UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan terhadap Karakteristik Material Baterai dan Konsumsi
Energi pada Proses Daur Ulang Mekanis Baterai Lithium Ion 18650 Jenis NMC**
Ibnu Sina, Ir. Muslim Mahardika, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM., ASEAN Eng.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

# DAFTAR ISI

**HALAMAN JUDUL** i
**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI** ii
**LEMBAR PENGESAHAN** iii
**PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI** iv
**NASKAH SOAL TUGAS AKHIR** v
**HALAMAN PERSEMBAHAN** vi
**KATA PENGANTAR** vii
**DAFTAR ISI** ix
**DAFTAR GAMBAR** xii
**DAFTAR TABEL** xv
**DAFTAR LAMPIRAN** xvi
**DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN** xvii
**INTISARI** xx
**ABSTRACT** xxi
**BAB 1 PENDAHULUAN** 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah dan Asumsi Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
**BAB II TINJAUAN PUSTAKA** 5
2.1 Daur Ulang Mekanis 5
2.1.1 *Crushing* 5
2.1.2 *Ball Milling* 8
2.1.3 Pemilihan Ukuran Ayakan (*Mesh*) dan Distribusi Material 9
2.2 Pemanasan pada Daur Ulang Baterai *Lithium Ion* 10
2.2.1 Rentang Temperatur Degradasi Elektrolit dan *Binder* 10
2.2.2 Pemanasan 13
2.3 *Specific Energy Consumption* (SEC) 15
2.4 Tinjauan Penelitian Terdahulu 18

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan terhadap Karakteristik Material Baterai dan Konsumsi
Energi pada Proses Daur Ulang Mekanis Baterai Lithium Ion 18650 Jenis NMC**
Ibnu Sina, Ir. Muslim Mahardika, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM., ASEAN Eng.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

**BAB III LANDASAN TEORI** **20**
3.1 Baterai *Lithium ion* 20
3.2 Struktur Baterai *Lithium ion* 23
3.3 *Black mass* 24
3.4 Proses Mekanis Daur Ulang Baterai *Lithium Ion* 25
3.5 Daya Listrik dan Energi Listrik 28
3.6 *Specific Energy Consumption* (SEC) 31
**BAB IV METODE PENELITIAN** **34**
4.1 Diagram Alir Penelitian 34
4.2 Alat dan Bahan Penelitian 35
4.2.1 Alat Penelitian 35
4.2.2 Bahan Penelitian 40
4.3 Tempat Penelitian 40
4.4 Prosedur Penelitian 40
4.4.1 Daur Ulang Mekanis Baterai 40
4.4.2 Pengukuran Arus dan Tegangan 45
4.5 *Design of Experiment* 46
4.5.1 Faktor dan Level Perlakuan 46
4.5.2 Kombinasi Perlakuan 47
4.5.3 Parameter Respons dan Data yang Dianalisis 47
**BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN** **49**
5.1 Karakteristik Baterai dan *Black mass* 49
5.1.1 Pemanasan 49
5.1.2 *Crushing* 51
5.1.3 *Sieving* 1 53
5.1.4 *Ball mill* 56
5.1.5 *Sieving* 2 58
5.1.6 Proporsi Perolehan *Black Mass* terhadap Massa Awal Baterai 66
5.2 Energi Proses Daur Ulang Mekanis 68
5.2.1 Pemanasan 68
5.2.2 *Crushing* 1 69
5.2.3 *Crushing* 2 71

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan terhadap Karakteristik Material Baterai dan Konsumsi
Energi pada Proses Daur Ulang Mekanis Baterai Lithium Ion 18650 Jenis NMC**
Ibnu Sina, Ir. Muslim Mahardika, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM., ASEAN Eng.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

5.2.4 *Sieving* 1 73
5.2.5 *Ball mill* 74
5.2.6 *Sieving* 2 76
5.2.7 *Specfic Energy Consumption* total 77
5.2.8 Proporsi Konsumsi Energi setiap Proses 81
**BAB VI PENUTUP** **84**
6.1 Kesimpulan 84
6.2 Saran 85
**DAFTAR PUSTAKA** **86**
**LAMPIRAN** **91**