Sintesis SnSO? melalui Oksidasi Elektrokimia Timah Murni dalam Sel Dua Ruang Bersekat Membran Nafion
115 dan Kristalisasi Evaporatif
Amelia Andriani, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, ST., M.E., D.Eng.; Ir. Agus Prasetya, M.Eng.Sc., Ph.D.; Prof. I
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN TIM PROMOTOR iii
HALAMAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xvii
INTISARI xxv
ABSTRACT xxvi
BAB I 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan dan Batasan Masalah 6
1.3 Kebaruan Penelitian 7
1.4 Tujuan Penelitian 12
1.5 Manfaat Penelitian 12
BAB II 14
2.1 Timah (Sn) dan Turunannya dalam Konteks Hilirisasi 14
2.2 *Stannous Sulfate* ($SnSO_4$): Sifat, Manfaat, dan Aplikasi 15
2.3 Strategi Sintesis *Stannous Sulfate* ($SnSO_4$) 20
2.4 Elektrolisis Logam Timah 26
2.5 Kristalisasi $SnSO_4$ 32
2.6 Optimasi Proses Menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) 35
2.7 Landasan Teori 37

Sintesis SnSO? melalui Oksidasi Elektrokimia Timah Murni dalam Sel Dua Ruang Bersekat Membran Nafion
115 dan Kristalisasi Evaporatif
Amelia Andriani, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, ST., M.E., D.Eng.; Ir. Agus Prasetya, M.Eng.Sc., Ph.D.; Prof. I
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.7.1 Mekanisme Reaksi Pembentukan $SnSO_4$ 39
2.7.2 Optimasi Parameter Elektrokimia untuk Memaksimalkan Efisiensi Faraday Pelarutan Logam Sn 46
2.7.3 Karakterisasi Produk $SnSO_4$ 51
2.8 Hipotesis 54
BAB III 56
3.1 Bahan 56
3.2 Rangkaian Alat 56
3.3 Prosedur Penelitian 57
3.3.1 Perancangan dan Fabrikasi Sistem Elektrokimia Dua Ruang 58
3.3.2 Oksidasi Elektrokimia Logam Timah 59
3.3.3 Optimasi Parameter Proses 59
3.3.4 Kristalisasi Evaporatif $SnSO_4$ 60
3.3.5 Karakterisasi Produk 61
3.4 Analisis Data 63
3.4.1 Laju Pelarutan Timah 63
3.4.2 Analisis Konversi Kristalisasi $SnSO_4$ 65
3.4.3 Analisis Pembentukan Partikel $SnSO_4$ 66
3.5 Variabel Penelitian 67
3.5.1 Variabel Bebas 67
3.5.2 Variabel Terikat 67
3.5.3 Variabel Tetap 68
BAB IV 69
4.1 Karakterisasi Awal Logam Timah (Sn) 69
4.2 Analisis Proses Oksidasi Elektrokimia Timah 72

Sintesis SnSO? melalui Oksidasi Elektrokimia Timah Murni dalam Sel Dua Ruang Bersekat Membran Nafion
115 dan Kristalisasi Evaporatif
Amelia Andriani, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, ST., M.E., D.Eng.; Ir. Agus Prasetya, M.Eng.Sc., Ph.D.; Prof. I
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2.1 Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 72
4.2.2 Pengaruh Tegangan Listrik 80
4.2.3 Optimasi Parameter Elektrokimia untuk Memaksimalkan Laju Pelarutan Sn dan Efisiensi Faraday 87
4.2.3.1 Analisis Data dan Pemodelan Laju Peluruhan Logam Sn ($kg \cdot hari^{-1} \cdot m^{-2}$) 91
4.2.3.2 Analisis Data dan Pemodelan Efisiensi Faraday (%) 95
4.2.3.3 Visualisasi Permukaan Respon (3D Surface) dan Kontur (2D) terhadap Laju Pelarutan Sn dan Efisiensi Faraday 99
4.2.3.4 Optimasi Multirespon dan Validasi Model Prediktif 102
4.3 Karakteristik Konsentrat $SnSO_4$ Hasil Elektrokimia 103
4.4 Analisis Proses Kristalisasi Evaporatif Konsentrat $SnSO_4$ 108
4.4.1 Pengaruh Suhu terhadap Konversi Kristalisasi 108
4.4.2 Pengaruh Penambahan *Seed* terhadap Konversi Kristalisasi 110
4.4.3 Penentuan Kondisi Kristalisasi Optimum 111
4.5 Karakteristik Kristal $SnSO_4$ Hasil Kristalisasi Evaporatif 112
4.6 Pengaruh Parameter Elektrokimia terhadap Karakteristik Produk Kristal 118
4.6.1 Pengaruh Konsentrasi Elektrolit 118
4.6.2 Pengaruh Tegangan Listrik 122
4.6.3 Pengaruh Waktu Elektrolisis 126
4.7 Pengaruh Parameter Kristalisasi Evaporatif terhadap Karakteristik Produk 129
4.7.1 Pengaruh Suhu 129
4.7.2 Pengaruh *Seed* 133
4.8 Fenomena Pembentukan Partikel pada Tahap Elektrokimia 138
4.9 Fenomena Pembentukan Kristal selama Kristalisasi Evaporatif 141
4.10 Analisis Distribusi Densitas Populasi 144

Sintesis SnSO? melalui Oksidasi Elektrokimia Timah Murni dalam Sel Dua Ruang Bersekat Membran Nafion
115 dan Kristalisasi Evaporatif
Amelia Andriani, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, ST., M.E., D.Eng.; Ir. Agus Prasetya, M.Eng.Sc., Ph.D.; Prof. I
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.10.1 Laju Pertumbuhan Kristal 146
4.10.2 Laju Nukleasi 148
4.10.3 Kernel Aglomerasi 149
4.11 Perbandingan Kinerja Sel Dua Ruang Bersekat Membran Nafion 115 dengan Sel Satu Ruang Tanpa Sekat 150
BAB V 154
5.1 Kesimpulan 154
5.2 Saran 154
DAFTAR PUSTAKA 156
LAMPIRAN 172