

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
INTISARI.....	xvi
<i>ABSTRACT</i> .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Rumusan Masalah.....	4
I.3. Maksud dan Tujuan .....	4
I.4. Manfaat Penelitian .....	5
I.5. Lokasi Penelitian.....	5
I.6. Batasan Penelitian.....	5
I.7. Peneliti Terdahulu.....	7
I.8. Keaslian Peneltian.....	15

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	16
II.1. Geologi Regional.....	16
II.1.1. Fisiografi.....	16
II.1.2. Stratigrafi Regional .....	17
II.1.3. Struktur Geologi Regional.....	22
II.2. Geologi Daerah Penelitian.....	23
BAB III DASAR TEORI DAN HIPOTESIS.....	29
III.1. Geologi Batubara .....	29
III.1.1. Pengertian Batubara .....	29
III.1.2. Genesis Batubara.....	30
III.1.3. Tipe dan Derajat Pengotor Batubara .....	31
III.1.4. Mineral-mineral yang dijumpai pada Batubara.....	35
III.2. <i>Rare Earth Element (REE)</i> .....	37
III.2.1. Pengertian dan Sejarah <i>Rare Earth Element</i> .....	37
III.2.2. Klasifikasi <i>Rare Earth Element</i> .....	38
III.2.3. Kelimpahan <i>Rare Earth Element</i> di Alam .....	39
III.2.4. Mineral-Mineral Pembawa <i>Rare Earth Element</i> .....	41
III.2.5. Klasifikasi Deposit <i>Rare Earth Element</i> .....	43
III.3. Tonstein.....	46
III.4. <i>Rare Earth Element</i> pada Batubara.....	50

III.4.1. Kandungan <i>Rare Earth Element</i> pada Batubara .....	50
III.4.2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kandungan <i>REE</i> pada Batubara .....	.55
III.4.3. Genesis Pengayaan <i>Rare Earth Element</i> .....	57
III.5. Hipotesis.....	62
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN .....	64
IV.1. Metode dan Tahapan Penelitian.....	64
IV.2. Jadwal Penelitian.....	72
BAB V PENYAJIAN DATA.....	73
V.1. Data Lapangan.....	73
V.2. Data Laboratorium .....	78
V.2.1. Data Mineralogi.....	78
V.2.2. Data Maseral Batubara .....	84
V.2.3. Data Kandungan Abu Batubara.....	87
V.2.4. Data Geokimia.....	88
BAB VI PEMBAHASAN DAN DISKUSI .....	93
VI.1. Jenis dan Konsentrasi <i>REE</i> .....	93
VI.2. Tipe dan Derajat Pengotor Batubara.....	103
VI.3. Proses Pengayaan <i>REE</i> .....	107
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....	117

VII.1. Kesimpulan.....	117
VII.2. Saran .....	118
DAFTAR PUSTAKA .....	119
LAMPIRAN 1 Deskripsi Petrografi Sayatan Tipis.....	123
LAMPIRAN 2 Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> ( <i>Bulk, ClayAD, Heated</i> dan <i>Clay EG</i> ) .....	152
LAMPIRAN 3 Dokumentasi Petrografi Sayatan Poles .....	177
LAMPIRAN 4 Hasil Uji Proksimat .....	183

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Kandungan <i>REE</i> pada sampel dari Sangatta, Kutai Timur (Anggara dkk., 2015).....	14
Tabel 3.1. Grup maseral secara umum (Dari ICCP, 1971, 1975, 1998, 2001, Sýkorová dkk., 2005,.....	33
Tabel 3.2. Parameter-parameter analisis proksimat batubara .....	34
Tabel 3.3. Mineral-mineral yang umum dijumpai di batubara (Ward, 2016) .....	37
Tabel 3.4. Letak <i>Rare Earth Element</i> pada Tabel Periodik Unsur (di dalam kotak merah).....	39
Tabel 3.5. Perbandingan Permintaan, Produksi dan Konsumsi <i>Rare Earth Element</i> dari Tahun ke Tahun di Cina (Atwood, 2013) .....	41
Tabel 3.6. Kadar Rata-Rata <i>Rare Earth Element</i> di Kerak Benua dan Faktor Pengayaannya menurut Goldschmith (van Krevelen, 1993).....	51
Tabel 3.7. Komposisi kerak benua bagian atas dan batuserpih dunia.....	53
Tabel 3.8. Variasi nilai <i>REE</i> (ppm) secara vertikal pada deposit Black Stone (garis merah menunjukkan nilai <i>REE</i> yang paling tinggi) (Seredin, 1996) .	56
Tabel 4.1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	72
Tabel 5.1. Keterdapatn mineral pada sampel batuan berdasarkan analisis petrografi sayatan tipis .....	79
Tabel 5.2. Keterdapatn mineral pada sampel batuan berdasarkan analisis <i>XRD</i>	82
Tabel 5.3. Persentase kelompok maseral penyusun batubara pada tiap sampel batubara berdasarkan analisis sayatan poles .....	84

