

Rancang Bangun *Neural Network* untuk Estimasi *State of Charge* (SoC) Pada *Lead Acid Battery*

M. Faza Zidnal Muna¹, Era Purwanto², Endro Wahjono³
^{1,2,3} Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

email: fazazidnal098@gmail.com¹, purwantoera@gmail.com², endro@pens.ac.id³

Abstraksi - Kebutuhan sumber energi listrik di era modern sangat tinggi, contohnya baterai. Baterai sendiri kini telah di alih fungsikan sebagai sumber listrik utama untuk berbagai peralatan elektronik. Baterai yang sering digunakan adalah baterai dengan model Lead Acid yang memiliki keunggulan memiliki spesifikasi tegangan dan arus yang besar serta biaya perawatan yang lebih rendah. Baterai Lead Acid memiliki masa pakai lama, performa tinggi. Baterai mengalami siklus Charge dan Discharge yang menyebabkan penurunan kapasitas dan performa. Oleh karena itu, Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan Estimasi *state of charge* (SoC) dengan benar karena keakuratan *estimated state of charge* (SoC) akan mempengaruhi umur dan kinerja baterai. Pada sistem Estimasi *state of charge* ini digunakan metode *neural network* digunakan untuk menentukan parameter dan mengontrol kondisi *state of charge* (SOC). Sistem ini juga dilengkapi dengan proteksi jika terjadi Arus dan Tegangan Lebih. Dari hasil penelitian yang dilakukan, estimasi menggunakan metode *neural network* memiliki nilai *error* yang sangat kecil dibandingkan dengan simulasi estimasi SoC menggunakan aplikasi MATLAB, yaitu 0,17 %. Estimasi *state of charge* (SoC) menggunakan *neural network* dapat dikatakan memiliki performa yang baik karena nilai *error* jika dibandingkan dengan simulasi sangat kecil. Dan kelebihan dari metode *neural network* ini adalah tidak perlunya pemodelan matematika untuk menghitung nilai SOC.

Kata Kunci - Baterai, Lead acid, *State of charge* (SoC), Estimasi

Abstrack - *The need for electrical energy sources in the modern era is very high, for example, batteries. The battery itself has now been converted to function as the main power source for various electronic equipment. The battery that is often used is the Lead Acid model which has the advantage of having large voltage and current specifications and lower maintenance costs. Lead Acid Battery has a long life and high performance. Batteries undergo Charge and Discharge cycles which cause a decrease in capacity and performance. Therefore, to overcome this problem, it is necessary to estimate the State of charge (SoC) correctly because the accuracy of the Estimated State of charge (SoC) will affect the life and performance of the battery. In this state of charge Estimation system, the neural network method is used to determine parameters and control the state of charge (SoC) condition. This system is also equipped with protection in case of Overcurrent and Overvoltage. From the results of the research conducted, the estimation using the neural network method has a very small error value compared to the SoC estimation simulation using the MATLAB application, which is 0.17 %. Estimated state of charge (SoC) using a neural network can be said to have good performance because the error value, when compared to the simulation, is very small. And the advantage of this neural network method is that there is no need for mathematical modeling to calculate the SoC value.*

Keywords - Battery, Lead acid, *State of charge* (SoC), Estimated

I. PENDAHULUAN

Energi listrik sudah menjadi kebutuhan primer sejak ditemukannya. Banyak sekali kegunaan dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Namun seiring berkembangnya zaman, baterai diciptakan sebagai penyimpanan energi listrik yang fleksibel untuk diaplikasikan dalam

