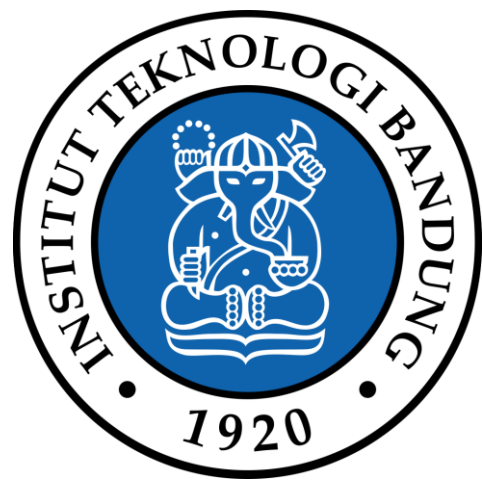




Estimasi Kondisi Kesehatan Sistem Baterai Penyimpanan Energi menggunakan Metode Pembelajaran Mendalam pada Sistem Manajemen Baterai berbasis Sistem Tertanam

Hilda Hamdah Husniyyah*, Edi Leksono¹, Irsyad Nashirul Haq¹

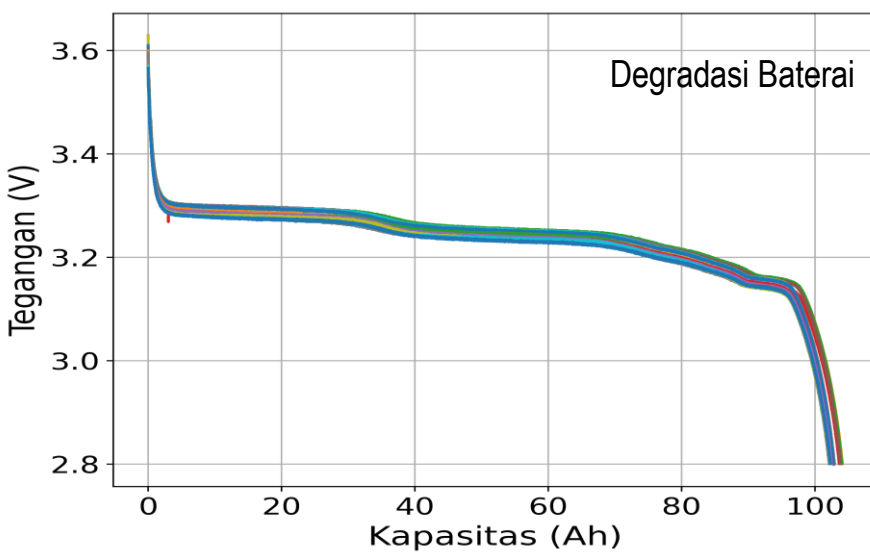
¹Magister Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia.

*)Penulis Koresponden



PENDAHULUAN

Baterai litium-ion banyak digunakan sebagai sumber tenaga dan juga perangkat penyimpan energi seperti sistem baterai penyimpanan energi (SBPE). Namun, salah satu masalah yang masih dihadapi baterai litium-ion adalah penurunan kinerja baterai yang ditandai dengan adanya degradasi kapasitas baterai. Parameter kinerja yang digunakan untuk mengkuantifikasi degradasi kapasitas adalah Kondisi Kesehatan (KK). Degradasi dari KK ini tidak dapat diukur secara langsung, sehingga diperlukan metode untuk estimasi KK. Salah satu metode estimasi KK yang saat ini berkembang adalah dengan metode berbasis data. Diantara metode berbasis data, metode pembelajaran mendalam dapat mengatasi data jumlah besar dengan akurasi yang tinggi dan dengan perkembangan teknologi terkini dapat diimplementasikan pada sistem tertanam.



RUMUSAN MASALAH

Kompleksitas model pada penelitian sebelumnya masih cukup tinggi sehingga menghasilkan komputasi yang besar. Hal tersebut dikarenakan korelasi fitur yang digunakan dengan target/output masih kecil. Saat model kompleksitasnya tinggi maka komputasi akan tinggi dan akan cukup sulit untuk melakukan implementasi terhadap sistem tertanam. DNN memiliki banyak lapisan tersembunyi sehingga pembelajaran yang dilakukan dari setiap proses lebih mendalam. RNN memroses input secara sekuensial, sampel per sampel. Dalam tiap pemrosesan, output yang dihasilkan berdasarkan state internal yang merupakan hasil dari pemrosesan sampel-sampel sebelumnya. LSTM salah satu jenis dari RNN dimana dilakukan modifikasi pada RNN dengan menambahkan memory cell yang dapat menyimpan informasi untuk jangka waktu yang lama. Ketiga model pembelajaran mendalam tersebut digunakan pada penelitian ini dengan menambahkan fitur dan akan dilakukan analisis untuk setiap hasilnya.

