

SKRIPSI

**STUDI GEOKIMIA REE PADA *MINING FRONT* DAN *TAILING*
TAMBANG TIMAH PLASER DI WILAYAH IUP
PT TIMAH Tbk PULAU BANGKA**

Disusun dan diajukan oleh

ANDI FEBBY ALVIONITA

D111171004



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**STUDI GEOKIMIA REE PADA *MINING FRONT* DAN *TAILING*
TAMBANG TIMAH PLASER DI WILAYAH IUP
PT TIMAH Tbk PULAU BANGKA**

Disusun dan diajukan oleh

**ANDI FEBBY ALVIONITA
D111171004**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 7 April 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,


Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Irzal Nur, MT.

NIP.196604091997031002

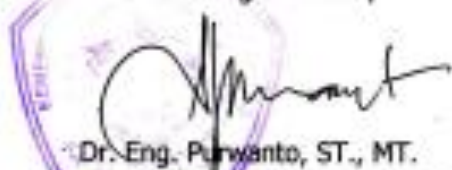
Pembimbing Pendamping,



Asran Ilyas, ST., MT.Ph.D.

NIP.197303142000121001

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Purwanto, ST., MT.

NIP.197111282005011002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andi Febby Alvionita
NIM : D111171004
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Studi Geokimia REE pada *Mining Front* dan *Tailing* Tambang Timah Plaser
di Wilayah IUP PT Timah Tbk Pulau Bangka

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain
bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan
skripsi ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan
tersebut.

Makassar, 7 April 2021

Yang menyatakan



Tanda tangan

Andi Febby Alvionita

ABSTRAK

REE merupakan golongan unsur lantanida+Y+Sc yang saat ini dibutuhkan dalam dunia industri dan bahan baku pembuatan teknologi canggih dan modern. Menurut beberapa peneliti terdahulu, REE hadir di Pulau Bangka sebagai ikutan dari timah plaser. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kimia, mineral pembawa REE dan kadar REE yang terdapat pada endapan tambang timah plaser di Pulau Bangka dengan menggunakan metode analisis XRF, XRD, ICP-MS dan ICP-OES. Hasil yang didapatkan adalah REE yang terdapat di Pulau Bangka umumnya berasosiasi dengan unsur golongan alkali dan alkali tanah. Mineral pembawa REE yang paling banyak didapatkan adalah monasit yang mengandung serium, lantanum, gadolinim, europium dan samarium serta xenotim yang mengandung yttrium; pada *mining front* persentase rata-rata monasit sebesar 7,55%; pada *tailing* persentase rata-rata monasit sebesar 10,7% dan persentase rata-rata xenotim sebesar 14,6%. Kadar REE yang didapatkan bervariasi, dimana serium hadir paling banyak dalam sampel dengan kadar paling tinggi. Pada *mining front* kadar rata-rata serium sebesar 180 ppm dan pada *tailing* kadar rata-rata sebesar 151 ppm.

Kata Kunci: REE; Timah plaser; Karakteristik kimia; Mineral; Kadar.

ABSTRACT

REE is a group of lanthanide elements + Y + Sc which is currently needed in the industrial world and is a raw material for modern and high technology manufacturing. According to several previous researchers, REE occurred in Bangka Island as a by product to placer tin. This study aims to identify the chemical characteristics, REE bearing minerals and REE grades contained in the placer tin deposits in Bangka Island using XRF, XRD, ICP-MS and ICP-OES methods. The results showed that the REE in Bangka Island is generally associated with alkaline and alkaline soil elements; the most common REE bearing minerals include monazite which contains cerium, lanthanum, gadolinium, europium and samarium as well as xenotime which contains yttrium. On mining front the average percentage of monazite is 7.55%; on tailings the average percentage of monazite was 10.7% and the average percentage of xenotime was 14.6%. The REE grades were varied, where cerium was the highest grade. In the mining front, the average grade of cerium is 180 ppm and the average grade of tailings is 151 ppm.

Keywords: REE; Placer Tin; Chemical Characteristics; Mineral; Grades.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Assalamualaikum warahmataullahi wabarakatuh

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan nikmat-Nya kepada kita semua untuk terus menuntut ilmu sebagai bentuk ketaatan kepada sang pemilik ilmu pengetahuan. Shalawat serta salam atas junjungan kita Rasulullah Muhammad SAW, manusia terbaik yang senantiasa ruku' dan sujud kepada Allah SWT dalam rangka menegakkan panji-panji kebenaran di muka bumi ini.

