

## ABSTRACT

State of Charge (SoC) is an important feature in battery management system (BMS) which indicates the remain energy in the battery. The information of SoC is necessary in BMS to avoid the battery to experience dangerous condition, such as over-charging and over-discharging. SoC can not be measured directly. The estimation algorithm are used to obtain the SoC value.

The battery needs to be mathematically modeled to represent its dynamic behaviour. In this research, the Thevenin model was employed, where the battery was represented as an electrical circuit with components including internal resistance ( $R_0$ ), polarization resistance ( $R_1$ ), polarization capacitance ( $C_1$ ), and open circuit voltage (OCV). The model parameters are obtained by the recursive least square (RLS). The SoC value was then estimated using the unscented Kalman filter (UKF).

The Thevenin battery model with its parameters identified using RLS resulting in a good accuracy with the mean absolute error (MAE) of 0.15% and root mean square error (RMSE) of 0.62%. Accurate modeling results in good SoC estimation using the UKF, indicated by the MAE of 0.006% and RMSE of 0.203%.

**Keywords** : Battery Management System (BMS), Thevenin Battery Model, recursive least square (RLS), State of Charge (SoC), Kalman filter, unscented Kalman filter (UKF)

## INTISARI

State of charge (SoC) merupakan salah satu fitur penting pada battery management system (BMS) di mana fitur ini memberikan informasi mengenai kapasitas yang tersedia pada baterai. Nilai SoC penting diketahui untuk menghindari baterai beroperasi pada kondisi berbahaya, seperti over-charging dan over-discharging. Pada praktiknya, nilai SoC tidak dapat diketahui dengan pengukuran langsung. Oleh sebab itu, adaptasi algoritma estimasi digunakan untuk mendapatkan nilai SoC.

Untuk mendapatkan nilai SoC, baterai perlu dimodelkan secara matematis untuk menggambarkan sifat-sifat dinamisnya. Model baterai Thevenin digunakan pada penelitian ini di mana baterai direpresentasikan sebagai rangkaian listrik dengan komponen-komponen meliputi resistansi internal ( $R_0$ ), resistansi polarisasi ( $R_1$ ), kapasitansi polarisasi ( $C_1$ ) dan open circuit voltage (OCV). Nilai parameter-parameter baterai didapatkan dengan *recursive least square* (RLS). Nilai SoC kemudian diestimasi menggunakan unscented Kalman filter (UKF).

Model baterai Thevenin dengan parameter yang diidentifikasi menggunakan RLS menunjukkan akurasi yang baik ditunjukkan dengan nilai mean absolute error (MAE) 0.15% dan root mean square error (RMSE) 0.62%. Pemodelan yang akurat menghasilkan hasil estimasi SoC yang baik dengan menggunakan UKF yang ditunjukkan dengan MAE 0.006% dan RMSE 0.203%.

**Kata kunci** – Battery Management System (BMS), Model Baterai Thevenin, recursive least square (RLS), State of Charge (SoC), Kalman filter, unscented Kalman filter (UKF)