TUJUAN PENELITIAN

1. Mengembangkan estimasi KK sistem baterai berbasis pembelajaran mendalam.
2. Implementasi algoritma KK pada sistem tertanam.

METODOLOGI PENELITIAN

CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) digunakan sebagai alur pengembangan pemodelan dan analisis KK pada penelitian ini.



❖ Pemahaman Bisnis

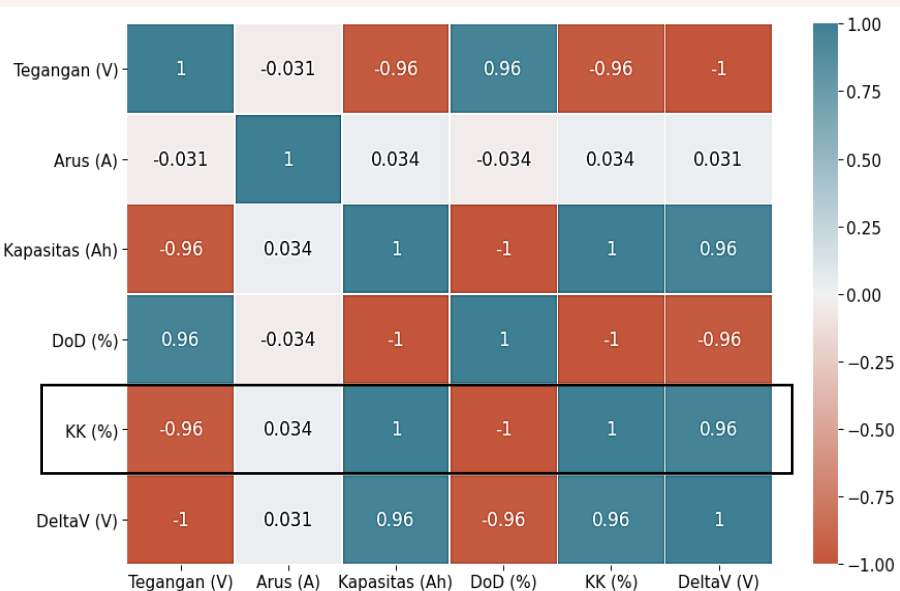
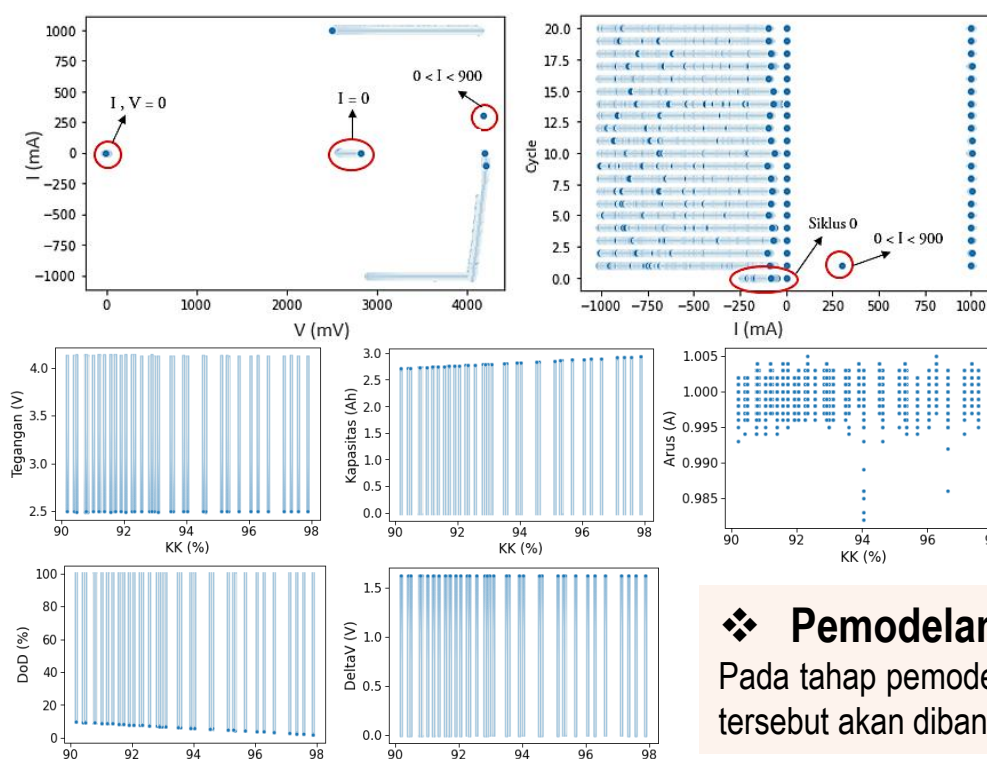
Mengetahui kondisi Kesehatan baterai saat operasional menggunakan metode berbasis data dengan model pembelajaran mendalam dan diimplementasikan pada sistem tertanam.

