



PENINGKATAN KINERJA PENYETIMBANGAN KONDISI MUATAN SISTEM BATERAI PADA TOPOLOGI *PACK-TO-CELL* BERBASIS LOGIKA FUZZY

Adhita Reztin Widayaksa^{1*}, Edi Leksono¹, Irsyad Nashirul Haq¹

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

^{*}Penulis Koresponden

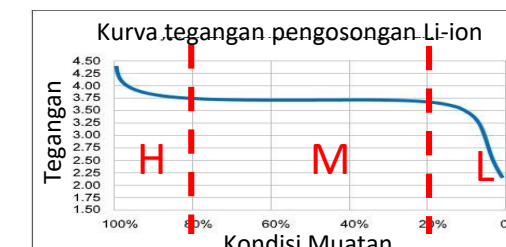


PENDAHULUAN

Penggunaan baterai sebagai sistem penyimpanan energi kendaraan listrik dalam skala besar yang biasanya terdiri dari sel-sel baterai yang disusun secara seri dan paralel untuk memenuhi kebutuhan daya. Namun, karakteristik baterai yang tidak konsisten seperti hambatan internal, kapasitas awal, usia sel baterai, dan lain-lain, dapat mengakibatkan ketidaksetimbangan pada level paket baterai. Jika tidak ditanggulangi akan mengakibatkan pengisian dan pengosongan berlebih yang selanjutnya akan mempengaruhi pada usia baterai, total kapasitas yang akan makin berkurang, dan bahaya keamanan. Maka perlu adanya penyetimbangan baterai, dimana metode aktif lebih cocok untuk diaplikasikan ke baterai lithium-ion karena sifatnya yang non-disipatif.

RUMUSAN MASALAH

Metode aktif dibagi menjadi beberapa topologi, dan **topologi pack to cell (P2C)** yang memiliki komponen penyetimbang paling sederhana cocok untuk aplikasi daya tinggi.



Berdasarkan karakteristik kurva tegangan dari baterai lithium-ion, yang terdiri dari tiga bagian, dengan batas samar.

Berdasarkan karakteristik kurva tegangan dari baterai lithium-ion, yang terdiri dari tiga bagian, dengan batas samar di daerah Kondisi Muatan (KM) 20% dan 80%, maka penyetimbang berbasis tegangan (PBT) tidak dapat mempresentasikan ketidaksetimbangan baterai. Sedangkan untuk penyetimbang berbasis KM (PBS) dapat menunjukkan ketidaksetimbangan baterai, namun keakuratan nilai KM ditentukan oleh metode estimasi yang digunakan. Maka dipilih algoritma Logika Fuzzy untuk mengatasi batas samar, dengan mengkombinasikan algoritma PBT dan PBS.

TUJUAN PENELITIAN

1. Mengembangkan algoritma penyetimbang sel aktif yang dapat mengatasi kendala samar pada kurva karakteristik baterai
2. Menentukan mekanisme kontrol berdasarkan tegangan dan kondisi muatan baterai
3. Mendapatkan pengaruh mekanisme kontrol terhadap waktu dan jumlah pensaklaran penyetimbang sel aktif

METODOLOGI PENELITIAN

Tahap 1: Pemodelan Baterai

Model pengosongan ($i^* > 0$) (Tremblay, 2009)

$$V_1 = E_0 - K_1 \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot i^* - K_2 \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot it + A \cdot \exp(-B \cdot it)$$

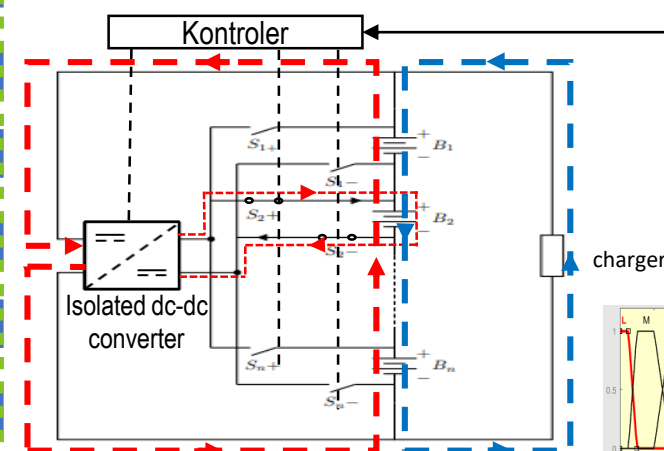
Model pengisian ($i^* < 0$)

$$V_2 = E_0 - K_1 \cdot \frac{Q}{Q - \alpha \cdot it} \cdot i^* - K_2 \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot it + A \cdot \exp(-B \cdot it)$$

