



INTISARI

Pemilihan nilai parameter yang tepat pada model baterai Thevenin orde pertama penting dilakukan karena sangat berpengaruh pada akurasi model baterai. Model baterai yang akurat mampu meningkatkan akurasi dari estimasi *state of charge* (SoC). Keakuratan estimasi SoC dalam merepresentasikan kapasitas baterai sangat penting untuk mencegah pengisian dan pemakaian yang berlebihan, karena tindakan tersebut dapat mempercepat proses degradasi kesehatan hingga kerusakan baterai. Pada estimasi SoC, metode *extended Kalman filter* (EKF) umum digunakan karena memiliki akurasi yang baik. Namun, metode EKF konvensional mengasumsikan matriks kovarian proses dan pengukuran sebagai nilai konstan. Hal ini menyebabkan algoritma EKF tidak dapat menangani perubahan ketidakpastian serta dapat menurunkan akurasi dari estimasi SoC. Selain itu, metode EKF konvensional lebih mahal karena memerlukan dua jenis sensor yang berbeda, yaitu sensor arus dan sensor tegangan.

Untuk mendapatkan nilai parameter model Thevenin orde pertama, metode *genetic algorithm* (GA) dan *recursive least square* (RLS) digunakan. Setelah nilai parameter diperoleh, persamaan matematis dari model baterai dimodifikasi agar nilai arus baterai dapat dihitung. Persamaan matematis tersebut digunakan untuk menggantikan informasi arus baterai dari pengukuran sehingga sensor arus tidak dilibatkan pada proses estimasi SoC baterai. Selanjutnya, estimasi SoC dilakukan menggunakan metode *improved coulomb counting* (ICC), EKF dan EKF-GA. Pada metode EKF-GA, metode GA berperan untuk menemukan nilai matriks kovarian proses dan pengukuran terbaik pada setiap iterasi sehingga kedua matriks tersebut menjadi dinamis. Metode ICC dan EKF konvensional dijadikan metode pembandingan untuk menilai hasil estimasi SoC baterai yang didapat dari metode EKF-GA.

Pada identifikasi nilai parameter model baterai, nilai parameter dari metode GA membuat model baterai menjadi lebih akurat. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai RMSE dari estimasi tegangan terminal yang lebih kecil, yaitu $1,2100 \times 10^{-2}$ pada pengujian *pulse test* 1C dan $1,0467 \times 10^{-2}$ pada pengujian *urban dynamometer driving schedule* (UDDS). Selanjutnya, estimasi arus dan SoC dilakukan secara bersamaan. Dari eksperimen yang dilakukan, arus baterai berhasil diestimasi menggunakan persamaan matematis model baterai Thevenin orde pertama. Pada estimasi SoC baterai, metode EKF-GA memiliki nilai RMSE yang paling kecil dibandingkan metode lainnya. Nilai RMSE yang didapat bervariasi antara $4,4 \times 10^{-4}$ hingga $1,228 \times 10^{-2}$ pada kedua pengujian baterai, baik kondisi nilai inisial SoC tanpa deviasi maupun dengan deviasi 20%. Metode GA berhasil membuat matriks kovarian proses dan pengukuran dari algoritma EKF menjadi dinamis sehingga akurasi estimasi meningkat.

Kata kunci – ICC, EKF, GA, Estimasi SoC, Estimasi Arus.



ABSTRACT

Parameter values selection in the first-order Thevenin battery model is important because it highly affects the accuracy of the battery model. An accurate battery model can improve the accuracy of the state of charge (SoC) estimation. The accuracy of SoC estimation represents battery capacity is crucial to prevent overcharging and overdischarging, it can accelerate battery aging and cause damage. In SoC estimation, the extended Kalman filter (EKF) method is commonly used due to its good accuracy. However, the conventional EKF method assumes that the process and measurement covariance matrices are constant values. This makes the EKF algorithm unable to handle changes in uncertainty and can reduce the accuracy of SoC estimation. In addition, the conventional EKF method is more expensive because it requires two different types of sensors, namely current sensors and voltage sensors.

To obtain the parameter values of the first-order Thevenin model, the genetic algorithm (GA) and recursive least square (RLS) methods are used. After the parameter values were obtained, the mathematical equation of the battery model was modified to enable the estimation of the battery current. This equation was utilized to replace the battery current information obtained from measurement results, thus the current sensor was not involved in the battery SoC estimation process. Subsequently, SoC estimation was performed using the ICC method, EKF, and EKF-GA. In the EKF-GA method, GA was used to determine the optimal values of the process and measurement covariance matrices in each iteration, making these matrices dynamic. The ICC method and conventional EKF were used as comparison methods to evaluate the SoC estimation results obtained from the EKF-GA method.

In the identification of battery model parameter values, the parameters obtained using the GA method improved the accuracy of the battery model. This is indicated by the smaller RMSE value of the terminal voltage estimation, namely $1,2100 \times 10^{-2}$ in the 1C pulse test and $1,0467 \times 10^{-2}$ in the urban dynamometer driving schedule (UDDS). Subsequently, current and SoC estimation were performed simultaneously. From the conducted experiments, the battery current was successfully estimated using the mathematical equations of the first-order Thevenin battery model. In battery SoC estimation, the EKF-GA method achieved the smallest RMSE compared to other methods. The RMSE values varied between $4,4 \times 10^{-4}$ and $1,228 \times 10^{-2}$ across both battery tests, under conditions with no initial SoC deviation as well as with a 20% deviation. The GA method successfully made the process and measurement covariance matrices of the EKF algorithm dynamic, so the accuracy of the estimation improved.

Keywords : ICC, EKF, GA, SoC Estimation, Current Estimation.