peralatan listrik. Baterai digunakan sebagai sumber daya karena baterai sendiri dapat menyimpan energi listrik sesuai dengan kapasitasnya. Ketika baterai digunakan maka akan terjadi siklus *charge* dan *discharge* selama masa penggunaan baterai tersebut. Oleh karena itu penggunaan baterai yang secara terus menerus ini menyebabkan baterai tersebut semakin lama akan mengalami pengurangan kapasitas dan penurunan performa. Kerusakan pada baterai juga dapat disebabkan oleh pemakaian yang kurang optimal yaitu baterai biasanya digunakan secara terus menerus hingga kapasitas baterai menjadi 0 % dan penggunaan yang kurang optimal ini biasanya akan menyebabkan baterai menjadi *overheating* [1]. Untuk mengatasi permasalahan ini maka diperlukan yang namanya *battery management system* (BMS) yang akan melakukan estimasi *state of charge* (SoC) dengan tepat karena keakuratan estimasi *state of charge* (SoC) akan mempengaruhi ketahanan baterai dan tingkat performa dari baterai serta menghindarkan baterai dari *overcharge* dan *undecharge* [2].

State of charge (SoC) mengacu salah satu parameter penting dalam baterai yaitu sisa daya [3]. Sudah banyak yang mengemukakan beberapa metode untuk pengolahan estimasi *state of charge* seperti metode Kalman filter, metode Fuzzy logic dan metode state observe [4]. Pemilihan metode *neural network* ini sendiri berdasar pada beberapa contoh metode sebelumnya yang sudah dipakai memiliki beberapa kekurangan yaitu pada metode *Coulomb Counting*, Kalman Filter, dan *Over Circuit Voltage*. Pada metode *Coulomb Counting* tingkat akurasi estimasi SoC yang bergantung pembacaan dari sensor serta membutuhkan waktu yang lebih lama untuk memperkirakan SoC. Pada metode Kalman Filter terdapat algoritma yang sangat kompleks sehingga menyebabkan ketidakstabilan numerik serta pada metode ini sangat bergantung pada pemodelan baterai dan kepresisian sensor-sensor. Untuk metode Open Circuit Voltage ini masih bergantung pada kondisi suhu disekitar sel baterai sehingga suhu ini dapat merusak atau mendistorsi keakuratan pengukuran baterai.

Dari beberapa metode diatas yang memiliki beberapa kekurangan, maka dalam penelitian ini digunakan metode *neural network* karena metode ini memiliki tingkat keakuratan yang tinggi dengan cara memperolehnya menggunakan perhitungan data yang sederhana serta dapat diterapkan dengan mudah. Metode ini dapat mengestimasi nilai SoC secara *offline* atau *online* dengan syarat harus di-*training* terlebih dahulu sehingga metode ini memiliki kemampuan adaptif yang tinggi serta metode ini tidak bergantung pada model matematis atau juga dari rangkaian ekuivalen untuk bisa menggambarkan hubungan antara variabel *input* dengan *output* dalam pengolahan data.

II. METODE

Untuk menunjang hasil penelitian yang akan dilakukan maka akan dijelaskan beberapa dasar teori yang berhubungan penelitian yang dilakukan.

A. *State of Charge* (SoC)

SoC atau *state of charge* dapat diartikan sebagai jumlah atau perbandingan energi yang digunakan dengan kapasitas maksimum pada baterai. Pada SoC, dapat direpresentasikan dengan menggunakan range nilai antara 0-1, yaitu 0 menunjukkan baterai dalam kondisi kosong, dan nilai 1 menunjukkan baterai dalam kondisi penuh. Namun nilai dari SoC biasa dinyatakan dalam bentuk persentase yaitu antara 0% - 100% [5]. Secara umum untuk menentukan *state of charge* dapat menggunakan beberapa metode, contohnya menggunakan metode *Coulomb Counting* (CC). Secara umum SoC dapat dirumuskan menggunakan metode CC seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 1 dan 2.

$$I = \frac{dQ}{dt} \rightarrow Q = \int_{t_0}^t I dt \quad (1)$$

$$SOC(t) = SOC(t_0) - \frac{\eta}{C_n} \int_{t_0}^t I dt \quad (2)$$

Penggunaan metode *Coulomb Counting* digunakan hanya untuk mencari nilai dari SoC awal atau SoC(t0).

