



DETEKSI ANOMALI DAN ANALISIS POTENSI KEGAGALAN SISTEM BATERAI PENYIMPAN ENERGI (SBPE) MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA)

Dhea Intan Patya*, Edi Leksono¹, Irsyad Nashirul Haq¹

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

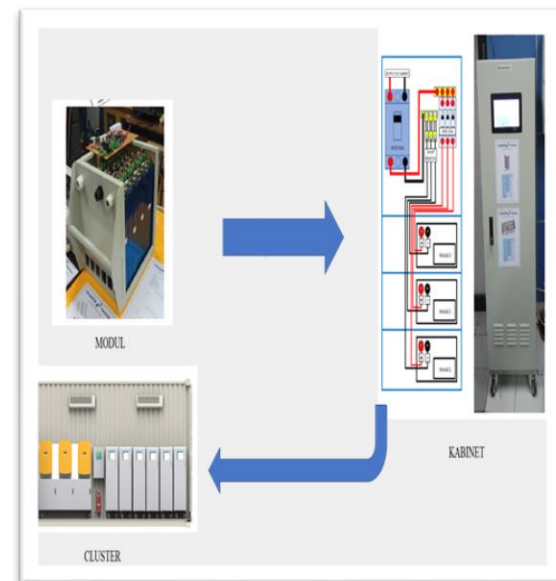
*)Penulis Koresponden



PENDAHULUAN

Sistem Baterai Penyimpanan Energi (SBPE) adalah sekumpulan susunan baterai dlm jml besar, digunakan untuk dapat menyimpan energi listrik dalam jumlah besar kemudian melepaskan energi listrik pada saat dibutuhkan untuk memasok kebutuhan beban listrik. 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 *overcharge*, *overdischarge*, dan *overheating*. Kegagalan tersebut dapat menyebabkan bahaya yang serius, seperti dapat menimbulkan percikan api bahkan ledakan.

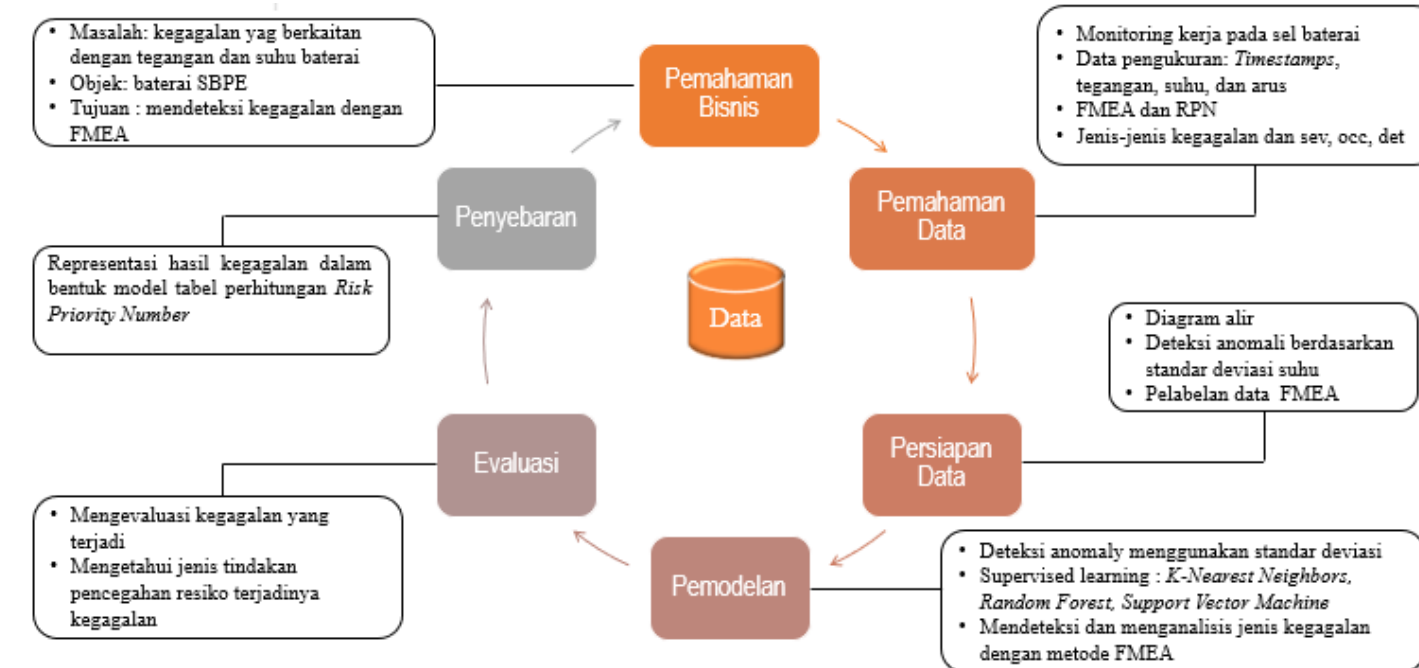


Deteksi anomaly dan potensi kegagalan dilakukan pada SBPE kapasitas besar yang terdiri ratusan sel baterai dengan rincian sebagai berikut SBPE tersusun atas 1 cluster baterai tersusun atas 6 kabinet, 1 kabinet terdiri dari 3 modul, dan 1 modul tersusun atas 15 sel yang dipasang seri dengan susunan baterai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