Skripsi dengan judul "Studi Geokimia REE pada *Mining Front* dan *Tailing* Tambang Timah Plaser di Wilayah IUP PT Timah Tbk Pulau Bangka" akhirnya dapat diselesaikan dengan baik setelah melalui dinamika yang panjang dan mendalam.

Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan serta ilmu yang bermanfaat. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan semoga dicatat sebagai sebutir kebaikan oleh Allah SWT. Terutama untuk kedua orang tua saya, terima kasih yang tiada henti saya sampaikan kepada Bapak Andi Muh. Jufri dan Ibu Andi Murniati atas segala doa yang telah dipanjatkan, ridho yang senantiasa diberikan serta rasa cinta yang tiada henti diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Terima kasih pula penulis haturkan kepada adik-adikku atas segala bantuan, semangat dan doa yang tulus yang diberikan kepada penulis.

Penyusunan skripsi tidak akan berlangsung tanpa ada bantuan dari orang-orang hebat yang telah memfasilitasi penulis untuk menyusun skripsi ini mulai dari tahap pengolahan data di perusahaan sampai selesai. Olehnya itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak PT Timah Tbk, khususnya kepada Bapak Sigit Prabowo,

selaku Kepala Unit Produksi Barat Bangka PT Timah Tbk sekaligus Pembimbing Kerja Praktik dan Bapak Elly Suhairi, selaku Kepala Bidang P2P UPDB PT Timah Tbk dan Pembimbing Lapangan serta seluruh karyawan PT Timah Tbk yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama kegiatan kerja praktik di PT Timah Tbk.

Terima kasih pula penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Irzal Nur, MT. selaku Pembimbing I dan Bapak Asran Ilyas, ST. MT. Ph.D. selaku Pembimbing II dan Kepala Departemen Teknik Pertambangan Dr. Eng. Purwanto, ST.,MT. yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga, pikiran serta memberikan ilmu yang bermanfaat dan motivasi bagi penulis, dan juga terima kasih kepada seluruh bapak/ibu dosen dan seluruh staff administrasi yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Perjalanan panjang penulis dalam dunia perkuliahan hingga penyusunan skripsi tidak lepas dari bantuan, semangat, diskusi yang bermanfaat dan dinamika panjang pertemanan oleh teman-teman di Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin Angkatan 2017 (Continuity 2017) dan juga kepada semua orang yang telah memberikan semangat.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, penulis menyampaikan permohonan maaf atas semua kekurangan yang dijumpai dalam proses penyusunan skripsi ini.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 7 April 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Tahapan Kegiatan.....	4
1.6 Lokasi Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pengertian <i>Rare Earth Elements</i> (REE).....	7
2.2 Kelimpahan REE pada Kerak Bumi	12
2.3 Kondisi Geologi Pembentukan REE di Indonesia	13
2.4 Kondisi Geologi Regional Pulau Bangka	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Pengumpulan Data	21
3.2 Analisis Sampel.....	26
3.3 Bagan Alir Penelitian	31
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	32

4.1	Karakteristik Kimia REE pada Endapan Timah Plaser Pulau Bangka	32
4.2	Mineral Pembawa REE pada Endapan Timah Plaser Pulau Bangka.....	34
4.2	Kadar REE pada Endapan Timah Plaser Pulau Bangka	44
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA.....		52
LAMPIRAN		55

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta Lokasi Penelitian	6
2.1 Tabel Periodik Unsur	7
2.2 Peta Jalur Mineralisasi dan Sebaran Lokasi Sebaran Sumber/ Cadangan Mineral Logam di Indonesia	14
2.3 Sabuk Timah Asia Tenggara yang memanjang ke Wilayah Kepulauan Riau, Bangka Belitung dan Sumatera Bagian Timur	15
2.4 Penyebaran granit di sepanjang jalur timah Asia Tenggara	18
2.5 Ilustrasi Pembentukan REE Plaser yang berasal dari Endapan Timah Primer di Pulau Bangka	20
3.1 Pengambilan sampel pada <i>mining front</i>	22
3.2 Pengambilan sampel pada <i>tailing</i>	23
3.3 Alur proses preparasi sampel untuk analisis XRD.....	24
3.4 Alur proses preparasi sampel untuk analisis XRF	25
3.5 Alur proses preparasi sampel untuk analisis ICP-MS dan ICP-OES	26
3.6 Alat XRD tipe shimadzu maxima-X XRD 7000	27
3.7 Alat XRF IK LE-007 X-Ray Axios Max	28
3.8 Alat ICP-MS Agilent 7700	29
3.9 Alat ICP-OES Varian 735 Vista Pro	30
3.10 Bagan Alir Penelitian	31
4.1 Grafik mineral pembawa REE pada FR-1726	36
4.2 Grafik mineral pembawa REE pada TL-1726	37
4.3 Grafik mineral pembawa REE pada FR-2501	38
4.4 Grafik mineral pembawa REE pada TL-2501	39
4.5 Grafik mineral pembawa REE pada FR-3356	41
4.6 Grafik mineral pembawa REE pada TL-3356	42
4.7 Grafik mineral pembawa REE pada FR-4470	43
4.8 Grafik mineral pembawa REE pada TL-4470	44
4.9 Grafik perbandingan kadar REE pada FR-1726	45
4.10 Grafik perbandingan kadar REE pada TL-1726	46
4.11 Grafik perbandingan kadar REE pada FR-2501	46

