

LAPORAN HASIL PENELITIAN
PEMULIHAN MnO_2 DARI LIMBAH *DRY CELL* MELALUI PROSES
HIDROMETALURGI: RSM (*RESPONSE SURFACE METHODOLOGY*)



Disusun oleh:

MUCHAMMAD FAHRIZAL HANIF

NPM. 22031010003

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
SURABAYA

2026



Laporan Hasil Penelitian

"Pemulihan MnO_2 dari Limbah *Dry Cell* melalui Proses Hidrometalurgi: RSM (*Response Surface Methodology*)"

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN HASIL PENELITIAN PEMULIHAN MnO_2 DARI LIMBAH *DRY CELL* MELALUI PROSES HIDROMETALURGI: RSM (*RESPONSE SURFACE METHODOLOGY*)

Disusun oleh:

Muchammad Fahrizal Hanif

22031010003

Telah dipertahankan dan diterima oleh Dosen Pembimbing dan Penguji

Pada tanggal : 25 November 2025

Tim Penguji

Pemibimbing

1.

Ir. Caecilia Pujiastuti, M.T.

NIP. 19630305 198803 2 001

Erwan Adi Saputro, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 19800410 200501 1 001

2.

Ir. Elv Kurniati, M.T.

NIP. 19641018 199203 2 001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.

NIP. 19650403 199103 2 001



Laporan Hasil Penelitian

"Pemulihan MnO_2 dari Limbah *Dry Cell* melalui Proses Hidrometalurgi: RSM (*Response Surface Methodology*)"

KETERANGAN REVISI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: 1. Muchammad Fahrizal Hanif NPM. 22031010003

2. Muhandis Akbar Winaji NPM. 22031010006

Telah mengerjakan revisi / tidak ada revisi laporan hasil penelitian, dengan

Judul :

**"PEMULIHAN MnO_2 DARI LIMBAH *DRY CELL* MELALUI PROSES
HIDROMETALURGI: RSM (*RESPONSE SURFACE METHODOLOGY*)"**

Surabaya, 9 Januari 2026

Dosen penguji yang memerintahkan revisi:

1. Ir. Caccilia Pujiastuti, M.T.
NIP. 19630305 198803 2 001

(.....)

2. Ir. Ely Kurniati, M.T.
NIP. 19641018 199203 2 001

(.....)

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Erwan Adi Saputro, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 19800410 200501 1 001



Laporan Hasil Penelitian

"Pemulihan MnO_2 dari Limbah *Dry Cell* melalui Proses Hidrometalurgi: RSM (*Response Surface Methodology*)"

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muchammad Fahrizal Hanif
NPM : 22031010003
Program : Sarjana (S1)/~~Magister (S2)~~/~~Doktor (S3)~~
Program Studi : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik & Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi* ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi/Tesis/Desertasi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 9 Januari 2026

Yang membuat pernyataan



Muchammad Fahrizal Hanif

NPM. 22031010003



Laporan Hasil Penelitian

“Pemulihan MnO_2 dari Limbah *Dry Cell* melalui Proses Hidrometalurgi: RSM (*Response Surface Methodology*)”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga laporan hasil penelitian dengan judul “Pemulihan MnO_2 dari Limbah *Dry Cell* melalui Proses Hidrometalurgi: RSM (*Response Surface Methodology*)” dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian ini dilaksanakan dengan dukungan penuh dari akademisi dan institusi terkait. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Dr. Ir. Sintha Soraya Santi, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Erwan Adi Saputro, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Penelitian penyusun, pendidik dan pribadi terbaik yang mendampingi penyusun menjalani pilihan untuk mendalami ilmu teknik kimia secara mendalam.
4. Ir. Caecilia Pujiastuti, M.T., selaku Dosen Penguji dalam penelitian ini.
5. Ir. Ely Kurniati, M.T., selaku Dosen Penguji dalam penelitian ini.
6. Kedua orang tua saya yang senantiasa memberikan motivasi dan semangat baik moril maupun materi.
7. Mira Sri Rahayu Maharani, selaku pasangan yang senantiasa mendukung, memotivasi, dan menjadi tempat berkeluh-kesah Penulis dalam penyusunan hasil penelitian ini
8. Teman-teman yang telah mendukung dan memberikan dukungan pada penyusun dalam hal proses penelitian.