Potensi kegagalan pada SBPE dapat didiagnosa dengan menggunakan dua pendekatan yaitu *knowledge-based method* menggunakan metode FMEA dan *data-driven method* menggunakan metode pembelajaran mesin. Metode pembelajaran mesin yang digunakan adalah metode *K-Nearest Neighbor* (KNN), *Random Forest* (RF), dan *Support Vector Machine* (SVM)

METODOLOGI PENELITIAN

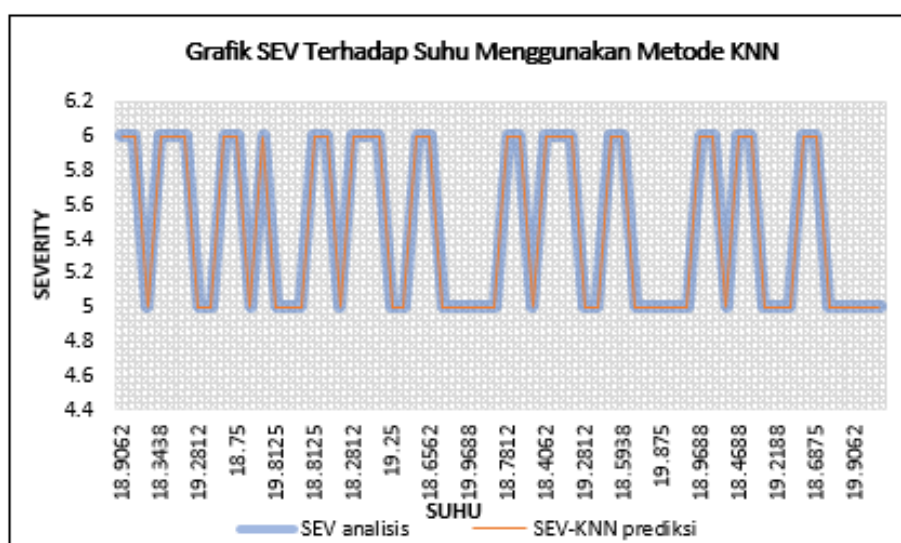
Sistematika penelitian akan menggunakan CRISP-DM yaitu *Cross-Industry Standard Process for Data Mining*, merupakan standarisasi proses data mining sebagai strategi pemecahan masalah secara umum dari suatu penelitian



Pemahaman Bisnis: mengetahui berbagi jenis potensi kegagalan yang terjadi pada SBPE melalui hubungan sebab-akibatnya menggunakan metode FMEA berdasarkan parameter kegagalan yaitu *severity*, *occurrence*, *detection*, dan *Risk Priority Number* (RPN), sehingga dapat ditentukan Tindakan pencegahan dari resiko potensi kegagalan yang terjadi.

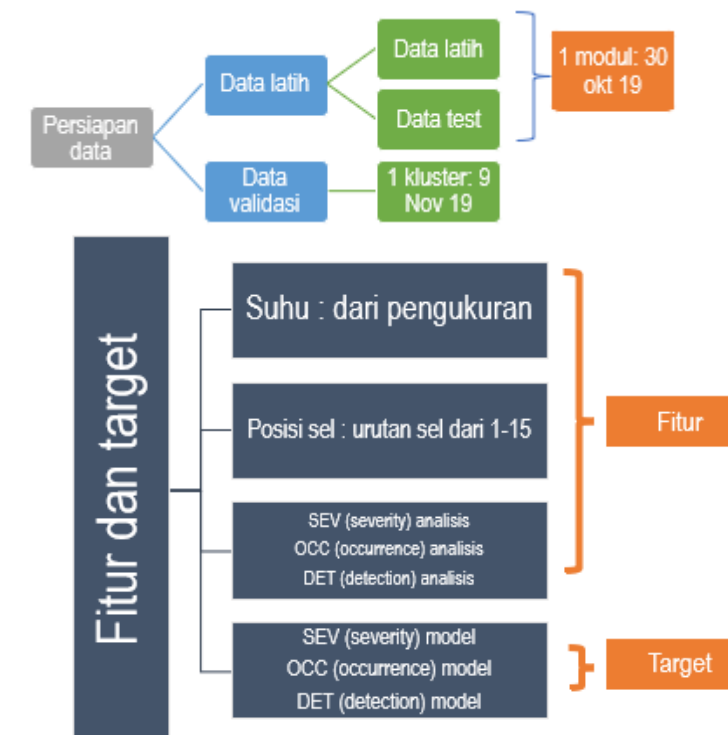
Rank	Teknik Maintenance	Kriteria	Kategori (Akula, dkk 2021)
1	Corrective Maintenance	RPN > 300	Red
2	Preventive Maintenance	200 < RPN < 300	Yellow
3	Predictive Maintenance	RPN < 200	Green

