PENGARUH VARIASI TEMPERATUR THERMAL TREATMENT PASCA-CRUSHING TERHADAP RECOVERY MATERIAL BLACK MASS
PADA PRE-TREATMENT DAUR ULANG BATERAI LITHIUM-ION 18650
Ganendra Bagas Verelian, Dr. Ir. Urip Agus Salim S.T., M.Eng.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL BAHASA INDONESIA i
HALAMAN JUDUL BAHASA INGGRIS ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iv
HALAMAN PERSEMBAHAN v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR viii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR LAMPIRAN xi
INTISARI xii
ABSTRACT xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Batasan Masalah 4
1.4 Tujuan Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Perkembangan Baterai *Lithium-ion* dan Urgensi Daur Ulang 6
2.2 Kerusakan Mekanis dan Kominusi pada Baterai *Lithium-ion* 11
2.3 Mekanisme *Thermal treatment* Pasca-*Crushing* 15
2.4 Mekanisme Pemisahan Fisik dan Klasifikasi Ukuran 20
BAB III LANDASAN TEORI 25
3.1 Baterai *Lithium-ion* dan Prinsip Operasi Elektrokimia 25
3.1.1 Mekanisme Transfer Ion pada Proses *Charging* dan 25
3.1.2 Energi Kimia Tersimpan dan Fenomena *Residual Voltage* 27
3.1.3 Implikasi *Safety* pada *Pre-treatment* Daur Ulang 27
3.1.4 Metode Discharging dan Penentuan Ambang Batas Aman 28

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR THERMAL TREATMENT PASCA-CRUSHING TERHADAP RECOVERY MATERIAL BLACK MASS
PADA PRE-TREATMENT DAUR ULANG BATERAI LITHIUM-ION 18650
Ganendra Bagas Verelian, Dr. Ir. Urip Agus Salim S.T., M.Eng.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.1.5 Relevansi Terhadap Metodologi Penelitian 29
3.2 Struktur dan Material Penyusun Baterai *Lithium-ion* 18650 29
3.2.1 Cangkang (*Shell)* 31
3.2.2 *Jellyroll* dan Material Penyusunnya 32
3.2.3 Penutup Terminal Positif (Cap) 37
3.2.4 Ringkasan Parameter Termal dan Jendela Operasi *Heat treatment* 38
3.3 Mekanisme Degradasi Termal *Binder* PVDF 40
3.3.1 Struktur Molekuler PVDF dan Perannya sebagai *Binder* 40
3.3.2 Jalur Reaksi Degradasi Termal PVDF 41
3.3.3 Pengaruh Atmosfer Oksidatif terhadap Dinamika Degradasi 44
3.3.4 Justifikasi Rentang Temperatur 320–480 °C 45
3.4 *Thermal Treatment* Baterai *Lithium-ion* 18650 47
3.5 *Black mass* 48
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 53
4.1 Alat dan Bahan 54
4.1.1 Alat Penelitian 54
4.1.2 Bahan Penelitian 62
4.2 Prosedur Penelitian 63
4.3 Variabel dan Parameter Penelitian 68
4.3.1 Variabel Bebas 68
4.3.2 Variabel Terikat 68
4.3.3 Variabel Terkontrol 69
4.3.4 Jumlah Sampel dan Pengulangan 70
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 72
5.1 Pemisahan (*Dismantling*) 72
5.2 Penghancuran (*Crushing*) 77
5.3 Perlakuan Panas Pasca-Crushing (Heat treatment) 80
5.4 Penggilingan (*Ball milling*) 88
5.5 Pengayakan (*Sieving*) 95
5.6 Hasil *Pre-treatment* Daur Ulang Baterai *Lithium-ion* 98
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 105
6.1 Kesimpulan 105

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR THERMAL TREATMENT PASCA-CRUSHING TERHADAP RECOVERY MATERIAL BLACK MASS
PADA PRE-TREATMENT DAUR ULANG BATERAI LITHIUM-ION 18650
Ganendra Bagas Verelian, Dr. Ir. Urip Agus Salim S.T., M.Eng.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6.2 Saran 106

DAFTAR PUSTAKA 107

LAMPIRAN 114