charging Voltage(maks 14.4 V)	Trapezoid Membership Function	[13.9 14.24 14.4 14.4]
Condition	Description	Shape	Matlab® Func.
High Current	Biggest Charging Current (maks 20 A)	Trapezoid Membership Function	[2 18 20 20]
Low Current	Around 2 A	Triangle Membership Function	[1 2 2.5]
Under Current	Lower Charging Current (0.1 – 0.75 A)	Trapezoid Membership Function	[0.1 0.1 0.75 1.5]

Setelah *rules* sudah diatur, file dapat disimpan ke dalam *worksheet* MATLAB® maupun disimpan ke *file* dengan format *.fis*. Simulasi sudah dibuat dengan memasukkan file *.fis* ke dalam SIMULINK® (gambar 9)

Tabel 5. Rules

State of Charge	Temperature	Voltage	Current
Discharged	Freezing	Under Voltage	High Current
	Cool	Under Voltage	High Current
	Warm	Under Voltage	High Current
	Hot	Low Voltage	High Current
Weakly Charged	Freezing	Low Voltage	High Current
	Cool	Low Voltage	High Current
	Warm	Low Voltage	High Current
	Hot	Medium Voltage	High Current
Half Charged	Freezing	Medium Voltage	High Current
	Cool	Medium Voltage	High Current
	Warm	Medium Voltage	High Current
	Hot	High Voltage	Low Current
Charged	Freezing	High Voltage	Low Current
	Cool	High Voltage	Under Current
	Warm	High Voltage	Under Current
	Hot	High Voltage	Under Current

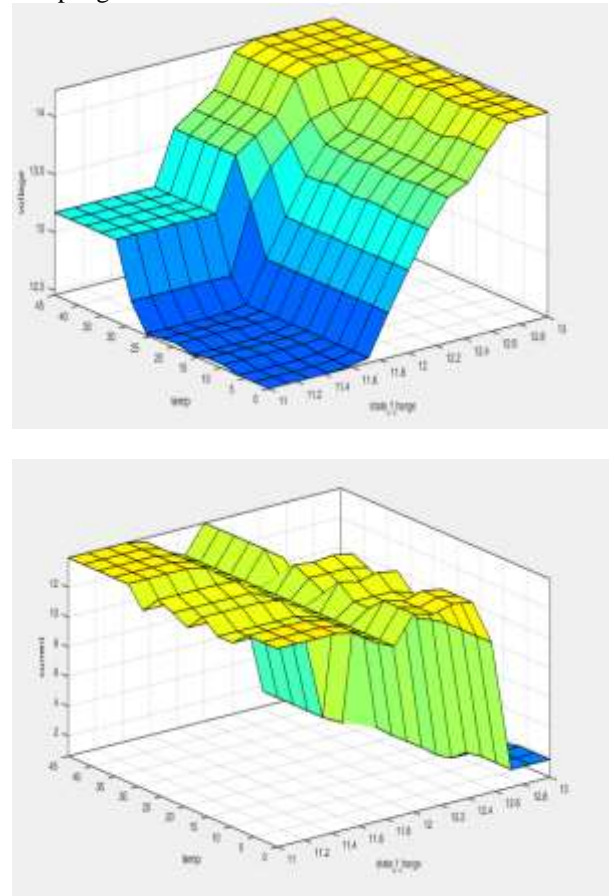


Gambar 8. Simulasi dengan SIMULINK®

#### IV. KESIMPULAN

Desain dari kontrol alat pengisian telah disusun dan dibuat ke dalam format file *.fis*, sistem ini menggunakan 2 *input* yaitu *state of charge* dan *temperature* serta 2 *output* yaitu *tegangan* dan *arus*. Grafik hasil dari penggunaan logika fuzzy dapat dilihat pada gambar 10. Desain dari logika fuzzy telah dimasukkan ke dalam simulasi. Dengan simulasi ini,

algoritma untuk sistem control dapat disimulasikan. Dengan mengetahui simulasi sebuah sistem, maka akan lebih mudah untuk membuat purwarupa dari sistem pengisian. Studi lebih lanjut dibutuhkan untuk melihat tingkat kestabilan kontrol dan aplikasi secara nyata ke alat pengisian.



Gambar 9. Grafik hasil logika fuzzy

#### V. KUTIPAN DAN DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Garce, E. Karden, P. T. Moseley, and D. A. J. Rand, Eds., *Lead-Acid Batteries for Future Automobiles*. Cambridge: Elsevier, 2017.
- [2] D. A. J. Rand and P. T. Moseley, *Rasio Storage with Lead-Acid Batteries*. Elsevier B.V., 2015.
- [3] W. Merrouche, N. Achaibou, B. Bouzidi, M. Kasser, and M. Trari, "Lead-acid Battery Degradation Mechanisms in Photovoltaic Systems PVS," *3rd Int. Work. Integr. Sol. Power into Power Syst. SIW2013*, 2013.
- [4] E. Roberts, "Swollen Car battery," 2020. <https://www.batteriesontheweb.co.uk/swollen-car-battery/> (accessed Oct. 14, 2020).
- [5] D. A. Martinez and J. D. Poveda, "Li- Ion Battery management system based in Fuzzy Logic for improving Electric Vehicle Autonomy," *Ieee*, 2017, doi: 10.3109/09638288.2012.671883.

- [6] J. Bakalarczyk, "Charging of PV battery at constant current mode by using fuzzy logic control," *Proc. 12th Int. Sci. Tech. Conf. Comput. Sci. Inf. Technol. CSIT 2017*, vol. 1, pp. 397–400, 2017, doi: 10.1109/STC-CSIT.2017.8098814.
- [7] M. Anwar *et al.*, "State of charge monitoring system of electric vehicle using fuzzy logic," *Proc. - 6th Int. Conf. Sustain. Rasio Eng. Appl. ICSEEA 2018*, pp. 34–38, 2019, doi: 10.1109/ICSEEA.2018.8627131.
- [8] R. Groß, "The influence of temperature on the operation of batteries and other electrochemical rasio storage systems," pp. 1–11.
- [9] R. et al Fischer, *Modern Automotive Technology*, 2nd ed. Haan-Gruiten, 2014.
- [10] B. University, "How to Measure State-of-charge," 2019. [https://batteryuniversity.com/learn/article/how\\_to\\_measure\\_state\\_of\\_charge](https://batteryuniversity.com/learn/article/how_to_measure_state_of_charge) (accessed Sep. 24, 2020).