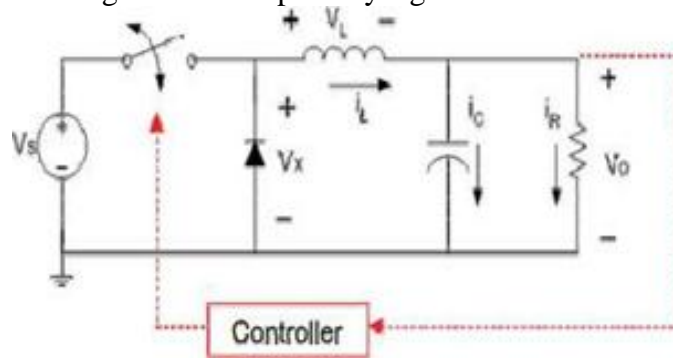
TABEL 1. SIMBOL RUMUS *COULOMB COUNTING*

Symbol	Pengertian
SoC	<i>State of charge</i> atau presentase baterai (%)
SoC (t0)	Total kapasitas pada baterai (Ah) SoC awal sebelum Charge dan Discharge (%)
η	Efisiensi charge atau discharge
Cn	Kapasitas maksimum baterai (Ah)
I	Besar arus listrik yang masuk atau keluar dari baterai

Oleh karena itu, SoC adalah sebuah hal yang sangat penting dalam baterai karena dapat mempengaruhi kinerja dan kualitas pakai dari baterai itu sendiri. Dalam hal ini, SoC perlu diukur secara tepat dan akurat karena dalam sistem pengaman baterai SoC merupakan sebuah parameter yang penting dalam penentuan masa pakai baterai. Di sini baterai akan dilakukan estimasi SoC secara akurat sehingga akan meningkatkan *life time* baterai. Untuk estimasi yaitu dengan pengukuran nilai tegangan dan arus sehingga baterai saat *charging* bias terhindar dari *overcurrent* dan *overvoltage*.

B. Buck Converter

Buck converter adalah adalah contoh dari beberapa jenis DC-DC konverter yang menghasilkan tegangan *output* lebih kecil dari tegangan *input*-nya [6]. Pada penelitian ini *buck converter* digunakan sebagai konverter yang berfungsi sebagai penurun tegangan yang berasal dari *output* transformator yang nantinya *output* dari converter ini akan digunakan sebagai *charger battery*. Pemilihan dari *buck converter* yaitu berdasarkan hasil efisiensi yang tinggi dalam perubahan daya *input* ke daya *output*, rangkaian yang sederhana, dan riak (*ripple*) yang relatif kecil sehingga tidak diperlukan filter yang terlalu besar [7]. Komponen pada *buck converter* adalah saklar, dioda *freewheel*, induktor, dan kapasitor. Gambar 1 merupakan topologi *buck converter* dengan nilai komponen yang belum diketahui.



Gambar 1. Rangkaian *Buck Converter*

C. Metode Neural Network

Metode *neural network* merupakan sebuah metode jaringan syaraf tiruan yang terdiri dari *input layer*, *hidden layer*, dan, *output layer* [8]. Dalam sisi *input layer* yaitu terdiri dari data yang akan di *learning* yang data ini didapatkan dari sensor-sensor yang ada dalam sistem. Untuk *output layer* akan menunjukkan hasil dari pengolahan metode *neural network*. Jika data yang dihasilkan *output layer* dan sesuai dengan data dari *input layer* atau data pengujian, maka nilai ini nantinya akan digunakan sebagai *input* dari pengolahan mikrokontroler, Untuk *Hidden Layer* merupakan lapisan tersembunyi yang terdiri dari beberapa neuron [8]. Ketika jumlah neuron tidak sesuai maka keakuratan dari hasil data akan berkurang.

