

**ESTIMASI *STATE OF CHARGE* BATERAI *LITHIUM ION*
MENGUNAKAN METODE *NEURAL NETWORK***

Tugas Akhir

disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

oleh

Agnia Raihanah

220441024



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:
**ESTIMASI STATE OF CHARGE BATERAI LITHIUM ION
MENGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK**

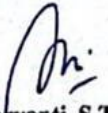
Oleh:
Agnia Raihanah
220441024

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

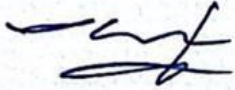
Bandung, 15 Juli 2024

Disetujui,

Pembimbing I,


Nuryanti, S.T., M.Sc.
NIP 197604262009122002

Pembimbing II,


Suharvadi Pancono, Dipl.Ing.HTL.,MT.
NIP 196701171990031004

Penguji I,


Dr. Setvawan Ajie Sukarno, S.ST., M.T.
NIP. 198004282008102001

Disahkan,

Penguji II,


Ridwan, S.ST., M.Sc.
NIP. 197804262009121002

Penguji III,


Ismail Rokhim, S.T., M.T.
NIP. 197002161993031001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Agnia Raihanah
NIM : 220441024
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Estimasi *State of Charge* Baterai *Lithium Ion*
Menggunakan Metode *Neural Network*

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 15 – Juli – 2024
Yang Menyatakan,

(Agnia Raihanah)
NIM 220441024

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Agnia Raihanah
NIM : 220441024
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Estimasi *State of Charge* Baterai *Lithium Ion*
Menggunakan Metode *Neural Network*

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 15 – Juli – 2024
Yang Menyatakan,

Agnia Raihanah
NIM 220441024

ABSTRAK

Sejak penemuan baterai pertama, teknologi baterai telah berkembang signifikan, mengatasi tantangan seperti kapasitas penyimpanan energi dan ketahanan terhadap guncangan. Baterai lithium ion (li-ion) menjadi solusi yang paling banyak digunakan karena keunggulan struktural dan kapasitas energi tinggi. Namun, penggunaan li-ion memiliki risiko kecelakaan serius, seperti ledakan, sehingga diperlukan perhatian terhadap keamanan. Untuk mengatasi risiko tersebut, diperlukan sistem akurat dalam memperkirakan tingkat muatan baterai atau State of Charge (SoC), dengan menggunakan parameter arus, tegangan, serta pengaruh suhu. Data pelatihan diambil dari eksperimen discharge 4 baterai 18650 yang disusun seri menjadi 16,4 volt dan 1200 mAh, dilengkapi rangkaian buckboost converter. Mengambil data pada 500mA, 400mA, 300mA, 200mA, dan 100mA, pelatihan dilakukan dengan sampel 200mA dan 400mA menggunakan metode RNN dan LSTM. Hasilnya, metode ini mampu mencapai akurasi tinggi dengan nilai RMSE di bawah 1% dan 3% pada data tervalidasi.

Kata kunci: Baterai *lithium* ion, LSTM, RMSE, RNN, *State of Charge*

ABSTRAK

Since the invention of the first battery, battery technology has developed significantly, overcoming challenges such as energy storage capacity and shock resistance. Lithium-ion (li-ion) batteries have become the most widely used solution due to their structural advantages and high energy capacity. However, the use of li-ion batteries is not without serious risks, such as explosions, which require serious safety attention. To mitigate these risks, an accurate system is needed to estimate the battery's State of Charge (SoC) by using current, voltage parameters, and considering the effect of temperature on SoC. Training data was taken from the discharge experiment of 4 series-connected 18650 batteries with a total of 16.4 volts and 1200 mAh, equipped with a buck-boost converter circuit. Data was collected at 500mA, 400mA, 300mA, 200mA, and 100mA, and training was conducted using samples at 200mA and 400mA with the RNN and LSTM methods. The results showed that this method achieved high accuracy with RMSE values below 1% and 3% on validated data.

Keywords: *Lithium Ion Battery, LSTM, RMSE, RNN, State of Charge*

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Sejak penemuan baterai pertama, teknologi baterai telah berkembang secara signifikan, mengatasi beberapa tantangan seperti kapasitas penyimpanan energi, ketahanan terhadap guncangan, dan dampak lingkungan. Dengan fokus yang meningkat pada kemajuan dalam teknologi baterai, kali ini tujuannya adalah untuk mengembangkan solusi penyimpanan energi yang lebih efisien dan tahan lama [1]. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan baterai yang memiliki kepadatan daya dan energi yang tinggi [2]. Pilihan baterai Li-ion atau sering dikenal sebagai baterai *Lithium-ion* terbukti menjadi sumber yang paling banyak digunakan untuk masalah ini karena keunggulan strukturalnya [3]. Baterai Li-ion memiliki kapasitas energi yang tinggi jika dibandingkan dengan beberapa jenis baterai lainnya. Ini berarti bahwa mereka dapat menyimpan jumlah energi yang lebih besar dalam volume yang relatif kecil kemudian memiliki siklus hidup yang relatif lama [4].