❖ Pemahaman Data

Data operasional yang digunakan merupakan baterai NMC satu sel dan 1 modul baterai LFP yang terdiri dari 15 sel baterai. Objek data latih dan data validasi yang digunakan merupakan baterai NMC dengan tegangan operasional 3,7 VDC dan kapasitas 3000 mAh dan baterai LFP kapasitas besar dengan tegangan operasional 3,2 VDC dengan kapasitas 100 Ah.

❖ Persiapan Data

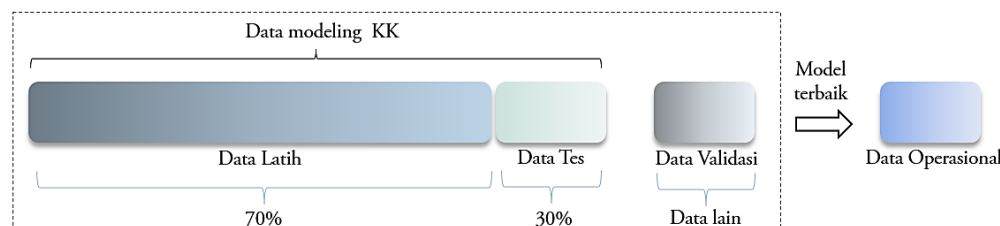
Pada tahap ini proses yang dilakukan adalah pembersihan data outlier, menambahkan fitur, seleksi fitur dan feature engineering. Fitur yang ditambahkan seperti kapasitas, DoD, KK, KM dan deltaV. Setelah penambahan fitur, terdapat seleksi fitur yang memiliki korelasi tinggi dengan target/output, pemilihan tersebut menggunakan heatmap dan scatter plot. Untuk heatmap semakin mendekati nilai 1, fitur tersebut semakin besar nilai korelasinya. Untuk scatter plot, dilihat dari perubahan nilai disetiap nilai KK.



❖ Pemodelan

Pada tahap pemodelan ini menggunakan DNN, RNN, LSTM dan SVR. Keempat model tersebut akan dibandingkan berdasarkan model metrics.

Dalam pemodelan ini, baterai NMC akan digunakan sebagai strategi pemilihan model terbaik. Model terbaik akan digunakan baterai LFP.

