

Pengujian Karakteristik Baterai *Lithium-Ion* Dengan Metode *Fuzzy* dengan Beban Bervariasi

Thofiq Puji Cahyono

thofiq55@gmail.com
Universitas Jember

Triwahju Hardianto

triwahju.teknik@unej.ac.id
Universitas Jember

Bambang Sri Kaloko

kaloko@unej.ac.id
Universitas Jember

Abstrak

Penggunaan baterai *lithium-ion* pada saat ini sangat marak dikalangan dunia elektronik. Baterai *lithium-ion* biasa digunakan pada kendaraan listrik untuk menyimpan energi listrik. Pemerintahan juga akan melakukan terobosan pada kendaraan listrik. Pemerintah Indonesia menargetkan pada tahun 2020 akan membawa 13 juta kendaraan listrik dan pada tahun 2030 akan mencapai 100 juta. Kendaraan listrik tidak memiliki emisi atau gas buang seperti kendaraan konvensional sekarang. Kendaraan listrik juga tidak membuat pencemaran lingkungan karena tidak memiliki gas buang dan tidak menimbulkan suara yang sangat bising. Pada penelitian menggunakan metode *fuzzy* dan tanpa menggunakan metode *fuzzy* dan dilakukan perbandingan dengan hasil simulasi pada *simulink* matlab. Hasil pengujian baterai *lithium-ion* saat menggunakan kontrol *fuzzy* dengan arus konstan 1,11 ampere didapatkan kapasitas sebesar 2,6 Ah dan mengalami kenaikan suhu baterai sebesar 2,44 celsius. Sedangkan pada saat pengujian tanpa menggunakan kontrol dengan beban lampu 10 watt didapatkan kapasitas baterai sebesar 2,07 Ah dan kenaikan suhu baterai sebesar 2,71 celsius. Dan saat dibandingkan dengan simulasi pada *simulink* matlab didapatkan kapasitas sebesar 2,7 Ah.

Kata Kunci —Baterai *Lithium-ion*, *Fuzzy Inference System*, Arus Stabil.

Abstract

The use of lithium-ion batteries today is very popular among the electronics world. Lithium-ion batteries are commonly used in electric vehicles to store electric energy electric vehicles. Government will also make inroads on electric vehicles. The Indonesian government targets that by 2020 it will carry 13 million electric vehicles and by 2030 will reach 100 million. Electric vehicles have no emissions or exhaust gases like conventional vehicles now. Electric vehicles also do not cause environmental pollution because they do not have exhaust gases and do not cause very noisy noise. In the study using fuzzy method and without using fuzzy method and done comparison with simulation results on simulink matlab. The results of lithium-ion battery testing when using fuzzy control with constant current 1,11 ampere obtained a capacity of 2,6 Ah and experienced a battery temperature increase of 2,44 celsius. While testing without using controls with a 10 watt lamp load obtained a battery capacity of 2,07 Ah and a battery temperature increase of 2,71 celsius. And when compared to simulations on simulink matlab obtained a capacity of 2,7 Ah.

Keywords — *Lithium-ion Batteries*, *Fuzzy Inference System*, constant current.

I. PENDAHULUAN

Penggunaan baterai *lithium-ion* pada saat ini sangat marak dikalangan dunia elektronik. Baterai *lithium-ion* biasa digunakan pada kendaraan listrik untuk menyimpan energi listrik. Pemerintahan juga akan melakukan terobosan pada kendaraan listrik. Pemerintah Indonesia menargetkan pada tahun 2020 akan membawa 13 juta kendaraan listrik dan pada tahun 2030 akan mencapai 100 juta [2]. Kendaraan listrik tidak memiliki emisi atau gas buang seperti kendaraan konvensional sekarang. Kendaraan listrik juga tidak membuat pencemaran lingkungan karena tidak memiliki gas buang dan tidak menimbulkan suara yang sangat bising.