Tabel 5.4. Persentase kadar abu pada tiap sampel batubara berdasarkan analisis proksimat.....	88
Tabel 5.5 Konsentrasi senyawa oksida pada semua sampel penelitian .....	90
Tabel 5.6. Konsentrasi <i>REE</i> dan unsur radioaktif pada semua sampel penelitian.. .....	91
Tabel 6.1. Perbandingan rata-rata konsentrasi <i>REE</i> dengan ketebalan lapisan batubara Banko.....	95
Tabel 6.2. Hasil analisis maseral pada lapisan batubara Banko yang memiliki kontak langsung dengan lapisan tonstein .....	105
Tabel 6.3. Jenis pengayaan <i>REE</i> pada tiap lapisan batuan di daerah penelitian .....	110

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta persebaran batubara di Indonesia (Badan Geologi, 2014) .....	4
Gambar 1.2. Peta Indeks Daerah Penelitian (lingkaran kuning menunjukkan lokasi penelitian) .....	6
Gambar 2.1. Stratigrafi Cekungan Sumatra Selatan. Daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Muara Enim (ditunjukkan dengan kotak merah) (Saito dkk., 1985 dalam Darman dan Sidi, 2000).....	18
Gambar 2. 2. Peta Geologi dan Stratigrafi Area Tanjung Enim (Bamco, 1983 and Gafoer dkk., 1986, dalam Amijaya dan Littke, 2005 dengan modifikasi). Garis putus-putus berwarna merah menunjukkan lapisan batubara yang ekonomis dan ditambang serta lapisan batubara yang diteliti.....	26
Gambar 2.3. Distribusi paleo-vulkanik di Pulau Sumatra selama Eosen Akhir-Oligosen Tengah.....	27
Gambar 3.1. Proses Pembatubaraan (Suprpto, 2014).....	31
Gambar 3.2. Tumbuhan pembentuk batu bara (Falcon, 1986, dalam Suprpto, 2014) .....	32
Gambar 3.3. Kelimpahan Berbagai Elemen di Kerak Benua ( <i>Rare Earth Element</i> berwarna Biru) (Voncken, 2015).....	40
Gambar 3.4. Jenis-jenis tonstein menurut Dai dkk. (2011).....	48
Gambar 3.5. Contoh diagram laba-laba hasil normalisasi <i>REE</i> untuk sampel (a)batuan sedimen dan (b)batubara (Anggara dkk., 2015) .....	54

Gambar 3.6. Persebaran <i>Rare Earth Element</i> pada Tiap Lapisan Batubara dan Sedimen (Sebagai contoh pada tambang Pavlovka-2, (1) batubara, (2)-batulanau, (3) granit terlapukkan) (Seredin dan Dai, 2012). .....	55
Gambar 3.7. Ilustrasi Pengayaan <i>REE</i> pada erosi yang berkaitan dengan depresi dan pada graben hasil aktivitas tektonik (Seredin, 1996) .....	58
Gambar 3.8. Perbandingan kadar <i>REE</i> pada batubara dengan kadar deposit <i>REE</i> lainnya (1 Deposit Batubara, 2-Deposit Kabonatit, 3- Deposit Hidrotermal, 4- Deposit Ion Absorbtion). Kluster batubara kaya <i>REE</i> dibedakan berdasarkan nilai industri potensialnya (skala numerik): I – tidak menjanjikan, II - menjanjikan, III – sangat menjanjikan. (Seredin and Dai, 2012) .....	59
Gambar 4.1. Diagram Alir Penelitian .....	71
Gambar 5.1. Lokasi pengamatan dan pengambilan sampel yang terletak di lapangan Banko Barat. Kamera menghadap ke arah selatan. ....	74
Gambar 5.2. Kenampakan batubara dengan mineral pirit dan amber yang mengisi rekahan.....	75
Gambar 5. 3. Kolom <i>measuring section</i> dan lokasi pengambilan sampel .....	76
Gambar 5.4. Dokumentasi sampel batuan setangan. (BA-4.3: <i>bright banded coal</i> , BA-3.9B: <i>dull banded coal</i> , BA-1.8:batupasir kasar, BA-4.1: <i>tuff/tonstein</i> , BA-2.3: <i>silicified coal</i> , BA-3.5A: <i>Tuffaceous coal</i> , BA-1.6B: <i>tuff</i> (kondisi lapuk), BA-1.7:kontak batubara dengan <i>tuff</i> ). .....	77