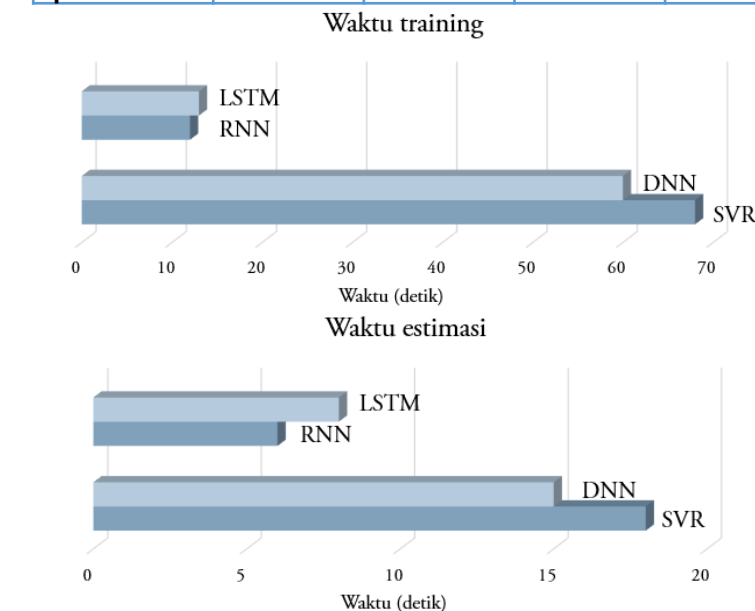


Jenis Baterai	Data Latih	Data Tes	Data Validasi	Data Operasional
NMC	NMC 2 (70%)	NMC 2 (30%)	NMC 3	NMC 4
LFP	LFP single cell (70%)	LFP single cell (30%)	LFP single cell (siklus 5-12)	15 sel baterai LFP

❖ Evaluasi

RNN memiliki skor akurasi lebih tinggi dari setiap kategori dibandingkan ketiga model lainnya.

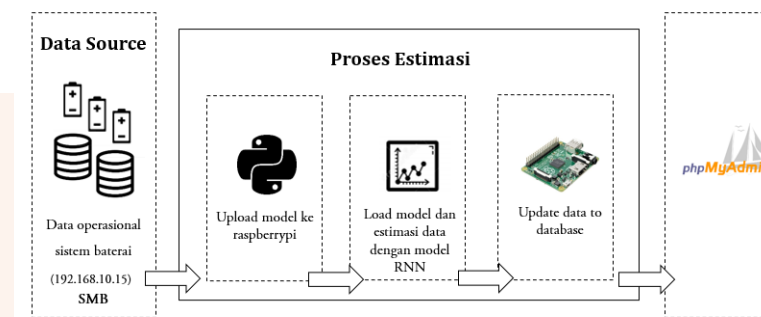
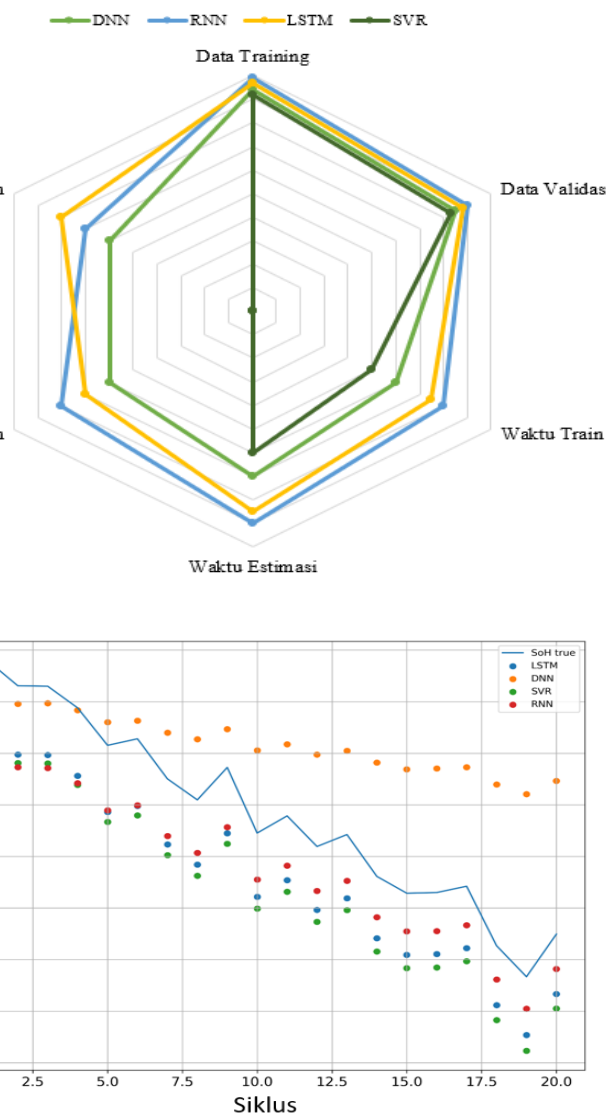
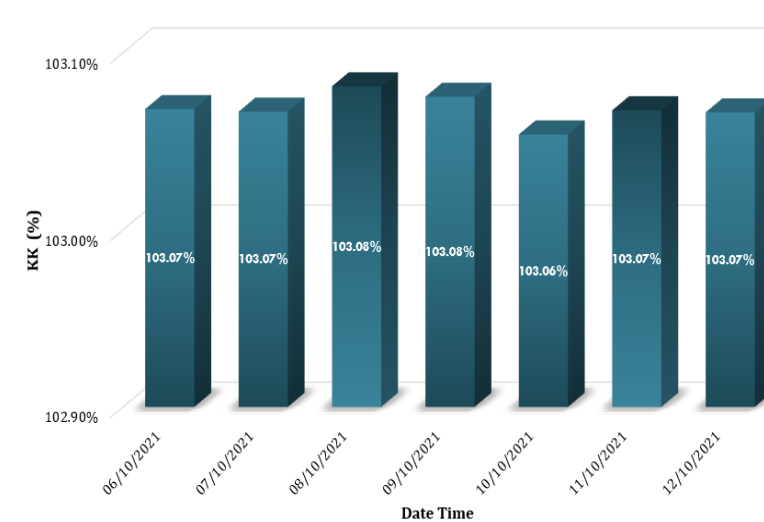
	DNN	RNN	LSTM	SVR
Data Training	99.987%	99.999%	99.998%	99.982%
Data Validasi	96.587%	98.892%	98.024%	97.248%
Waktu train (detik)	60.01	12.02	13.04	68.05
Waktu est (detik)	15.06	6.05	8.21	18.13
Neuron	40	32	32	0
Epoch	50	40	30	0