Kami menyadari masih terdapat kekurangan dalam penyusunan laporan hasil penelitian ini. Kami mengharapkan saran dan kritik yang membangun atas laporan hasil penelitian ini. Akhir kata, kami mohon maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, apabila dalam penyusunan laporan ini penyusun melakukan kesalahan baik yang disengaja maupun tidak disengaja.

Surabaya, 9 Januari 2026



Laporan Hasil Penelitian

“Pemulihan MnO_2 dari Limbah *Dry Cell* melalui Proses Hidrometalurgi: RSM (*Response Surface Methodology*)”

Penulis



Laporan Hasil Penelitian

“Pemulihan MnO_2 dari Limbah *Dry Cell* melalui Proses Hidrometalurgi: RSM (*Response Surface Methodology*)”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KETERANGAN REVISI.....	ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
INTISARI.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan	3
I.3 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Teori Umum.....	4
II.1.1 Baterai <i>Dry Cell</i>	4
II.1.2 Senyawa Mangan (IV) Oksida (MnO_2)	5
II.1.3 Kegunaan Mangan(IV) Oksida (MnO_2)	7
II.1.4 Bahaya Mangan(IV) Oksida (MnO_2).....	7
II.2 Landasan Teori.....	8
II.2.1 Metode Hidrometalurgi.....	8
II.2.1.1 <i>Leaching</i> Logam Mangan Pada Metode Hidrometalurgi	9
II.2.1.2 Pemurnian Logam Mangan Melalui Presipitasi Pada Metode Hidrometalurgi	10
II.2.2 <i>Leaching</i> Logam dengan Gelombang Mikro	12
II.2.3 Mekanisme Reaksi.....	12
II.2.4 <i>Response Surface Methodology</i> (RSM).....	13
II.2.5 Faktor-Faktor yang Memengaruhi <i>Leaching</i>	16
II.3 Hipotesis	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	18
III.1 Bahan Baku Penelitian.....	18



Laporan Hasil Penelitian

“Pemulihan MnO_2 dari Limbah *Dry Cell* melalui Proses Hidrometalurgi: RSM (*Response Surface Methodology*)”

III.2	Alat Penelitian.....	18
III.3	Rangkaian Alat.....	19
III.4	Variabel Penelitian.....	19
III.4.1	Kondisi yang ditetapkan	19
III.4.2	Kondisi yang dijalankan	20
III.5	Prosedur dan Diagram Alir	20
III.5.1	Prosedur	20
III.5.2	Diagram Alir	21
III.6	Analisis	22
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	25
IV.1	Hasil Penelitian	25
IV.1.1	Uji Hasil Pemulihan MnO_2	25
IV.1.2	Pengaruh Konsentrasi Reduktan Pada Pemulihan MnO_2	27
IV.2.	Optimasi Menggunakan <i>Response Surface Methodology</i> (RSM).....	30
IV.3	Standar MnO_2 Komersial	35
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
V.1	Kesimpulan.....	38
V.2	Saran	38
DAFTAR PUSTAKA		39
LAMPIRAN		45



Laporan Hasil Penelitian

“Pemulihan MnO_2 dari Limbah *Dry Cell* melalui Proses Hidrometalurgi: RSM (*Response Surface Methodology*)”

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Rangkaian Baterai Dry cell.....	4
Gambar II. 2 (a) Struktur dari α - MnO_2 tersusun atas rantai ganda MnO_6 oktahedral. (b) β - MnO_2 tersusun atas rantai Tunggal MnO_6 oktahedral.....	6
Gambar II. 3 Diagram Eh-pH sistem Mn-Zn- H_2O pada suhu, $25^\circ\text{C} \pm 0,5$	11
Gambar II. 4 Penyusunan titik pada CCD.....	14
Gambar II. 5 Contoh dari BBD tiga faktor	15
Gambar III. 1 Komponen Baterai ABC	18
Gambar III. 2 Rangkaian alat Leaching gelombang mikro.....	19
Gambar III. 3 Diagram alir preparasi sampel.....	21
Gambar III. 4 Diagram alir leaching dengan gelombang mikro	22
Gambar III. 5 Diagram alir presipitasi oksidatif.....	22
Gambar IV. 1 Grafik pengaruh jumlah reduktan terhadap tingkat pemulihan (recovery)	28
Gambar IV. 2 Plot Predicted vs. Actual.....	33
Gambar IV. 3 (a) Grafik Contour dan (b) grafik Respon 3D yang menunjukkan interaksi antara jumlah reduktan H_2O_2 sebagai A dan Waktu sebagai B terhadap recovery mangan	34