Pemodelan: Prediksi rentang *severity*, *occurrence*, *detection*, dan RPN dihitung menggunakan KNN, RF, dan MVP. Ketiga metode kemudian diplot dan dibandingkan berdasarkan model metrics sehingga diperoleh model terbaik yaitu model KNN.



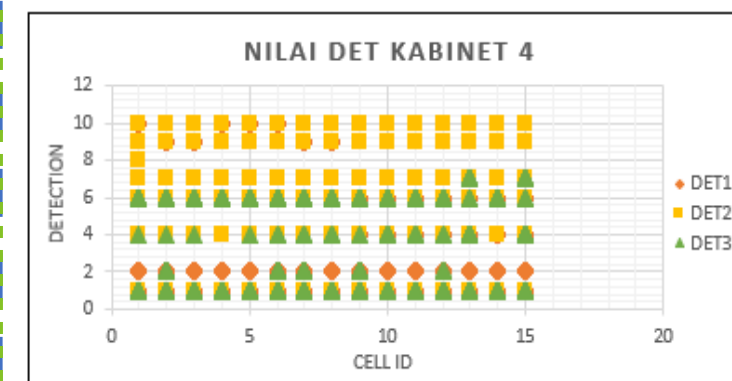
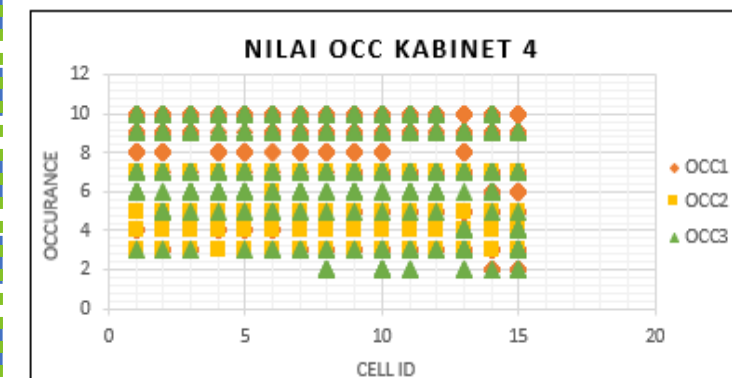
Pemahaman Data: SBPE beroperasi dari Oktober 2019 hingga Januari 2020. Data latih yang digunakan adalah pada tanggal 30 Oktober 2019 sedangkan data validasi menggunakan data 9 November 2019. Pada Inspeksi tanggal 6 Februari 2020 ditemukan banyak kegagalan yang terjadi pada sel baterai

Persiapan Data:

