

| | |
|---|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI | iv |
| PRAKATA..... | v |
| DAFTAR ISI..... | vi |
| DAFTAR TABEL..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | ix |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xi |
| INTISARI | xii |
| ABSTRACT..... | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan dan Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.3. Keaslian Penelitian..... | 4 |
| 1.4. Tujuan Penelitian | 7 |
| 1.5. Manfaat Penelitian | 7 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 8 |
| 2.1. Tinjauan Pustaka | 8 |
| 2.1.1. Baterai Litium-ion..... | 8 |
| 2.1.2. Daur Ulang Baterai | 9 |
| 2.1.3. Pemisahan Nikel dan Kobalt..... | 10 |
| 2.2. Landasan Teori..... | 12 |
| 2.2.1. Reagen Disodium EDTA | 12 |
| 2.2.2. Mekanisme Pelindian..... | 13 |
| 2.2.2.1. Pendekatan Reaksi Bolak-balik | 17 |
| 2.2.2.2. Pendekatan Reaksi <i>Pseudo-homogen</i> Orde Satu | 19 |
| 2.2.3. Mekanisme Elektrodialisis..... | 20 |
| 2.3. Hipotesis..... | 22 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 23 |
| 3.1. Alat dan Bahan Penelitian..... | 23 |
| 3.1.1. Alat Penelitian..... | 23 |
| 3.1.2. Bahan Penelitian | 24 |
| 3.2. Metode Penelitian Laboratorium | 25 |
| 3.2.1. Persiapan Bahan Baku dan Perakitan Rangkaian Alat | 26 |
| 3.2.2. Analisis Bahan Baku..... | 26 |
| 3.2.3. Proses Pelindian Menggunakan EDTA | 26 |
| 3.2.4. Proses Elektrodialisis..... | 27 |
| 3.2.5. Analisis Perolehan Produk..... | 27 |
| 3.3. Variabel yang Digunakan..... | 27 |
| 3.4. Metode Analisis Data..... | 27 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... | 29 |
| 4.1. Analisis Presipitat Baterai Li-ion Tipe NCA | 29 |
| 4.2. Pemisahan Nikel dan Kobalt Melalui Pelindian Menggunakan Na ₂ EDTA..... | 30 |
| 4.3. Pengaruh Variabel Penelitian terhadap <i>Recovery</i> Nikel dan Kobalt..... | 32 |
| 4.3.1. Pengaruh Konsentrasi Na ₂ EDTA..... | 32 |
| 4.3.2. Pengaruh pH..... | 33 |
| 4.3.3. Pengaruh Temperatur | 35 |
| 4.4. Kinetika Khelasi Ni-EDTA dan Co-EDTA | 36 |

| | |
|--|----|
| 4.4.1. Difusi Eksternal Mengontrol..... | 37 |
| 4.4.2. Reaksi Kimia Mengontrol..... | 38 |
| 4.4.3. Pendekatan Reaksi <i>Pseudo-homogen</i> Orde Satu | 40 |
| 4.5. Analisis Hasil Percobaan Elektrodialisis | 45 |
| 4.5.1. Pengaruh Konsentrasi Na ₂ EDTA..... | 46 |
| 4.5.2. Pengaruh pH..... | 47 |
| BAB V KESIMPULAN..... | 50 |
| 5.1. Kesimpulan | 50 |
| 5.2. Saran..... | 50 |
| DAFTAR PUSTAKA | 51 |
| LAMPIRAN..... | 55 |