Baterai berbasis *Lithium* memiliki banyak kelebihan dibanding baterai konvensional seperti *Nickel-Cadmium*, *Nickel-Metalhydrate* ataupun *Lead Acid* [3]. Dalam kendaraan listrik baterai tidak hanya untuk menyimpan energi yang besar tetapi juga memberikan energi yang cukup besar dalam waktu yang singkat. Baterai *lithium-ion* ini menjadi pilihan yang tepat untuk kendaraan listrik karena mempunyai kelebihan yaitu *densiti* energi yang tinggi, *densiti* daya yang tinggi, *self-discharge* yang rendah, *fast charging*, rasio massa-keenergi yang tinggi, tidak ada *memory effect*, tahan lama jika proses *charging* sesuai [1]. Pemilihan baterai *lithium-ion* sendiri juga dianggap paling cocok untuk pengembangan kendaraan listrik dalam generasi baru ini [3]

Seiring perkembangan jaman kendaraan listrik berkontribusi dalam perlindungan lingkungan dan pemanasan global [4]. Dalam hal tersebut baterai *lithium-ion* juga dikembangkan untuk kemajuan kendaraan listrik. Pengembangan baterai *lithium-ion* ini masih kurang memperhatikan karakteristik dari baterai yang akan digunakan. Saat kondisi baterai *lithium-ion* kondisi *discharger* yang terjadi suhu pada batrai akan meningkat dan akan mempengaruhi kerja dari baterai tersebut. Pengujian ini dilakukan agar dapat diketahui karakteristik *baterai lithium-ion* terhadap pembebanan variasi pembebanan.

Pengujian pada baterai *lithium-ion* ini, pada kendaraan listrik dengan beban dinamis tidak akurat dikarena beban pada kendaraan listrik yaitu motor. Motor listrik saat kondisi dinamis beban akan bervariasi yaitu naik turun. Kondisi pengujian dinamis akan sulit diketahui bagaimana keadaan baterai yang akan diuji dikarenan mengalami beban yang tidak stabil. Sedangkan pengujian pada baterai *lithium-ion* ini akan lebih baik jika diuji dengan statis agar beban stabil. Sedangkan arus

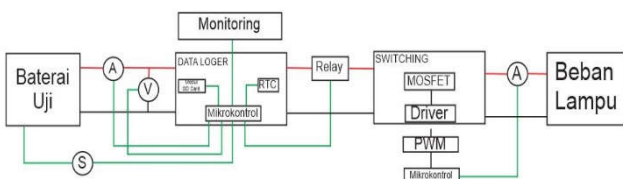
dan tegangan pada beban *constant* dengan ini pengambilan data akan didapat hasil yang akurat. Pengujian yang akan dilakukan menggunakan metode *time adjusted* yang di rekomendasikan oleh IEEE std. 450 dengan sedikit modifikasi yang dilakukan. Penambahan yang dilakukan akan dapat lebih mengetahui karakteristik dari baterai *lithium-ion* yang akan digunakan pada kendaraan listrik. Penambahannya yaitu dengan memberikan variasi beban pada proses *discharge* pada baterai *lithium-ion*.

Dari penelitian ini baterai *lithium-ion* akan diterapkan pada kendaraan listrik. kendaraan listrik membutuhkan baterai yang tepat untuk meningkatkan performa dari kendaraan listrik tersebut. Perlu diketahui bagaimana karakteristik baterai yang akan digunakan pada kendaraan listrik. Dari permasalahan tersebut Butuh adanya penelitian bagaimana baterai yang akan dipasang pada kendaraan listrik itu dapat diketahui karakteristik baterai *lithium-ion* terhadap pembebanan yang bervariasi.

