



DETEKSI ANOMALI SUHU PADA SISTEM BATERAI PENYIMPANAN ENERGI (SBPE) BERKAPASITAS BESAR MENGGUNAKAN METODE PEMBELAJARAN MESIN



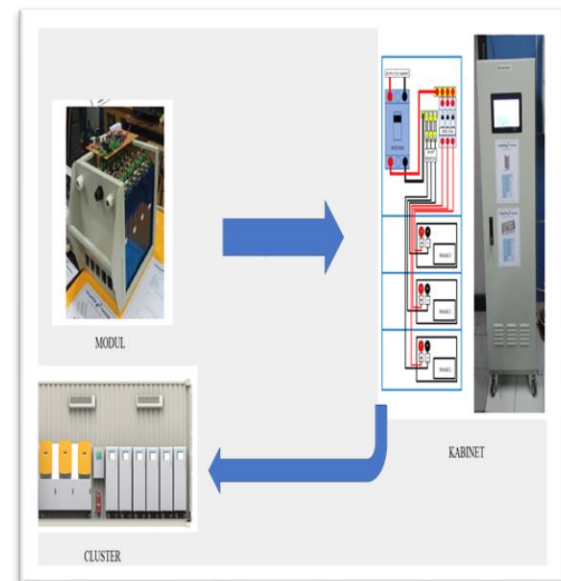
Vany Rizki Febrina*, Edi Leksono¹, Irsyad Nashirul Haq¹

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

*)Penulis Koresponden

PENDAHULUAN

Sistem Baterai Penyimpanan Energi (SBPE) adalah suatu teknologi yang terdiri dari susunan baterai, berfungsi sebagai jembatan antara ketersediaan daya listrik yang tidak dapat diprediksi dan ditransmisikan pada saat dibutuhkan (*intermittent*). SBPE saat ini banyak dimanfaatkan untuk stasioner dan kendaraan listrik. Kendala dalam menggunakan SBPE adalah karena jumlah sel yang banyak sehingga kondisi tiap baterai sel berbeda-beda. Oleh sebab itu tiap SBPE selalu dilengkapi dengan *Battery Management System* merupakan elemen penting dalam SBPE yang berfungsi untuk monitoring, proteksi dan penyetimbang sel. Kinerja BMS berkaitan dengan keandalan pada SBPE yang berguna untuk menilai performa atau kinerja dari suatu sistem sehingga dapat digunakan untuk mempertimbangkan risiko kegagalan yang terjadi. Kegagalan yang mungkin dapat terjadi pada SBPE dapat disebabkan oleh faktor eksternal seperti kegagalan sensor dan koneksi, selain itu karena faktor internal seperti *undervoltage*, *overdischarge*, dan *overheating*. Kegagalan tersebut dapat menyebabkan ketidakseimbangan distribusi suhu pada baterai sehingga baterai bekerja dengan tidak optimal sehingga keandalan menurun. Oleh sebab itu deteksi anomali suhu pada SBPE perlu untuk dilakukan.



SBPE tersusun Deteksi anomali dilakukan pada SBPE kapasitas besar yang terdiri ratusan sel baterai dengan rincian sebagai berikut SBPE tersusun atas 1 cluster baterai tersusun atas 6 kabinet, 1 kabinet terdiri dari 3 modul, dan 1 modul tersusun atas 15 sel yang dipasang seri dengan susunan baterai 7x8 *uneven*