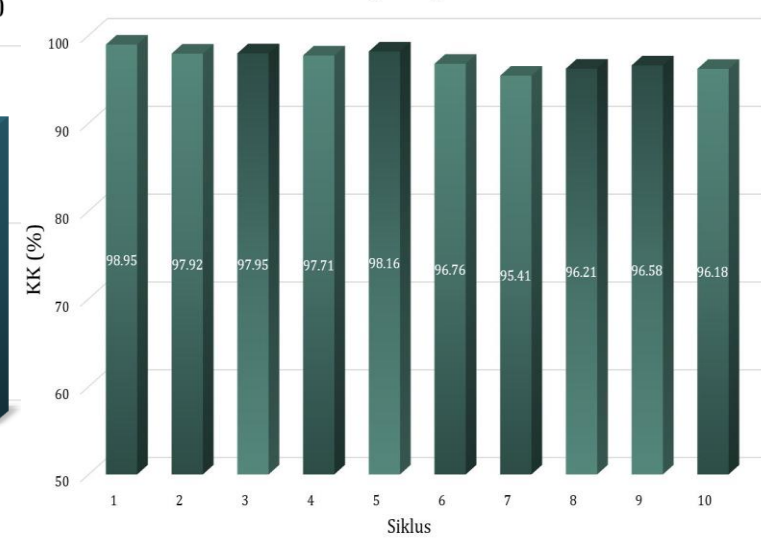
❖ Implementasi

Setelah analisis model terbaik didapatkan, selanjutnya implementasi model sistem tertanam (raspberrypi) untuk mendapatkan nilai KK pada baterai operasional.

Hasil estimasi KK terhadap data operasional baterai LFP (1 modul)



Hasil estimasi KK terhadap data operasional baterai NMC



KESIMPULAN

1. Fitur yang digunakan untuk estimasi KK merupakan tegangan, kapasitas, DoD dan deltaV. Model RNN, LSTM dan SVR dapat menyesuaikan data asli pada penelitian ini, ditandai dengan hasil estimasi yang dapat mengikuti pola pada data aslinya. Akurasi yang didapatkan pun cukup tinggi dengan akurasi diatas 97%. DNN tidak cukup baik dalam mengikuti pola pada data aslinya, yang dapat dilihat saat siklus 5-20 menghasilkan pola dengan gap yang cukup besar dengan data aslinya dan akurasi yang didapatkan pun lebih rendah dari ketiga algoritma lainnya yaitu sebesar 96%.
2. Model pada penelitian ini menghasilkan kompleksitas rendah yang ditandai dari jumlah neuron dan layer yang digunakan cukup kecil, dengan jumlah neuron 16 dan epoch 40 dan dapat diimplementasikan. Kondisi baterai NMC dan LFP saat operasional menunjukkan kondisi sangat sehat ditunjukkan dari nilai rata – rata KK diatas 97%.