Estimasi Kondisi Muatan (dokumentasi Matlab):
Metode *Coulomb Counting*

$$KM = 100 \left(1 - \frac{1}{Q} \int_0^t i(t) dt \right)$$

Tahap 2: Perancangan Topologi *Pack to Cell*



Tahap 3: Pengembangan Algoritma Logika Fuzzy

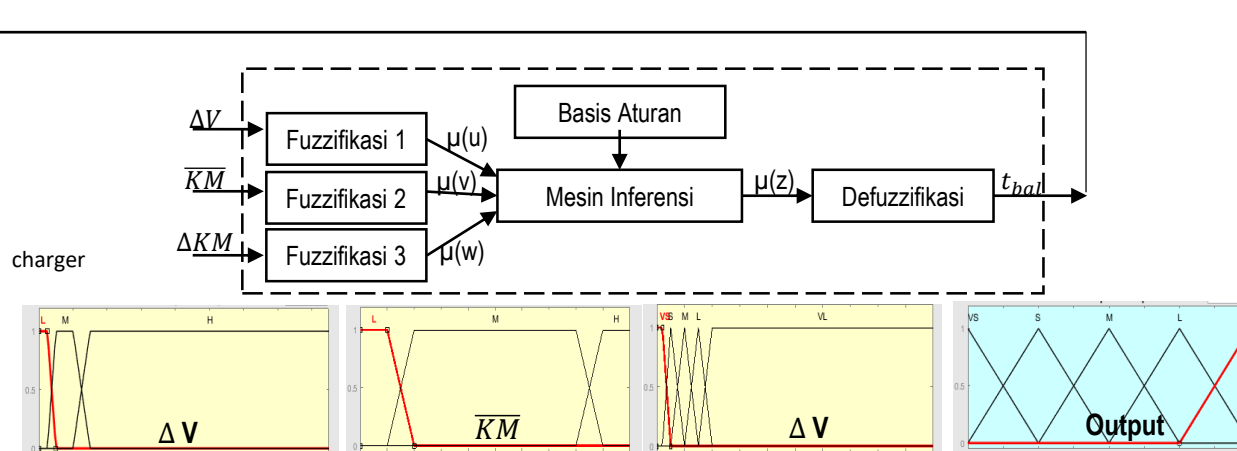
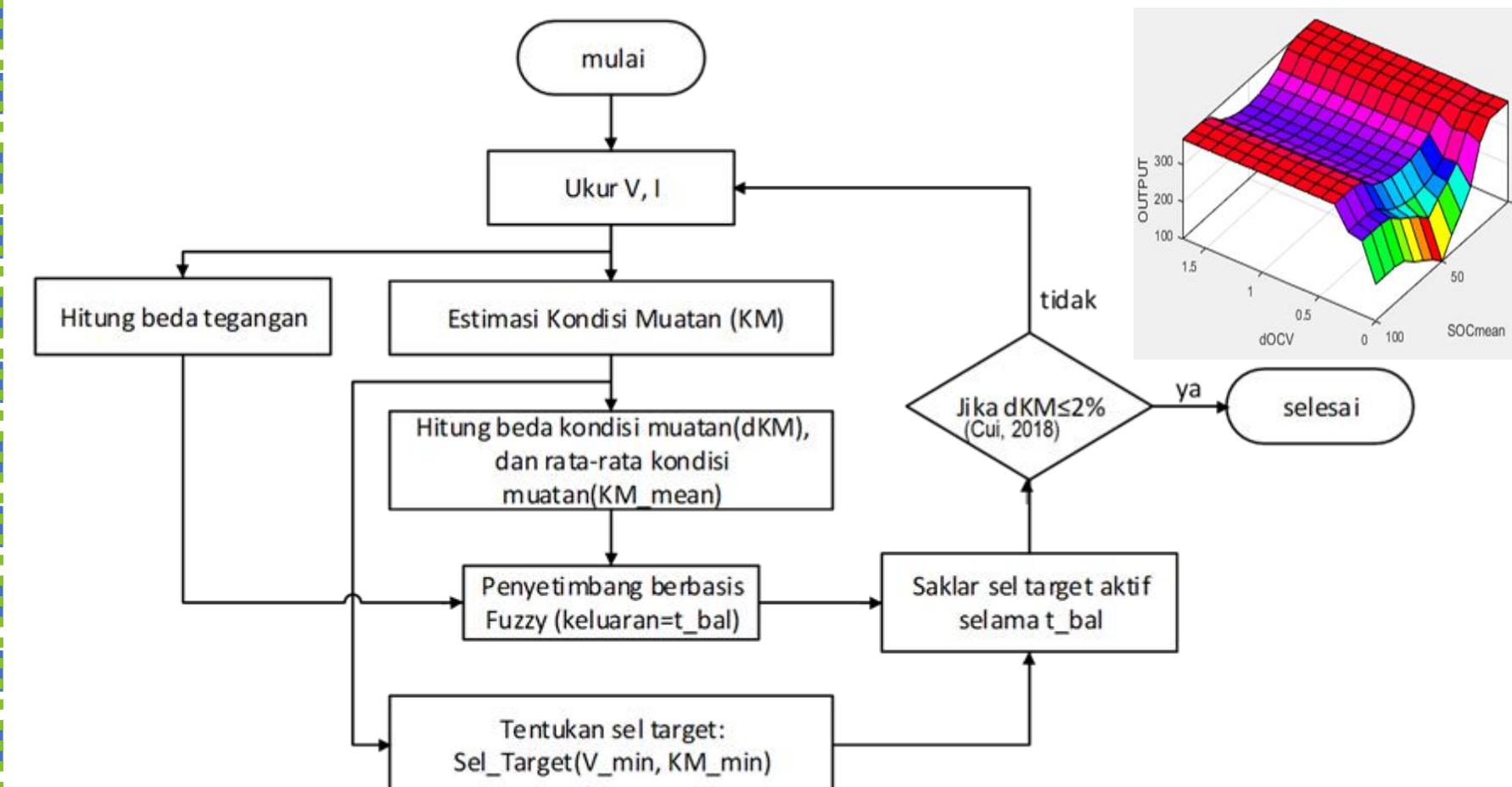
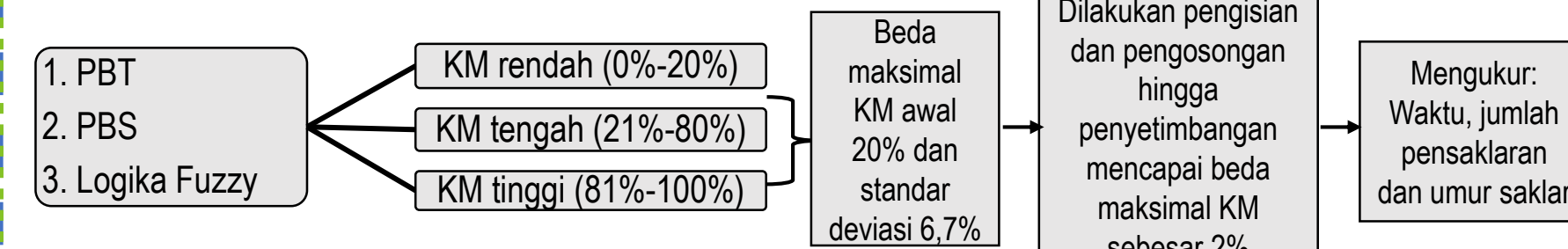