II. METODE PENELITIAN

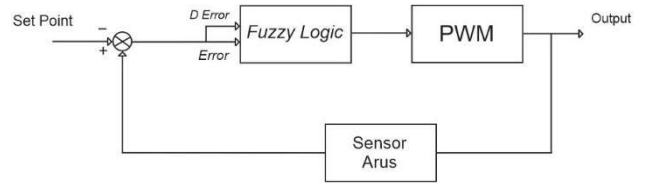
Pengujian yang akan dilakukan menggunakan baterai 3,7 volt 3Ah. Selanjutnya akan dilakukan pembuatan alat uji baterai *lithium-ion* yaitu rangkaian *Pulse Width Modulation* dengan metode *fuzzy*, pemutus menggunakan *relay*, data loger dengan menggunakan sensor arus tegangan suhu dan waktu dan lampu 10 Watt, 20 watt, 30 watt sebagai beban. Pengujian yang akan dilakukan yaitu secara statis saat proses *discharger* pada beban yang bervariasi. sedangkan saat *charger* baterai *lithium-ion* menggunakan 10% dari kapasitasas baterai *lithium-ion*.

Pada pengujian baterai *lithium-ion* ini akan dilakukan dengan menggunakan data loger untuk menyimpan dan memonitoring tegangan, arus dan suhu pada baterai yang akan diuji karakteristiknya. Selain itu disistem proteksi atau pemutus otomatis jika tegangan sudah mencapai batas yang diinginkan. Untuk rangkaian kontrol yang digunakan menggunakan logika *fuzzy* yang melakukan perubahan otomatis jika arus melebihi atau kurang dari *set point*. Untuk pembebanan dilakukan dengan variasi beban menggunakan lampu 10 Watt, 20 watt dan 30 watt.



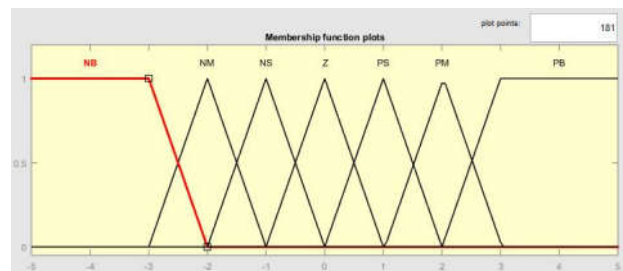
Gbr 1. Blok diagram kelistrikan

Pada penelitian ini yaitu akan dilakukan proses *discharger* pada baterai *lithium-ion* yang akan diuji. Kontrol yang digunakan pada penelitian ini adalah untuk menjalankan sistem adalah kontrol FIS yang melakukan perubahan parameter secara otomatis berdasarkan perubahan pada kondisi lingkungan. *Set point* disini adalah memberi nilai arus yang diinginkan dan penggunaan sensor arus adalah sebagai pembanding antara nilai *set point* dengan arus keluaran.

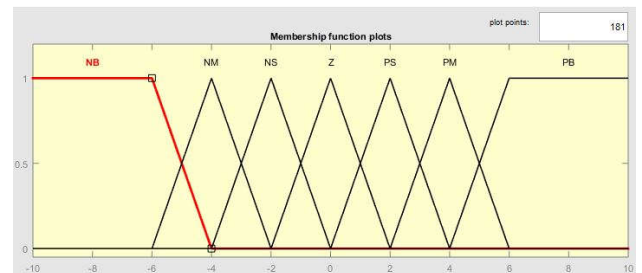


Gbr 2. Blok diagram sistem kontrol FIS

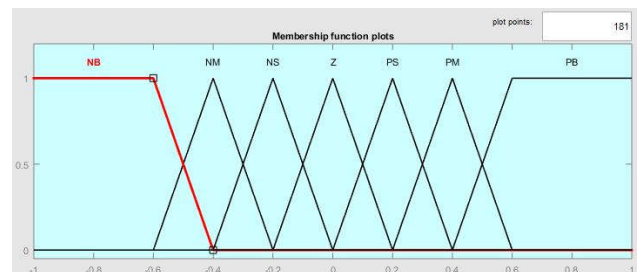
Pada penelitian ini metode *fuzzy* yang digunakan adalah metode Sugeno, dimana keluaran sistem merupakan persamaan *linier*. Langkah pertama dalam perancangan pengendali *fuzzy* yaitu dilakukan penentuan parameter masukan yang dapat mempengaruhi performasi sistem. Masukan dari pengendali *fuzzy* adalah *error* yang didapat dari selisih antara nilai *set point* dengan arus keluaran PWM yang terukur, kemudian *delta error* yang diperoleh dari selisih antara *error* pembacaan arus keluaran sekarang dan pembacaan *error* yang sebelumnya. Dimana keluaran *fuzzy* adalah penambahan atau pengurangan PWM yang masuk ke pengaturan *switching* pada *Pulse Width Modulation*. Semakin besar nilai PWM maka arus yang dihasilkan *Pulse Width Modulation* semakin besar, sebaliknya jika semakin kecil nilai PWM maka tegangan yang di hasilkan *Pulse Width Modulation* semakin kecil.