| | |
|--|----|
| Tabel 1.1. Penelitian terdahulu terkait <i>recycle</i> baterai Li-ion..... | 5 |
| Tabel 4.1. Hasil EDX presipitat kedua baterai NCA | 29 |
| Tabel 4.2. Hasil ICP-AES presipitat kedua baterai NCA | 30 |
| Tabel 4.3. Parameter hasil regresi linier pada kedua pendekatan | 38 |
| Tabel 4.5. Parameter khelasi logam dengan EDTA pada tiga temperatur dalam pendekatan reaksi <i>pseudo-homogen</i> orde satu | 42 |
| Tabel 4.6. Konstanta Arrhenius dan energi aktivasi kedua logam | 44 |
| Tabel 4.7. Konsentrasi dan perbandingan nikel dan kobalt pada variasi konsentrasi EDTA | 46 |
| Tabel 4.8. Konsentrasi dan perbandingan nikel dan kobalt pada variasi pH..... | 47 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1.1. Grafik penjualan kendaraan listrik di dunia..... | 1 |
| Gambar 1.2. Grafik perkiraan penjualan baterai Li-ion..... | 2 |
| Gambar 1.3. Grafik baterai Li-ion bekas dan penambahan kendaraan listrik di China.... | 2 |
| Gambar 2.1. Struktur kristal berlayer (a), spinel (b), dan olivine (c) | 8 |
| Gambar 2.2. Struktur kristal baterai Li-ion tipe NCA | 9 |
| Gambar 2.3. Diagram alir proses daur ulang baterai Li-ion | 10 |
| Gambar 2.4. Struktur molekul EDTA..... | 12 |
| Gambar 2.5. Diagram pourbaix kobalt (a) dan nikel (b) | 13 |
| Gambar 2.6. <i>Shrinking-Core Model</i> dengan perubahan ukuran partikel | 16 |
| Gambar 2.7. Mekanisme reaksi khelasi presipitat dengan EDTA | 19 |
| Gambar 2.8. Mekanisme perpindahan ion pada sistem elektrodialisis Chaudhary | 21 |
| Gambar 2.9. Mekanisme perpindahan ion pada sistem elektrodialisis dalam penelitian | 22 |
| Gambar 3.1. Rangkaian alat proses pelindian baterai Li-ion..... | 23 |
| Gambar 3.2. Rangkaian alat proses elektrodialisis | 24 |
| Gambar 3.3. Detail sel elektrodialisis | 24 |
| Gambar 3.3. Diagram alir penelitian | 25 |
| Gambar 3.4. Diagram alir analisis data percobaan | 28 |
| Gambar 4.1. Perolehan nikel dan kobalt pada berbagai variasi..... | 31 |
| Gambar 4.2. Perolehan nikel berbagai perbandingan EDTA:Ni pada 60 menit pertama dengan temperatur 60°C, rasio padat-cair 10g/L, dan pH 4 | 32 |
| Gambar 4.3. Perolehan kobalt berbagai perbandingan EDTA:Ni pada 60 menit pertama dengan temperatur 60°C, rasio padat-cair 10g/L, dan pH 4 | 32 |
| Gambar 4.4. Perolehan nikel berbagai variasi pH pada temperatur 60°C, rasio padat-cair 10g/L, dan perbandingan EDTA:Ni = 1 | 34 |
| Gambar 4.5. Perolehan kobalt berbagai variasi pH pada temperatur 60°C, rasio padat-cair 10g/L, dan perbandingan EDTA:Ni = 1 | 34 |
| Gambar 4.6. Perolehan nikel berbagai variasi temperatur pada pH 4, rasio padat-cair 10g/L, dan perbandingan EDTA:Ni = 1 | 35 |
| Gambar 4.7. Perolehan kobalt pada berbagai variasi temperatur pada pH 4, rasio padat-cair 10g/L, dan perbandingan EDTA:Ni = 1 | 36 |
| Gambar 4.8. Profil distribusi nikel dengan persamaan difusi eksternal mengontrol pada 30 menit pertama | 37 |
| Gambar 4.9. Profil distribusi kobalt dengan persamaan difusi eksternal mengontrol pada 30 menit pertama | 37 |
| Gambar 4.10. Profil distribusi nikel dengan persamaan reaksi kimia mengontrol | 39 |
| Gambar 4.11. Profil distribusi kobalt dengan persamaan reaksi kimia mengontrol | 39 |
| Gambar 4.14. Profil perolehan nikel-EDTA tiap waktu dengan pendekatan reaksi <i>pseudo-homogen</i> orde satu | 41 |
| Gambar 4.15. Profil perolehan kobalt-EDTA tiap waktu dengan pendekatan reaksi <i>pseudo-homogen</i> orde satu | 41 |
| Gambar 4.16. Grafik regresi persamaan Arrhenius untuk nikel-EDTA | 43 |
| Gambar 4.17. Grafik regresi persamaan Arrhenius untuk kobalt-EDTA | 43 |
| Gambar 4.18. Profil perolehan Ni-EDTA pada berbagai variasi temperatur | 44 |
| Gambar 4.19. Profil perolehan Co-EDTA pada berbagai variasi temperatur | 45 |
| Gambar 4.20. Volume permeat pada tiga variasi konsentrasi EDTA dengan volume umpan 1000mL..... | 47 |

Gambar 4.21. Volume permeat pada tiga variasi konsentrasi EDTA dengan volume
umpan 1000mL..... 48

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran I. Data Kinetika Pelindian | 55 |
| Lampiran II. Perhitungan Nilai <i>Recovery</i> | 57 |
| Lampiran III. Data Elektrodialisis | 58 |
| Lampiran IV. Pemodelan Matematis | 61 |