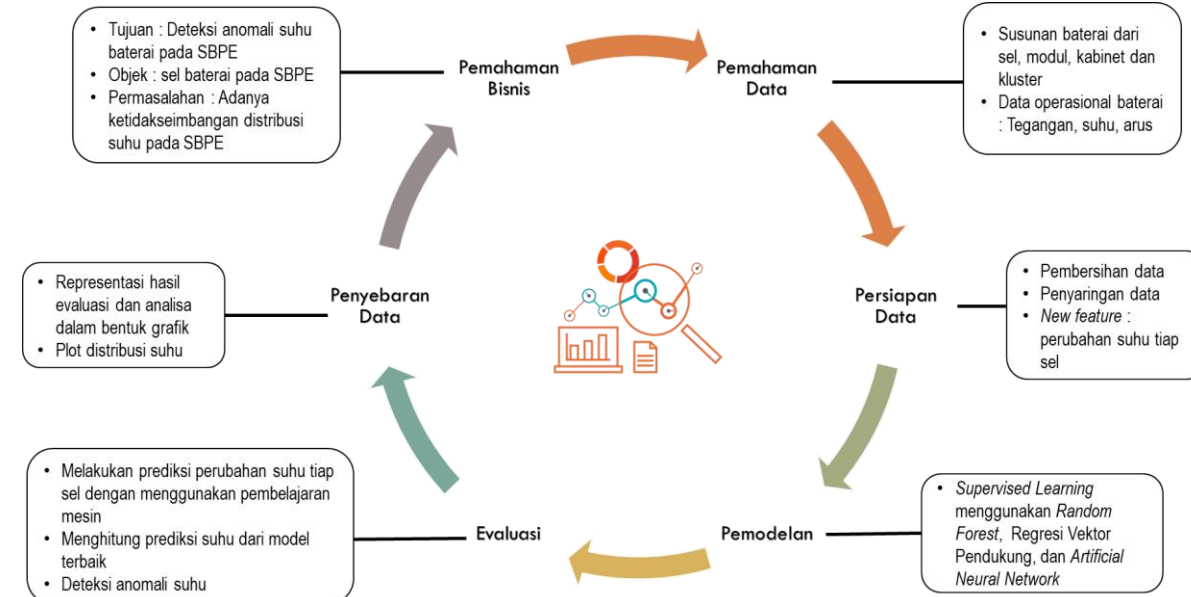
Kegagalan yang terjadi pada SBPE dapat didiagnosa dengan menggunakan tiga pendekatan salah satunya adalah *data-driven method*, metode yang biasa digunakan adalah pembelajaran mesin. Diantaranya adalah *Artificial Neural Network* (ANN), Regresi Vektor Pendukung (RVP), dan *Random Forest* (RF).

TUJUAN

1. Melakukan perbandingan metode pembelajaran mesin untuk prediksi perubahan suhu
2. Menghitung prediksi suhu pada Sistem Baterai Penyimpanan Energi (SBPE) berkapasitas besar menggunakan metode pembelajaran mesin terbaik
3. Menghitung jumlah anomali dengan pendekatan statistik

METODOLOGI PENELITIAN

Sistematika penelitian akan menggunakan CRISP-DM yaitu *Cross-Industry Standard Process for Data Mining*, merupakan standarisasi proses data mining sebagai strategi pemecahan masalah secara umum dari suatu penelitian



Pemahaman Data : SBPE beroperasi dari Oktober 2019 hingga Januari 2020. Data latih yang digunakan adalah pada tanggal 31 Oktober 2019 sedangkan data validasi menggunakan data 11 November 2019. Pada Inspeksi tanggal 6 Februari 2020 ditemukan banyak kegagalan yang terjadi pada sel baterai

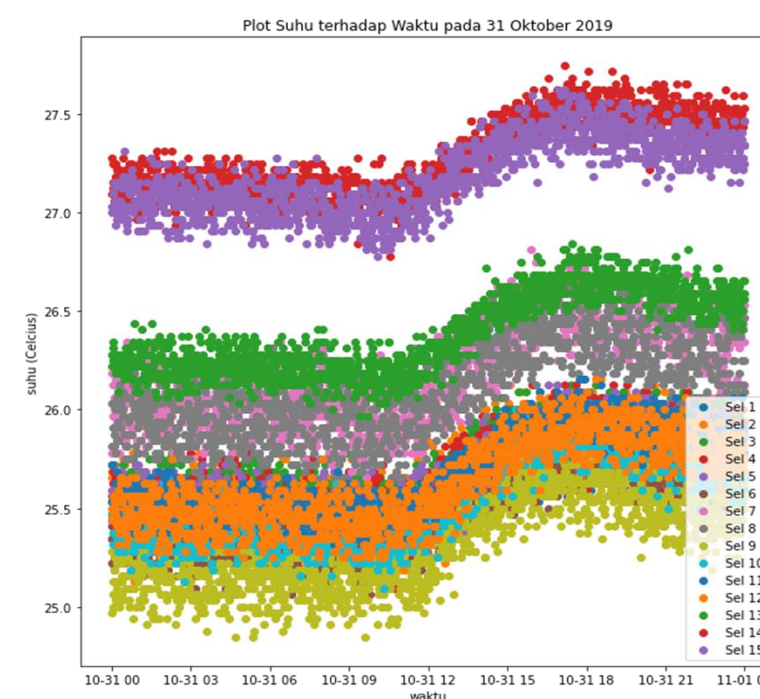
Pemahaman Bisnis : Sistem Baterai Penyimpanan Energi (SBPE) atau Battery Energy Storage System (BESS) berada Gedung 3, Pertamina RTC Pulo Gadung, Jakarta. SBPE dihubungkan dengan jaringan listrik PLN dan Beban listrik Gedung 3

Persiapan Data : Input yang dimasukkan pada pembelajaran mesin adalah tegangan, arus, suhu, posisi sel, dan daya. Sedangkan selanjutnya dilakan prediksi perubahan suhu menggunakan tiga metode pembelajaran mesin, selanjutnya metode terbaik untuk menghitung prediksi suhu dan sebaran pola data serta anomaly. Perubahan suhu (delta suhu) dilakukan dengan menghitung selisih suhu waktu sesudah dikurangi sebelumnya terhadap waktu