Gbr 3. Membership Function Error



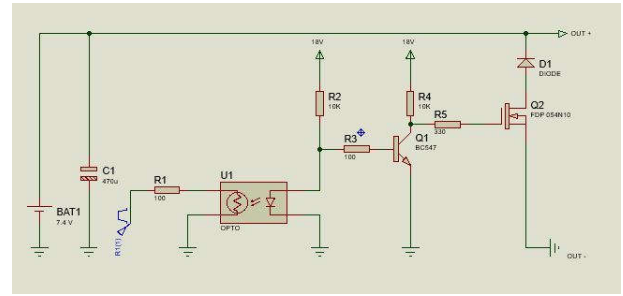
Gbr 4. Membership Function Delta Error



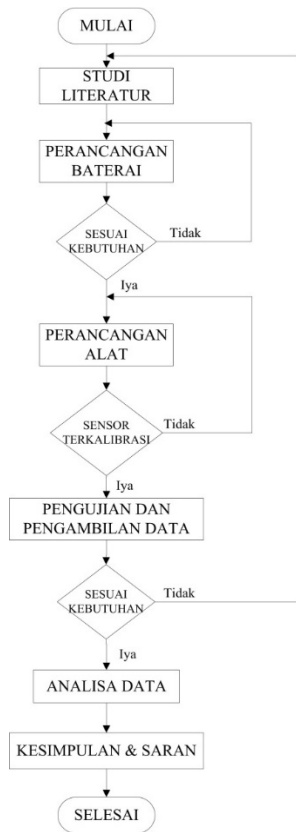
Gbr 5. Membership Function Nilai Output

TABEL I
RULE BASE *Fuzzy*

E\de	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	Z
NM	NB	NB	NM	NM	NS	Z	PS
NS	NB	NM	NS	NS	Z	PS	PM
Z	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
PS	NM	NS	Z	PS	PS	PM	PB
PM	NS	Z	PS	PM	PM	PB	PB
PB	Z	PS	PM	PB	PB	PB	PB



Gbr 6. Rangkaian *Pulse Width Modulation* dengan *Driver* MOSFET



Gbr 7. *Flowchart* Peramalan Beban Dengan Metode ANFIS

Rangkaian *Pulse Width Modulation* yaitu teknik memodulasi lebar *pulsa*, yaitu mengatur lebar *pulsa* dengan nilai frekuensi dan amplitudo yang tetap. Yang mengubah sinyal *analog* dari mikrokontroler. Sinyal PWM akan *ON* dan *OFF* dalam waktu tertentu dengan mengendalikan siklus kerja atau *duty cycle* PWM.

Tegangan PWM dari mikrikontroler dibawah 5 Volt sedangkan MOSFET akan bekerja jika kaki *gate* diberi tegangan lebih dari 5 volt, makan dibutuhkan rangkaian *driver* MOSFET untuk menguatkan sinyal kecil yang berasal dari mikroprosesor. Pada rangkaian *driver* MOSFET digunakan transistor tipe NPN pada saat proses *Switching* melalui masukan PWM dari mikroprosesor akan dikuatkan oleh transistor. Jika pada proses *drive* tidak ada penguatan arus maka tegangan pada *gate* MOSFET akan mengalami *drop* tegangan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian baterai ini akan dilakukan dengan menggunakan beban yang bervariasi dengan menggunakan beban lampu dengan 10 Watt, 20 watt, dan 30 watt dengan menggunakan kontrol *fuzzy* dan tanpa kontrol dan baterai yang digunakan menggunakan SONY VTC 6 dengan tegangan 3,4 volt dan kapasitas 3 Ah. Pada pengujian ini menggunakan tegangan baterai 7,4 Volt dan kapasitas 3 Ah, jadi menggunakan dua *cell* baterai yang dirangkai seri. Saat pengujian tegangan minimal baterai yaitu sampai 5,92 Volt dianggap sudah mencapai 80 % dari tegangan nominal baterai.