4.12	Grafik perbandingan kadar REE pada TL-2501	47
4.13	Grafik perbandingan kadar REE pada FR-3356	47
4.14	Grafik perbandingan kadar REE pada TL-3356	48
4.15	Grafik perbandingan kadar REE pada FR-4470	48
4.16	Grafik perbandingan kadar REE pada TL-4470	49
4.17	Grafik perbandingan kadar REE pada <i>mining front</i>	49
4.18	Grafik perbandingan kadar REE pada <i>tailing</i>	50

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Karasteristik unsur tanah jarang	8
2.2 Penggunaan unsur tanah jarang.....	11
2.3 Sebaran REE Pada Kerak Bumi	13
2.4 Mineral Utama REE dalam Penambangan Timah Plaser	16
4.1 Komposisi mineral sampel FR-1726.....	35
4.2 Komposisi mineral sampel TL-1726.....	36
4.3 Komposisi mineral sampel FR-2501.....	38
4.4 Komposisi mineral sampel TL-2501	39
4.5 Komposisi mineral sampel FR-3356.....	40
4.6 Komposisi mineral sampel TL-3356.....	41
4.7 Komposisi mineral sampel FR-4470.....	43
4.8 Komposisi mineral sampel TL-4470	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A Perlakuan sampel.....	56
B Hasil analisis XRF	59
C Hasil analisis XRD	61
D Hasil analisis ICP-MS dan ICP-OES.....	85

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Istilah unsur tanah jarang atau *rare earth elements* (REE) mengacu pada 17 unsur dalam tabel periodik unsur (Weng *et al.*, 2015). Unsur tanah jarang terdiri atas lantanum (La), serium (Ce), praseodimium (Pr), neodimium (Nd), prometium (Pm), samarium (Sm), europium (Eu), gadolinium (Gd), terbium (Tb), disprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), tulium (Tm), ytterbium (Yb) dan lutetium (Lu), skandium (Sc), dan yttrium (Y). Semua unsur tanah jarang terbentuk di alam kecuali prometium (Pm) (Massari *and* Ruberti, 2013; Heimartinli *et al.*, 2017; MacMillan *et al.*, 2017).

Berdasarkan kesamaan fisik dan kimianya, REE diklasifikasikan menjadi unsur-unsur tanah jarang ringan (LREE) yaitu Sc, La, Ce, Pr, Nd, Sm, dan Eu dan unsur-unsur tanah jarang berat (HREE) yaitu Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, dan Y (Haque *et al.*, 2014). REE merupakan logam yang menjadi bahan baku pembuatan teknologi canggih dan modern misalnya, mobil listrik, turbin angin, hemat energi lampu, katalis dalam proses pengolahan minyak, dan panel surya (Weng *et al.*, 2015).

REE sering hadir dalam limbah (Binnemans *and* Jones, 2015). Limbah merupakan residu proses ekstraksi mineral di mana elemen berharga diekstraksi dari bahan yang digali dalam aktivitas penambangan. Di Eropa, limbah diidentifikasi sebagai sumber daya REE yang dapat dieksploitasi tanpa membuka tambang baru (Peelman *et al.*, 2016).

Kelangkaan REE mulai terjadi sejak negara China yang merupakan negara penghasil REE terbesar di dunia mulai memutuskan untuk mengurangi distribusi ekspor

REE karena masalah lingkungan (Liu *and* Hou, 2017), sehingga mengakibatkan meningkatnya kegiatan eksplorasi sumber-sumber baru di seluruh dunia (Deng *et al.*, 2017).

Di pulau Bangka, Indonesia sebuah penelitian menyimpulkan bahwa limbah timah aluvial mengandung 99% kuarsa dan 1% mineral lain termasuk monasit, xenotim. Mineral monasit dan xenotim merupakan mineral utama pembawa REE di Indonesia, hingga 10.000 ton mineral yang mengandung REE (LREE-monasit dan HREE-xenotim) per tahun dapat diperoleh dari Pulau Bangka saja (Szamalek *et al.*, 2013).