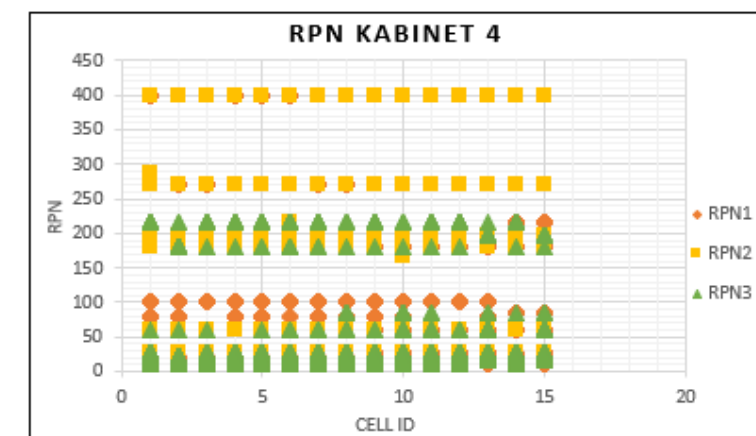
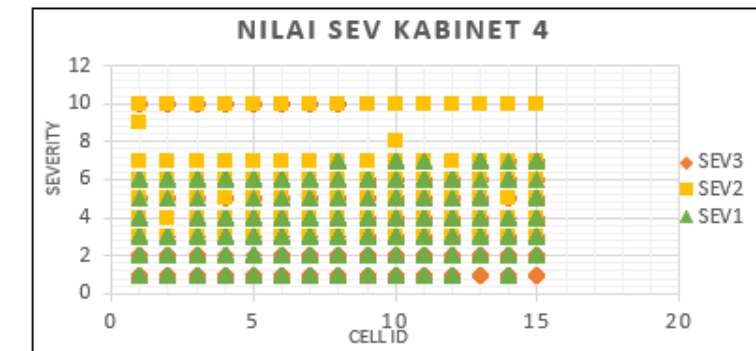
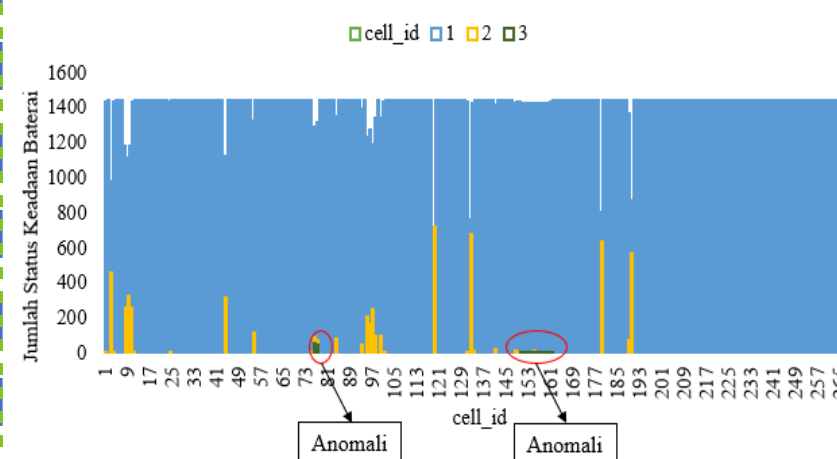


Metode Prediksi Model	Akurasi	Presisi	Recall
<i>K-Nearest Neighbors</i>	0,99	0,98	1,00
<i>Random Forest</i> (RF)	1,00	1,00	0,31
Klasifikasi Vektor Pendukung (KVP)	0,60	0,44	0,60

Evaluasi: Berdasarkan model terbaik KNN diperoleh hasil prediksi tingkat resiko kegagalan tertinggi (RPN) pada cabinet 4 modul 2 dan 3 dengan potensi kegagalan baterai kembung, Penurunan kapasitas dan energi 1 cluster, dan estimasi kesalahan pengukuran suhu.



Grafik Jumlah Status Keadaan Baterai



Kabinet	Modul	RPN Terbanyak	Rank	Teknik Maintenance
1	1	± 100	5	Predictive Maintenance
	2	± 100	5	Predictive Maintenance
	3	± 100	5	Predictive Maintenance
2	1	± 100	5	Predictive Maintenance
	2	± 100	5	Predictive Maintenance
	3	± 100	5	Predictive Maintenance
3	1	± 100	5	Predictive Maintenance
	2	± 60	6	Predictive Maintenance
	3	± 180	3	Predictive Maintenance
4	1	± 170	4	Predictive Maintenance
	2	± 400	1	Corrective Maintenance
	3	± 210	2	Preventive Maintenance
5	1	± 180	3	Predictive Maintenance
	2	± 60	6	Predictive Maintenance
	3	± 60	6	Predictive Maintenance
6	1	± 100	5	Predictive Maintenance
	2	± 60	6	Predictive Maintenance
	3	± 60	6	Predictive Maintenance

KESIMPULAN

- Model KNN merupakan model terbaik dibandingkan model RF dan KVP, karena KNN tahan terhadap data dengan jumlah besar dan terdiri dari banyak data anomaly, serta metode KNN menentukan hasil prediksi klasifikasi berdasarkan jarak terdekat dari masing-masing *datapoint* pada *dataset* sebagai penentuan kelasnya. Hal ini menunjukkan adanya kesamaan dengan metode FMEA dalam menentukan nilai SEV, OCC, dan DET berdasarkan nilai suhu SBPE. Sedangkan konsep kedua metode lainnya tidak memiliki kesamaan dengan konsep FMEA yang mengklasifikasikan dengan banyak kategori.
- Berdasarkan analisis statistik, pada data tes tanggal 9 November 2019 pukul 00:00 hingga 23:59 WIB yang berjumlah 270 data atau 270 sel baterai dengan pengukuran suhu per menit dalam 1 *cluster* ditemukan anomaly sebanyak 231, *warning* atau sel dalam keadaan peringatan sebanyak 6015, dan sisanya sebanyak 382284 dalam keadaan normal.
- Anomali-anomali yang terjadi pada seluruh sel *cluster* 2 ini disebabkan oleh adanya kegagalan sensor suhu, ketidaksetimbangan pengisian atau pengosongan baterai, dan adanya penurunan kinerja pada baterai.