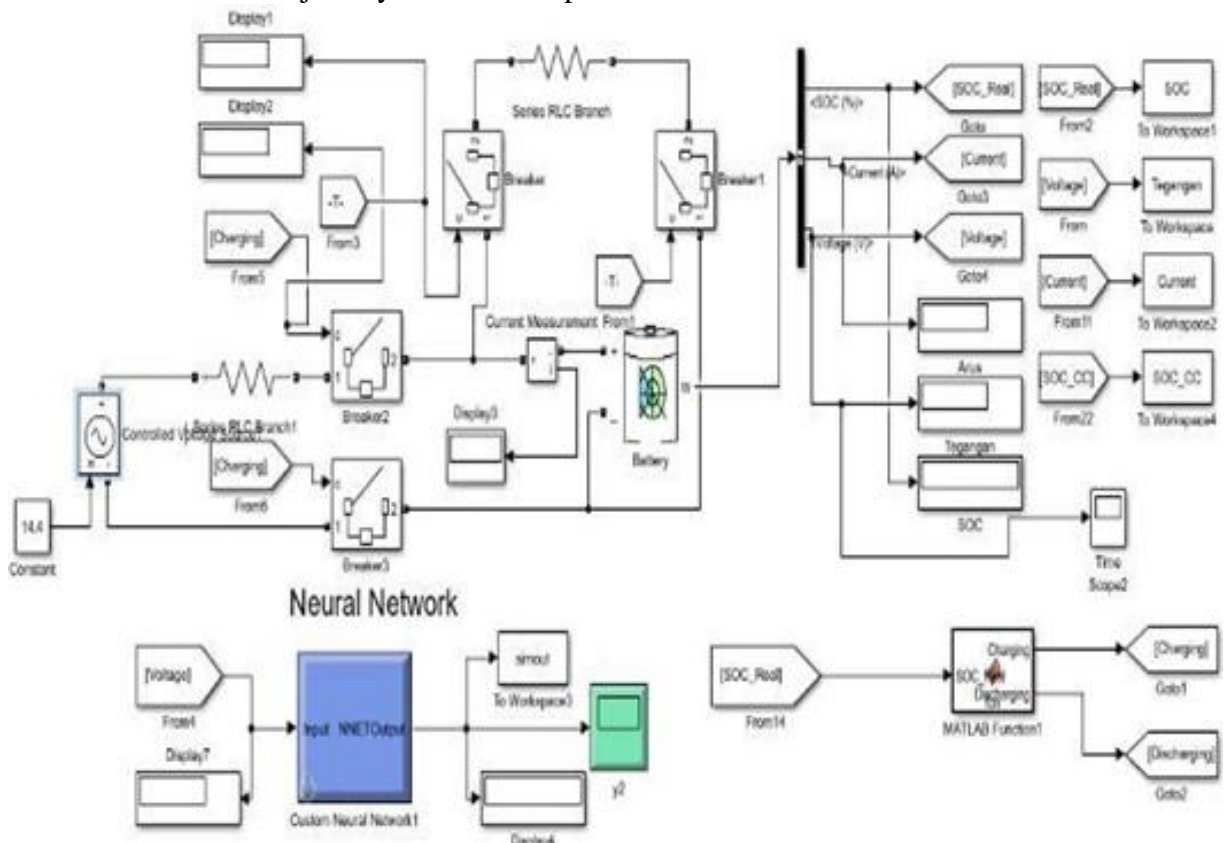
Dalam perhitungan *state of charge* (SoC) dengan menggunakan metode *neural network* dibutuhkan sebuah proses *learning* data pada *input layer*. Data yang digunakan untuk proses *learning* yaitu data nilai dari tegangan atau arus yang nantinya akan dicari nilai SoC awal sebagai *input learning*. Nilai tegangan didapatkan dari *sensing* tegangan baterai terminal. Untuk nilai arus didapatkan dari pembacaan sensor ACS 712 yang digunakan.