Pada pengujian dilakukan dengan tegangan baterai sebesar 8,27 Volt baterai terisi penuh. Pengujian tanpa kontrol dilakukan dengan langsung memberi beban 10 Watt, 20 Watt, dan 30 watt pada baterai. saat pengujian tanpa kontrol ini akan didapat data arus, suhu dan tegangan pada baterai. Kemudian pada pengujian dengan kontrol *fuzzy* ketikan baterai diberi beban 10 Watt, 20 watt, dan 30 watt arus akan menyesuaikan dengan nilai *set point* yang telah didapat dari nilai arus terkecil dari pengujian tanpa kontrol toleransi *error* sebesar 5%, jadi besar *duty cycle* akan menyesuaikan dengan sendirinya. Saat pengujian akan menggunakan sistem proteksi menggunakan *relay* yang bekerja *auto cut* jika baterai sudah mencapai nilai minimal yaitu tegangan 5,92 volt. Dari pengujian ini akan didapat data arus, suhu, dan tegangan pada baterai.

A. Karakteristik Suhu

Dari data yang diperoleh dapat dilihat karakteristik suhu baterai terhadap variasi pembebanan yang telah dilakukan. dapat dilihat bahwa semakin besar beban yang diberikan pada baterai maka suhu pada baterai semakin tinggi kenaikannya. Pada pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa suhu baterai saat pengujian dengan kontrol dan tanpa kontrol lebih tinggi kenaikannya saat tidak menggunakan kontrol. Saat pengujian tanpa kontrol dengan menggunakan beban lampu 10 watt, kenaikan suhu baterai mencapai 2,71 celsius sedangkan saat menggunakan kontrol kenaikan suhu mencapai 2,44 celsius. sedangkan saat pengujian tanpa menggunakan kontrol saat menggunakan beban lampu 20 watt, kenaikan suhu mencapai 5,8 celsius sedangkan saat pengujian menggunakan kontrol kenaikan suhu mencapai 3,47 celsius. saat pengujian tanpa kontrol dengan menggunakan beban lampu 30 watt, kenaikan suhu baterai mencapai 10,37 celsius sedangkan saat

pengujian dengan menggunakan kontrol kenaikan suhu baterai mencapai 8 celsius.

TABEL II
SUHU BATERAI PENGUJIAN

Beban Lampu	Kenaikan Suhu Baterai	
	Tanpa Kontrol	Dengan Kontrol
10 watt	2.71 °C	2.44 °C
20 watt	5.8 °C	3.47 °C
30 watt	10.66 °C	8 °C

B. Karakteristik Kapasitas Baterai

Dari data hasil pengujian *discharge* kapasitas baterai 3 Ah dilakukan perhitungan besar energi (joule), energi (Wh), kapasitas (Ah). Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa pembebanan pada baterai mempengaruhi kapasitas baterai. Berikut perhitungan kapasitas baterai:

$$\text{Persentase pembebanan} \times \text{Kapasitas baterai} = \text{Beban} \quad (1)$$

Untuk energi yang dikeluarkan oleh baterai dapat dihitung dengan persamaan:

$$E = P \times t \quad (2)$$

Keterangan :

E : Energi (Joule)

P : Daya ergi (Watt)

t : Waktu (s)

$$E (\text{joule}) = (7.99 \times 1.23) \times 300 (\text{detik}) = 2948 \text{ Joule}$$