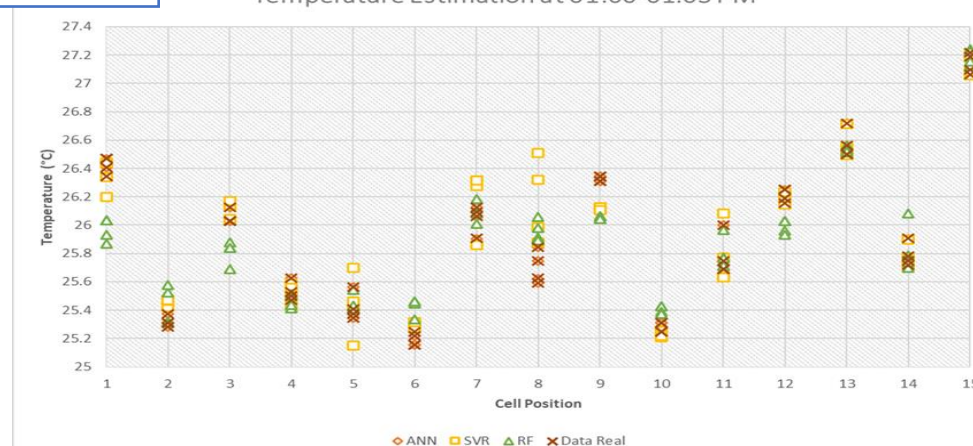
$$\Delta T'_k = \frac{|T_k - T_{k-1}|}{\Delta t}$$

Pemodelan: Prediksi suhu dihitung menggunakan ANN, RF, dan RVP. Ketiga metode harus diplot dan dibandingkan antara suhu pengukuran dan suhu prediksi seperti pada gambar di atas. Model ANN lebih baik dalam menghitung suhu prediksi dibandingkan model RF dan RVP

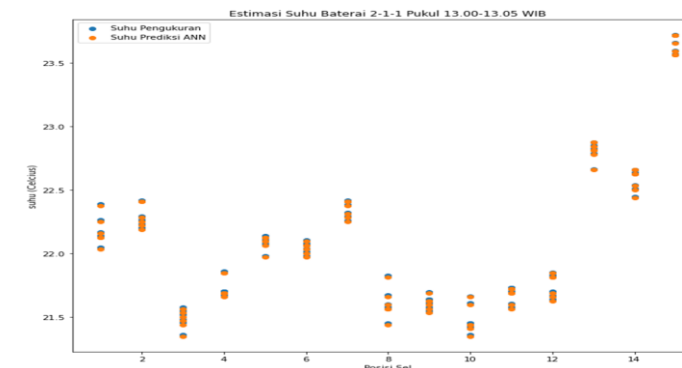
Metode prediksi perubahan suhu	RMSE	MAE
Regresi Vektor Pendukung (RVP)	0.14	0.11
Random Forest (RF)	0.12	0.09
Artificial Neural Network (ANN)	0.13	0.10