Kelebihan metode *neural network* sehingga dipilih untuk melakukan pengolahan pada estimasi *state of charge* (SoC).

1. Metode *neural network* memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode *Coulomb Counting*, OCV, Kalman Filter.
2. Pada metode *Neural network* memiliki perhitungan data yang sederhana dan juga dapat diterapkan dengan mudah.
3. Metode *neural network* dapat mengestimasi SoC secara *offline* atau *online training* karena mempunyai kemampuan adaptif yang tinggi dengan syarat harus di-*training* terlebih dahulu agar mendapatkan estimasi SoC yang tepat
4. Metode *neural network* ini tidak bergantung pada model matematis atau juga dari rangkaian ekuivalen untuk bisa menggambarkan hubungan antara variabel *input* dengan *output* dalam pengolahan data.

D. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara simulasi menggunakan aplikasi Matlab dengan fitur Simulink. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Simulasi Estimasi *State of Charge* (SoC) Dengan *Neural Network* pada *Lead Acid Battery*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini melalui simulasi yang telah dilakukan pada aplikasi Matlab yaitu sebagai berikut:

A. Desain Model Neural Network

Pada penelitian ini digunakan tiga layer untuk estimasi SoC dengan *neural network*.

1. Input Layer Design

Pada *input* sebuah *neural network* terdapat tiga parameter penting yang digunakan sebagai *input training* yaitu Tegangan, Arus, dan Nilai SoC Awal yang bisa didapatkan dari pembacaan sensor.

2. Output Layer Design

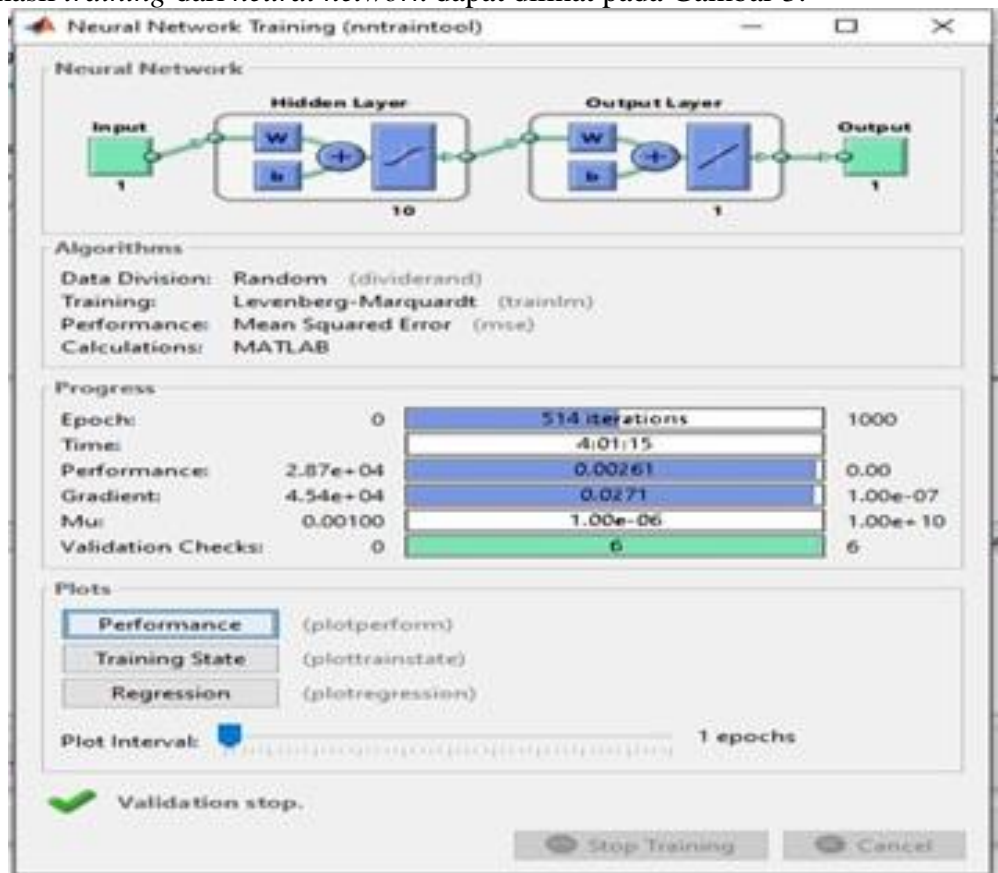
Pada *output layer*, ditentukan menurut dari objek yang diestimasi. Pada penelitian ini yang digunakan sebagai objek estimasi adalah SoC dari Baterai. Sehingga SoC hasil estimasi bias dianggap sebagai *output*.