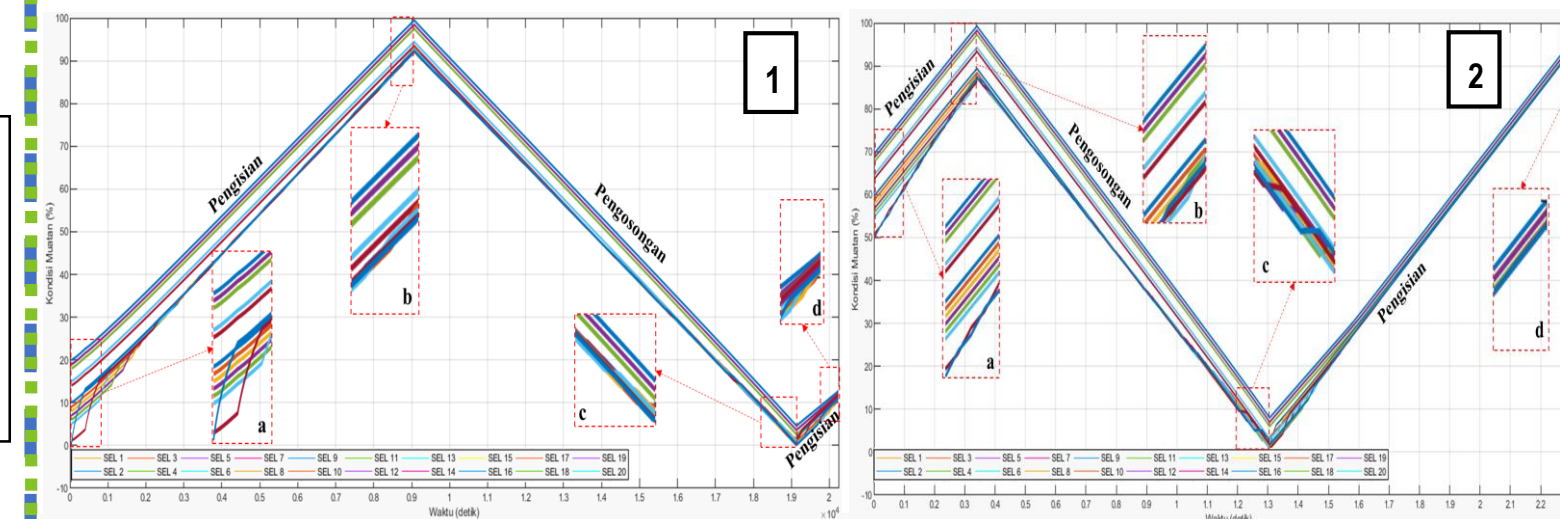
Diagram alir Penyetimbang Logika Fuzzy



Tahap 4: Skenario Simulasi



HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN



KET:

Gratik penyetimbangan KM 20 sel dengan **Logika Fuzzy**, dengan KM awal di daerah:

1. RENDAH
2. TENGAH
3. TINGGI

Perbandingan selisih Waktu Penyetimbangan (WP) dan Persentase berkurangnya Jumlah Pensaklaran (JP) Logika Fuzzy terhadap PBT dan PBS.

Algoritma	KM Awal					
	Rendah		Tengah		Tinggi	
	WP (s)	JP (kali)	WP (s)	JP (kali)	WP (s)	JP (kali)
PBT	23.361	1.359	26.664	1.500	33.147	1.318
PBS	23.307	1.349	26.610	1.484	29.355	1.354
Logika Fuzzy	20.259	94	23.438	164	24.166	225

Perbandingan Masa hidup Saklar (MHS) dan efisiensi energi (η) yang melewati saklar

Algoritma	KM Awal					
	Rendah		Tengah		Tinggi	
	MHS (jam)	η (%)	MHS (jam)	η (%)	MHS (jam)	η (%)
PBT	477	95,37	493	95,37	698	95,39
PBS	479	95,37	498	95,37	602	95,38
Logika Fuzzy	5.988	95,45	3.970	95,44	2.984	95,44

Contoh penggunaan saklar jenis mekanikal relay tipe HRS2H-S-DC5V yang memiliki ekspektasi masa hidup saklar sebesar 100.000 kali operasi

$$\eta = \frac{\text{Energi keluar dari saklar}}{\text{Energi masuk menuju saklar}} \times 100\%$$

$$\text{MHS} = \frac{\text{ekspektasi masa hidup saklar}}{\text{Jumlah pensaklaran}}$$

KESIMPULAN

Penyetimbangan menggunakan Algoritma Logika Fuzzy terbukti lebih unggul dibandingkan PBT dan PBS dalam hal waktu pnyetimbangan yang lebih cepat, dan juga jumlah pensaklaran yang lebih sedikit sehingga mempengaruhi usia saklar dan juga efisiensi energi di daerah saklar.