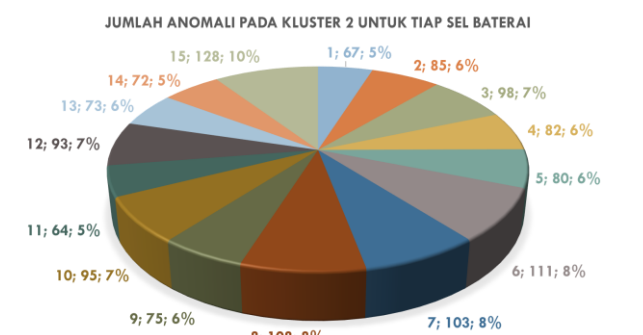
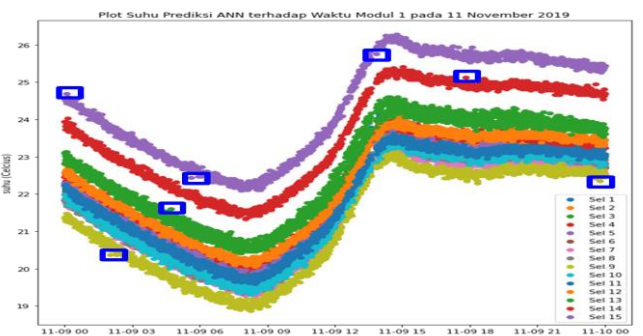
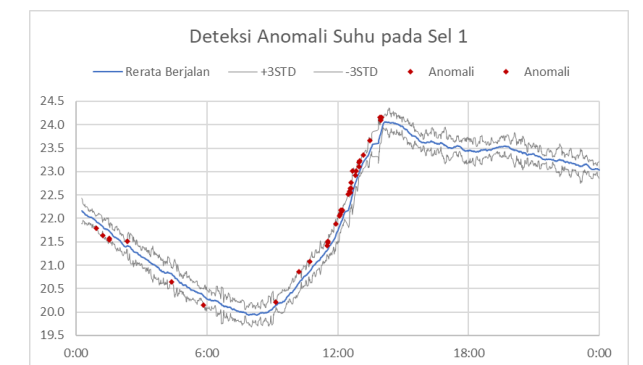
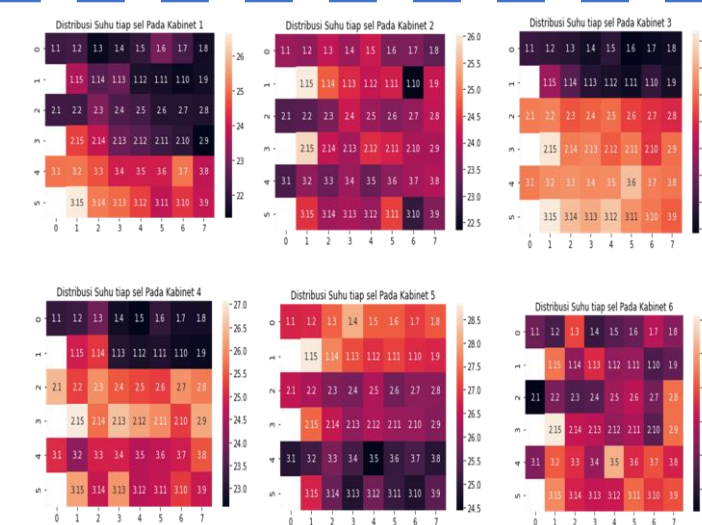
Temperature Estimation at 01.00-01.03 PM



Evaluasi: Model ANN digunakan untuk prediksi suhu pada tanggal 11 November 2019. Distribusi suhu juga diplotkan



Penyebaran: Suhu prediksi ANN ditentukan distribusinya untuk menghitung jumlah anomali/outlier pada Kluster 2. Pendekatan 3 standar deviasi dan distribusi normal akan digunakan. Pada tanggal 11 November 2019 dari pukul 00:00-23:59 WIB dengan sampling time tiap 1 menit. Ditemukan bahwa dari 386.355 data pada kluster 2 terdapat anomali sebesar 1334 data atau 0.34%. Sel 15 paling banyak anomali



KESIMPULAN

1. Berdasarkan model metrik, RF mempunyai nilai error yang sedikit lebih kecil dibandingkan ANN dan RVP untuk prediksi perubahan suhu. Namun ketika model digunakan untuk prediksi suhu baterai, ANN jauh lebih baik dalam prediksi dengan nilai RMSE 0,13 dan MAE 0,10.
2. Model ANN dapat dengan baik melakukan prediksi pada suhu baterai sel, modul, kabinet, dan kluster. ANN pada kasus prediksi suhu mempunyai tingkat error yang lebih kecil dibandingkan RVP dan RF, yaitu sebesar 0.069%. ANN mampu mengatasi masalah multiclass dibandingkan RVP dan RF sehingga model yang dibentuk lebih baik pada tiap layer-nya
3. Pendekatan statistik digunakan untuk menentukan batasan data outlier. Anomali suhu terjadi apabila suhu prediksi berada diluar nilai tiga standar deviasi dengan interval kepercayaan data adalah 99.7%. Diketahui pada data 386355 data kluster diperoleh 1334 data mengalami outlier atau sebesar 0.34% data. Dengan rincian, sel 1 sebesar 67 data;5%, sel 2 sebesar 86 data;6%, sel 3 sebesar 98 data;7%, sel 4 sebesar 82 data;6%, sel 5 sebesar 80;6%, sel 6 sebesar 111 data;8%, sel 7 sebesar 103 data;8%, sel 8 sebesar 108 data;8%, sel 9 sebesar 75 data;6%, sel 10 sebesar 95 data;7%, sel 11 sebesar 64 data;5%, sel 12 sebesar 93 data;7%, sel 13 sebesar 73 data;6%, sel 14 sebesar 72 data;5%, sel 15 sebesar 128 data;10%. Sel 15 mempunyai jumlah anomali paling besar karena dipengaruhi oleh perpindahan kalor secara konveksi dari BMS sehingga menyebabkan kenaikan suhu yang lebih tinggi dibandingkan di sel lainnya. Berdasarkan perhitungan tingkat kabinet, maka kabinet 3 ditemukan banyak anomaly sebesar 233 dari jumlah keseluruhan anomali.