3. Hidden Layer Design

Penentuan jumlah dari *hidden Layer* diatur ke nilai *default* yaitu 10 sebagai awal *training* dan validasi. Ketika hasil dari *training data* meunjukkan hasil yang kurang bagus, maka jumlah *hidden layer* bias ditambah ke jumlah yang sesuai agar bisa mendapatkan hasil yang terbaik.

B. Training Data

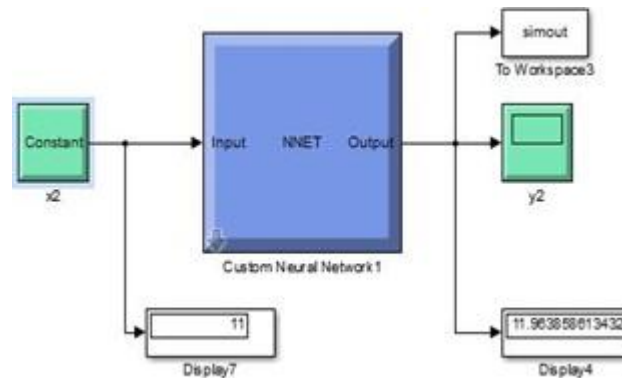
Tahapan yang harus dilakukan yaitu pertama kita harus mencari nilai tegangan dan arus dari baterai pada saat nilai SoC 0%-100% dan juga sebaliknya, ketika sudah didapatkan nilai dari tegangan dan arus serta SoC awal melalui pembacaan MATLAB, maka proses selanjutnya yaitu proses melakukan *training neural network* data melalui *Software* MATLAB. Berikut adalah hasil *training* dari *neural network* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses *Training Data Neural Network*

Pada Gambar 3 merupakan proses *training data neural network* dengan *input* dan target yang telah dibuat. Pada gambar ditampilkan nilai dari *Epoch Time*, *Performance*, *Gradient*, *Mu*,

Validation Checks yang ketika selesai *training* ditandai dengan centang hijau pada bagian bawah kiri.



Gambar 4. Rangkaian Hasil *Training Neural Network*

Setelah *training Data* telah dilakukan maka nantinya akan didapatkan rangkaian simulasi hasil *training data* yang selanjutnya diuji keakuratannya dengan memasukan *input* tegangan dengan contoh yaitu 11 V dan ketika disimulasikan untuk hasil Estimasi SoC dengan *neural network* menunjukkan SoC yaitu 11,96 %.

C. Hasil Data

Dari pelaksanaan *training data* yang telah dilakukan melalui simulasi MATLAB, maka dapat dilihat hasil data pengujian antara simulasi MATLAB dengan simulasi dengan *neural network* dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2. PERBANDINGAN NILAI STATE OF CHARGE (SOC) SIMULASI

Tegangan (V)	SoC Matlab (%)	SoC NN (%)	Error (%)
1.92E-08	0.01	1.01E-02	0.56
1.050.095	1.001.361	100.096	0.04
1.205.473	2.001.358	2.001.983	0.03
125.832	3.001.145	3.000.703	0.01
1.285.791	4.001.279	4.001.888	0.02
130.344	5.000.811	5.000.648	0.00
1.316.671	6.000.324	6.000.403	0.00
1.328.133	7.000.538	7.000.989	0.01
1.339.784	8.000.606	8.000.424	0.00
1.354.247	9.000.283	9.000.749	0.01
137.836.828	100	1.001.439	0.14