Dari energi yang telah diketahui maka dapat mencari energi dalam satuan *watt-hour* (Wh) menggunakan persamaan:

$$E(\text{Wh}) = \frac{2984}{3600} = 0.818975 \text{ Wh}$$

Dari energi dalam satuan *watt-hour* (Wh) dapat dicari energi atau kapasitas yang digunakan yaitu dengan rumus:

$$E(\text{Ah}) = \frac{0.818975}{7.4} = 0.1106 \text{ Ah}$$

Setelah didapatkan energi atau kapasitas yang terpakai pada 5 menit awal selanjutnya menghitung kapasitas yang digunakan setiap 5 menit berikutnya dan dijumlah sehingga kapasitas total yang terpakai pada baterai sebesar 2,07 Ah. Berdasarkan dari hasil pengujian dan perhitungan maka didapatkan kapasitas yang terpakai pada pengujian tanpa kontrol dengan pembebanan lampu 20 watt sebesar 2,02 Ah. Sedangkan dengan pembebanan dengan lampu 30 watt didapat kapasitas *real* baterai yaitu 1.98 Ah. Sedangkan dari perhitungan saat

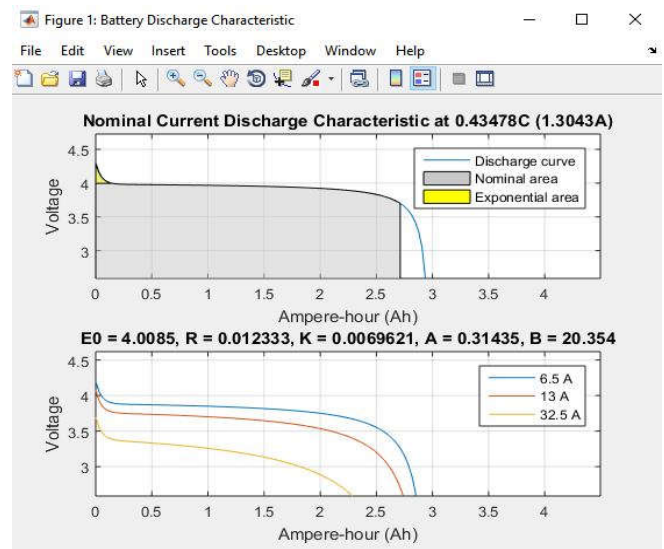
pengujian dengan menggunakan kontrol *fuzzy* kapasitas baterai dengan pembebanan 1,11 ampere dengan beban lampu 10 watt didapat kapasitas baterai sebesar 2,6 Ah. Saat pembebanan dengan arus sebesar 2,13 ampere dengan beban menggunakan lampu 20 watt didapat kapasitas baterai sebesar 2,32 Ah. Saat pengujian dengan pembebanan dengan arus 3,16 ampere dengan beban lampu 30 watt didapat kapasitas baterai sebesar 2,22 Ah. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa pembebanan yang efektif yaitu pada pembebanan 1,11 ampere karena pada pembeban tersebut kapasitas yang terpakai pada baterai mendekati kapasitas tertulis pada baterai.

TABEL III
SUHU BATERAI PENGUJIAN

Beban Lampu	Kapasitas Baterai	
	Tanpa Kontrol	Dengan Kontrol <i>Fuzzy</i>
10 watt	2.07 Ah	2.6 Ah
20 watt	2.02 Ah	2.32 Ah
30 watt	1.98 Ah	2.22 Ah

Dari data yang diperoleh dapat dilihat karakteristik kapasitas baterai terhadap variasi pembebanan yang telah dilakukan. dilihat bahwa semakin besar beban yang diberikan pada baterai maka kapasitas yang baterai semakin turun. Pada pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa kapasitas spesifikasi pada baterai tidak sama dengan kapasitas aslinya saat dibebani tanpa kontrol maupun dengan kontrol *fuzzy*, hal tersebut terbukti pada saat pembebanan tanpa kontrol dengan beban lampu 10 watt, 20 watt, dan 30 watt kapasitas baterai 3 Ah yaitu sebesar 69,42 %, 67,57 %, dan 66,04 %. Sedangkan pembebanan dengan kontrol *fuzzy* dengan beban lampu 10 watt, 20 watt, dan 30 watt kapasitas baterai 3 Ah yaitu sebesar 86,6 %, 77,35 %, dan 74,32 %.