Gambar 5.5. Contoh <i>peak</i> mineral kuarsa dan kaolinit yang terdapat pada sampel BA-3.9A.....	82
Gambar 5.6. Maseral grup (A) <i>liptinite</i> (kuning), (B) <i>huminite</i> (merah), dan (C) <i>inertinite</i> (hijau) yang dijumpai pada batubara Banko. (perbesaran 20x, <i>white reflected light</i> ).....	87
Gambar 6.1. Tren kelimpahan <i>REE</i> pada batubara Cina (Dai, dkk., 2012), <i>world coal</i> (Ketriss and Yudovich, 2009) dan batubara Banko.....	94
Gambar 6.2. Data sampel, konsentrasi dan perbandingan <i>LREE</i> dengan <i>HREE</i> pada tiap lapisan batuan di daerah penelitian .....	96
Gambar 6.3. Grafik perbandingan konsentrasi <i>REE</i> pada batubara Cina (Dai, dkk., 2012), <i>Word Coal</i> (Ketriss and Yudovich, 2009) dan batubara Banko yang dinormalisasi dengan <i>UCC</i> (Taylor and McLennan, 1981, dalam Birdwell, 2012) .....	97
Gambar 6.4. Grafik perbandingan konsentrasi <i>REE</i> pada batubara Cina Cina(Dai, dkk., 2012), <i>world coal</i> (Ketriss and Yudovich, 2009) dan batubara Banko yang mengalami pengayaan <i>REE</i> .....	98
Gambar 6.5. Perbandingan konsentrasi <i>REE</i> pada lapisan tonstein dengan nilai Clarke (Ketriss and Yudovich, 2009) untuk batuan sedimen dunia..	99
Gambar 6.6. Perbandingan <i>REE</i> batubara Banko (C) dengan batubara Cina (Dai, dkk., 2012) .....	100
Gambar 6.7. Perbandingan <i>REE</i> batubara Banko dengan <i>world coal</i> (Ketriss and Yudovich, 2009) .....	101
Gambar 6.8. Tipe pengayaan <i>REE</i> pada tiap lapisan batubara di Daerah Banko	102

Gambar 6.9. Perbandingan konsentrasi <i>REE</i> dengan tipe pengayaan H dan H-M yang telah dinormalisasi dengan <i>UCC</i> (Taylor and McLennan, 1981, dalam Birdwell, 2012) .....	103
Gambar 6.10. Perbandingan kadar abu dengan <i>lithotype</i> batubara.....	104
Gambar 6.12. Kolom <i>measuring section</i> daerah penelitian dan nilai konsentrasi <i>REE</i> pada tiap lapisan batuan.....	108
Gambar 6.13. Jenis tonstein di Daerah Banko, klasifikasi menurut Dai dkk. (2012) .....	109
Gambar 6.14. Perbandingan kadar abu, $\text{SiO}_2$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan konsentrasi <i>REE</i> dari seluruh lapisan batuan Daerah Banko.....	112
Gambar 6.15. Perbandingan <i>REE</i> dengan kadar abu, $\text{Al}_2\text{O}_3$ dan $\text{SiO}_2$ pada lapisan batubara BA-4.2.....	113
Gambar 6.16. Grafik normalisasi konsentrasi <i>REE</i> batubara BA-4.2 dibandingkan dengan <i>world coal</i> (Ketriss and Yudovich, 2009).....	114
Gambar 6.17. Ilustrasi pengayaan <i>REE</i> pada batubara di Daerah Banko .....	116