Namun, tidak dapat dipungkiri penggunaan baterai *lithium* sering kali terkait dengan kecelakaan serius, seperti ledakan pada saat pengisian dan pembakaran spontan. Faktanya menurut jurnal yang telah dipublikasikan di *Frontiers in Energy Research* kecelakaan kebakaran merupakan perhatian keamanan yang signifikan bagi baterai *Lithium-ion*. Baterai ini berisiko mengalami pengisian berlebih atau pelepasan daya berlebih [5]. Untuk mengatasi masalah ini dengan memastikan penggunaan dan perlindungan yang terbaik untuk baterai, diterapkanlah sistem keakuratan dalam memperkirakan tingkat muatan baterai atau *state of charge*, sistem ini bertujuan untuk menghindari baterai dari keadaan terlalu penuh atau terlalu kosong [6] [7]. SoC pada baterai *Lithium-ion* memiliki peranan signifikan dalam mendukung pengoperasian baterai secara aman dan efisien melalui manajemen kemampuan pengisian dan pengosongan yang efektif, tetapi kendala yang dihadapi termasuk kompleksitas reaksi elektrokimia yang terlibat, penurunan kinerja baterai seiring waktu, serta tantangan dalam meningkatkan keakuratan

metode yang digunakan untuk memperluas kinerja optimal baterai [8]. Kesulitan dalam mengestimasi SoC meningkat seiring dengan perubahan karakteristik baterai yang diakibatkan oleh penuaan, pengaruh suhu, dan sifat non-linear yang dimilikinya [8].

Penelitian terkait pernah dilakukan dengan judul “*State-of-charge estimation of lithium-ion batteries based on gated recurrent neural network*” hasil eksperimental menunjukkan bahwa arsitektur GRU-RNN sederhana dengan beberapa lapisan dan neuron tersembunyi memberikan hasil estimasi yang memuaskan untuk baterai NMC dan LFP. Pada suhu yang bervariasi, RMSE dari estimasi SoC kurang dari 2,5% untuk baterai NMC dan kurang dari 3,5% untuk baterai LFP [9]. Selanjutnya penelitian mengenai SoC yakni “*Co-estimation of Capacity and State-of-Charge for Lithium-ion Batteries in Electric Vehicles* “ Dalam paper ini, disajikan sebuah skema co-estimasi untuk mengestimasi kapasitas baterai dan *State of Charge* dengan menggunakan model RC orde pertama kemudian skema ini menggabungkan metode *recursive least squares* (RLS) dan adaptive extended Kalman filter (AEKF), sambil melakukan prediksi kapasitas baterai secara real-time menggunakan jaringan saraf Elman dan hasilnya adalah estimasi SoC yang akurat dengan tingkat kesalahan maksimum sekitar 6% dalam berbagai kondisi suhu yang diuji [10].

Berdasarkan permasalahan di atas serta berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, maka dirancang sebuah sistem pemodelan baterai *Lithium ion* yang diharapkan dapat mengukur sistem keakuratan dalam memperkirakan tingkat muatan baterai yang disesuaikan secara adaptif. Dengan mengambil nilai arus dan tegangan sistem akuisisi data secara *real-time*, sehingga penggunaan database menjadi sangat penting dalam mendukung komunikasi data yang efisien [11]. Pemilihan dengan metode *Neural Network* dilakukan dengan harapan dapat memberikan keputusan seperti yang dilakukan manusia dengan cara menafsirkan data yang diberikan untuk kemudian dapat mencari solusi yang tepat, kemudian dengan metode *Neural Network* ini diharapkan dapat memperbaiki performa sistem yang lebih baik dari sebelumnya.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka terdapat beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana melakukan pemodelan baterai Li-ion agar didapat nilai SoC?
2. Bagaimana menerapkan metode *Neural Network* untuk pembacaan SoC pada baterai?
3. Bagaimana melakukan pembacaan SoC simulasi dengan menggunakan metode *Neural Network* dan SoC yang sudah tervalidasi?

I.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, bahasan penelitian akan dibatasi dengan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penggunaan jenis baterai *Lithium-ion* 18650 sebanyak 4 buah disusun seri
2. Kapasitas total baterai 1200mAh
3. Pengujian SoC dilakukan ketika proses *discharge* baterai
4. Pengujian dilakukan dengan kondisi arus konstan 500mA, 400mA, 300mA, 200mA, dan 100mA.
5. Menggunakan parameter estimasi SoC berupa tegangan, arus, dan temperature.
6. Melakukan pelatihan SoC menggunakan metode *Recurrent Neural Network*
7. Beban yang digunakan ketika proses pengosongan berupa lampu LED 10 Watt

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penyusunan penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Mengimplementasikan teknologi *neural network* (NN) pada sistem estimasi SoC baterai li-ion
2. Membandingkan SoC secara eksperimental dan SoC baterai yang telah dilakukan simulasi

Adapun manfaat penelitian ini yaitu :

1. Membantu peningkatan umur baterai dengan memonitor siklus pengosongan berdasarkan SoC yang akurat
2. Mengoptimalkan waktu pengosongan dan mengurangi resiko berlebih untuk pengosongan baterai.