C. Simulasi Simulink Matlab



Gbr 8. Karakteristik Baterai Pada Simulink

Untuk membandingkan data pada yang telah didapat dilakukan pada pengujian didapat kapasitas yang baik saat pengujian dengan kontrol *fuzzy* menggunakan beban lampu 10 watt. Setelah dilakukan simulasi pada *simulink* matlab. Yaitu dengan menguji baterai jenis *lithium-ion* 7.4 Volt dengan kapasitas tertulis 3 Ah. Didapatkan hasil simulasi kapasitas baterai sebesar 2.7 Ah dengan nilai konstanta sebesar E0 sebesar 4,0085 dan R sebesar 0,012333 dan K sebesar 0,0069621 dan A sebesar 0,31435 dan B sebesar 20,354.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang berjudul “Pengujian Karakteristik Baterai *Lithium-ion* dengan Metode *Fuzzy* dengan Beban Bervariasi” dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari pengujian rangkaian *Pulse Width Modulation* dengan metode *fuzzy logic*. Semakin kecil *set point* maka nilai arus semakin stabil dapat dilihat dari grafik pengujian saat menggunakan beban lampu 10 watt lebih stabil dari pada saat menggunakan beban 30 watt dikarenakan setiap kenaikan nilai *duty cycle* tidak terlalu tinggi saat menggunakan arus kecil.
2. Saat pengujian tanpa kontrol didapatkan kapasitas lebih kecil dari pada saat pengujian menggunakan kontrol *fuzzy*, dan kenaikan suhu dengan kontrol lebih rendah dari pada tidak menggunakan kontrol. pada saat pengujian tanpa kontrol Kapasitas baterai pada saat dibebani lampu 10 watt, 20 watt, dan 30 watt tidak terlihat jauh berbeda yaitu sebesar 2,07 Ah, 2,02 Ah, dan 1,98 Ah, dan kenaikan suhu sebesar 2,71 celsius, 5,8 celsius, dan 10,31 celsius. Sedangkan saat pengujian dengan menggunakan kontrol *fuzzy* kapasitas baterai bisa mencapai 2,6 Ah, 2,32 Ah, 2,22 Ah, dan kenaikan suhu sebesar 2,44 celsius, 3,47 celsius, dan 8 celsius.

3. Kapasitas baterai pada spesifikasi tidak sama dengan kapasitas *real* dari pengujian yang telah dilakukan, dapat dilihat dari pengujian menggunakan kontrol *fuzzy* dari baterai yang memiliki kapasitas 3 Ah ternyata memiliki kapasitas *real* yang paling mendekati spesifikasi yaitu 2,6 Ah dengan pengujian menggunakan arus stabil 1,11 ampere.

REFERENSI

- [1] Amir Hossein Ranjbar. Anahita Banei. Amir Khoobroo. Babak Fahimi. “*Online Estimation of State of Charge Li-Ion Batteries Using Impuls Response Concept*”. IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 3, No. 1. March 2012
- [2] Benjamin Ballinger. , Martin Stringer. Diego R. Schmeda-Lopez. Benjamin Kefford. Brett Parkinson. c , Chris Greig. Simon Smart. ‘ ‘*The vulnerability of electric vehicle deployment to critical mineral supply*’’. Xiaopeng Chen. Weixiang Shen. Thanks Tu VO. Zhenwei Caoi. Ajay Kapoor. “*An Overview of Lithium-ion Batteries for Electric Vehicles*”. International Power & Energy Conference. December 2012.
- [4] Lywei Huang,a,b, Zhaosheng Zhanga,b, Zhenpo Wang,a,b, Lei Zhanga,b, Xiaoqing Zhua,b, David D. Dorrelc “*Thermal runaway behavior during overcharge for large-format Lithium-ion batteries with different packaging patterns*” journal energy of storage 2019