Dapat dilihat pada Tabel 2 diketahui nilai dari *error* yang dihasilkan antara perbandingan SoC MATLAB dengan SoC *neural network* menunjukkan *error* yang sangat kecil sehingga sudah memiliki keakuratan yang baik. Di sini untuk *input* dari *training data neural network* baru menggunakan tegangan saja. Nantinya dalam Penelitian ini sudah dilakukan pegujian Integrasi maka akan digunakan *input training* yaitu megggunakan nilai tegangan dan juga nilai SoC awal (Ref) dan juga untuk data validasinya bisa menggunakan data hasil estimasi metode lain yang dapat diperoleh dari beberapa penelitian terdahulu.

IV. KESIMPULAN

Dari beberapa pegujian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan dari Pengujian rangkaian simulasi estimasi *state of charge* dengan *neural network* sudah berhasil dan sesuai dengan data yang ditampilkan hasil simulasi menunjukkan *error* yang kecil yaitu di bawah 1 %. Hal ini menandakan bahwa *training data neural network* pada simulasi MATLAB

sudah berhasil dan memiliki nilai hasil Estimasi SoC yang mendekati dengan nilai hasil simulasi saat tanpa *neural network*, jadi dapat dikatakan Estimasi Nilai SoC dengan *neural network* memiliki nilai keakuratan yang baik. Nilai keakuratan estimasi SoC dipengaruhi oleh *training data* dan juga nilai *input training* yang baik sehingga menghasilkan *output training* yang baik juga.

REFERENSI

- [1] Ningrum, P. Windarko, N. A. & Suhariningsih. (2019). Aplikasi Battery Management System (BMS) dengan State of Charge (SOC) Menggunakan Metode Modified Coulomb Counting. *Jurnal INOVTEK Seri Elektro*, 1(1): 1-10.
- [2] Moo, C.S., Ng, K.S., Chen Y. P., & Hsieh, Y. C. (2007). *State-of-Charge Estimation with Open-Circuit-Voltage for Lead-Acid Batteries*. in 2007 Power Conversion Conference - Nagoya, Nagoya.
- [3] Yan, X., Yang, Y., Guo, Q., Zhang, H., & Qu, W. (2013). *Electric Vehicle Battery SOC Estimation Based on Fuzzy Kalman Filter*, in 2013 2nd International Symposium on Instrumentation and Measurement, Sensor Network and Automation (IMSNA), Toronto.
- [4] Zhou, Y., Huang, Z., Peng, J., Li H., & Ho. (2017). *A Generalized Extended State Observer for Supercapacitor State of Charge Estimation Under Disturbances*. in 2017 American Control Conference (ACC), Seattle.
- [5] Zainul, R. (2018). Estimasi State of Charge (SOC) pada Baterai Lead-Acid dengan Menggunakan Metode Coulomb Counting pada PV Hybrid. Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Arifandi, A. (2019). Studi Penggunaan Catu Daya Metode PWM (Pulse Width Modulation) 2 Pulsa Berbeda 180 pada Lampu LED (Light Emitting Diode). Padang, Universitas Andalas.
- [7] Satiawan, I. N. W., Supriono, & Citarsa, I. B. F. (2018). Desain Buck Converter Untuk Charging Batere Pada Beban Bervariasi. *Jurnal Dielektrika*, 5(1): 30-35.
- [8] Trinandana, G. A., Pratama, A. W., Prasetyono, E., & Anggriawan, D. O. (2020). *Real Time State of Charge Estimation for Lead Acid Battery Using Artificial Neural Network*. in 2020 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA), Surabaya.