Laporan Hasil Penelitian

“Pemulihan MnO_2 dari Limbah *Dry Cell* melalui Proses Hidrometalurgi: RSM (*Response Surface Methodology*)”

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Komposisi <i>Dry Cell</i>	5
Tabel II. 2 Sifat senyawa Mangan(IV) Oksida	6
Tabel II. 3 Kategori CCD.....	15
Tabel II. 4 Jumlah trial pada CCD dan BBD	16
Tabel IV. 1 Hasil Uji Pemulihan MnO_2	25
Tabel IV. 2 Hasil Penelitian variabel reduktan H_2O_2 dan waktu ekstraksi.....	27
Tabel IV. 3 Faktor dan Respon pada RSM model CCD	31
Tabel IV. 4 Fit Summary hasil analisa DesignExpert 13.....	31
Tabel IV. 5 Analisis statistik model ANOVA untuk memprediksi tingkat recovery pada proses hidrometalurgi	32
Tabel IV. 6 Hasil Optimasi Numerical	35
Tabel IV. 7 Parameter MnO_2 dalam Baterai C-Zn.....	36



Laporan Hasil Penelitian

“Pemulihan MnO_2 dari Limbah *Dry Cell* melalui Proses Hidrometalurgi: RSM (*Response Surface Methodology*)”

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk memulihkan senyawa mangan dioksida (MnO_2) dari limbah baterai *dry cell* menggunakan metode hidrometalurgi yang dioptimasi dengan *Response Surface Methodology* (RSM). Latar belakang penelitian didasari oleh meningkatnya kebutuhan industri terhadap MnO_2 di Indonesia yang masih dipenuhi melalui impor, serta masalah limbah baterai yang tergolong B3 (bahan berbahaya dan beracun). Proses hidrometalurgi dilakukan melalui tahap *leaching* dengan pelarut asam sulfat (H_2SO_4) 1,2 M dibantu pemanasan gelombang mikro selama 10-50 menit dan penambahan reduktan Hidrogen peroksida (H_2O_2) 0–2 % w/v pelarut, kemudian dilanjutkan presipitasi oksidatif menggunakan KMnO_4 0,25 M untuk memperoleh endapan MnO_2 murni. Variabel utama yang diuji adalah konsentrasi reduktan dan waktu *leaching*. Analisis dilakukan menggunakan metode permanganometri untuk menentukan kadar MnO_2 dan *X-ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui komposisi kimia. Hasil menunjukkan bahwa kemurnian Mn dalam produk akhir mencapai 96,10–97,33%, meningkat signifikan dari bahan awal yang hanya 64,61%. Optimasi menggunakan RSM model *Central Composite Design* (CCD) pada *software DesignExpert 13* yang menghasilkan kondisi optimum pada penambahan H_2O_2 sebesar 2 %w/v dan waktu selama 39,154 menit adalah $96,761 \approx 96,8\%$ dan *desirability* sebesar 0,805. Hasilnya menunjukkan kesesuaian model yang sangat baik ($R^2 = 0,9151$). Secara keseluruhan, proses hidrometalurgi dengan bantuan gelombang mikro dan reduktan H_2O_2 terbukti efektif untuk mengekstrak dan memurnikan MnO_2 dari limbah *dry cell*, dengan hasil yang melebihi standar MnO_2 komersial (92%). Penelitian ini mendukung prinsip daur ulang limbah B3 dan SDGs dalam pengelolaan limbah elektronik serta pengurangan ketergantungan impor bahan baku industri.

Kata Kunci: hidrometalurgi, mangan dioksida, *dry cell*, *leaching*, presipitasi oksidatif