Mineral ikutan dengan potensi yang sangat besar, terutama untuk unsur tanah jarang pada penambangan bijih timah kasiterit belum dieksplorasi dan dieksploitasi secara terencana. Ekplorasi dan eksploitasi belum sampai tahap menjadikan mineral ikutan tersebut sebagai mineral utama (Purwadi *et al.*, 2019). Data yang diperoleh baru sebatas pencatatan sebagai mineral ikutan pada penambangan bijih timah. Hasil olahan pada pencucian mineral ikutan baru sebatas sebagai produk sampingan dalam skala yang kecil dan jauh dari ideal jumlahnya jika ditujukan untuk kegiatan yang bersifat komersil.

Oleh karena itu salah satu hal yang sangat penting untuk dilakukan saat sekarang ini adalah menginventarisasi kehadiran mineral ikutan tersebut dan menjadikannya sebagai mineral utama dalam sasaran kegiatan eksplorasi. Penelitian ini dimaksudkan sebagai studi pendahuluan untuk mendapatkan gambaran secara umum kehadiran unsur tanah jarang di pulau Bangka.

1.2 Rumusan Masalah

Potensi besar yang dapat dihasilkan dari komoditas unsur tanah jarang khususnya dalam jangka panjang dimana teknologi terus berkembang pesat, memerlukan ketersediaan bahan tersebut. Peluang jangka panjang dan untuk

pemenuhan bahan industri teknologi tinggi yang akan dikembangkan di Indonesia, maka produk sampingan berupa mineral-mineral mengandung unsur tanah jarang tersebut dapat dialokasikan untuk pemenuhan kebutuhan nasional, yang disimpan untuk alternatif penggunaan pada masa yang akan datang pada industri strategis di dalam negeri. Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik kimia REE pada endapan timah plaser di Pulau Bangka?
2. Bagaimana komposisi mineral pembawa REE pada endapan timah plaser di Pulau Bangka?
3. Berapa kadar REE yang terdapat pada *mining front* dan *tailing* tambang timah aktif di Pulau Bangka?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik kimia REE pada endapan timah plaser di Pulau Bangka.
2. Mengetahui komposisi mineral pembawa REE pada endapan timah plaser di Pulau Bangka.
3. Mengetahui kadar REE yang terdapat pada *mining front* dan *tailing* tambang timah aktif di Pulau Bangka.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Bagi perusahaan

Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi kepada perusahaan, khususnya Unit Produksi Darat Bangka (UPDB) PT Timah Tbk yang membawahi

semua tambang darat di Pulau Bangka untuk mengetahui wilayah mana yang memiliki potensi REE, dan juga Divisi Eksplorasi PT Timah Tbk sebagai bahan informasi tambahan untuk mempersempit area eksplorasi dan dapat dijadikan sebagai bahan untuk eksplorasi lebih lanjut dan lebih detail.

2. Bagi kalangan akademik

Bahan pembelajaran/referensi dalam menambah wawasan mengenai Potensi REE di Indonesia khususnya di Pulau Bangka.

1.5 Tahapan Kegiatan

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Tahap studi literatur

Studi literatur merupakan kegiatan yang meliputi pengumpulan dan pengkajian berbagai teori dan referensi mengenai topik penelitian yang dapat mendukung jalannya penelitian. Kajian ini ditinjau melalui buku, jurnal penelitian, prosiding, artikel ataupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan topik penelitian.

2. Tahap perumusan masalah

Perumusan masalah dilakukan untuk menentukan masalah yang akan diteliti dan menjadi batasan dalam melakukan penelitian.

3. Tahap orientasi lapangan dan pengambilan data

Orientasi lapangan dilakukan di daerah IUP Unit Produksi Darat Bangka PT Timah Tbk. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil beberapa sampel dari tambang aktif yaitu sampel *mining front* dan *tailing*.

4. Tahap analisis data

Sampel yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan metode XRD XRF dan ICP-MS dan ICP-OES. XRD bertujuan untuk menganalisis kandungan

mineral pembawa REE, XRF bertujuan sebagai analisis tahap awal kandungan unsur yaitu kadar *major elements* dan juga unsur yang berasosiasi dengan REE, ICP-MS dan ICP-OES digunakan untuk mengetahui unsur-unsur yang memiliki konsentrasi yang rendah yaitu unsur REE dan unsur *trace element* yang lainnya.

5. Tahap penyusunan laporan tugas akhir

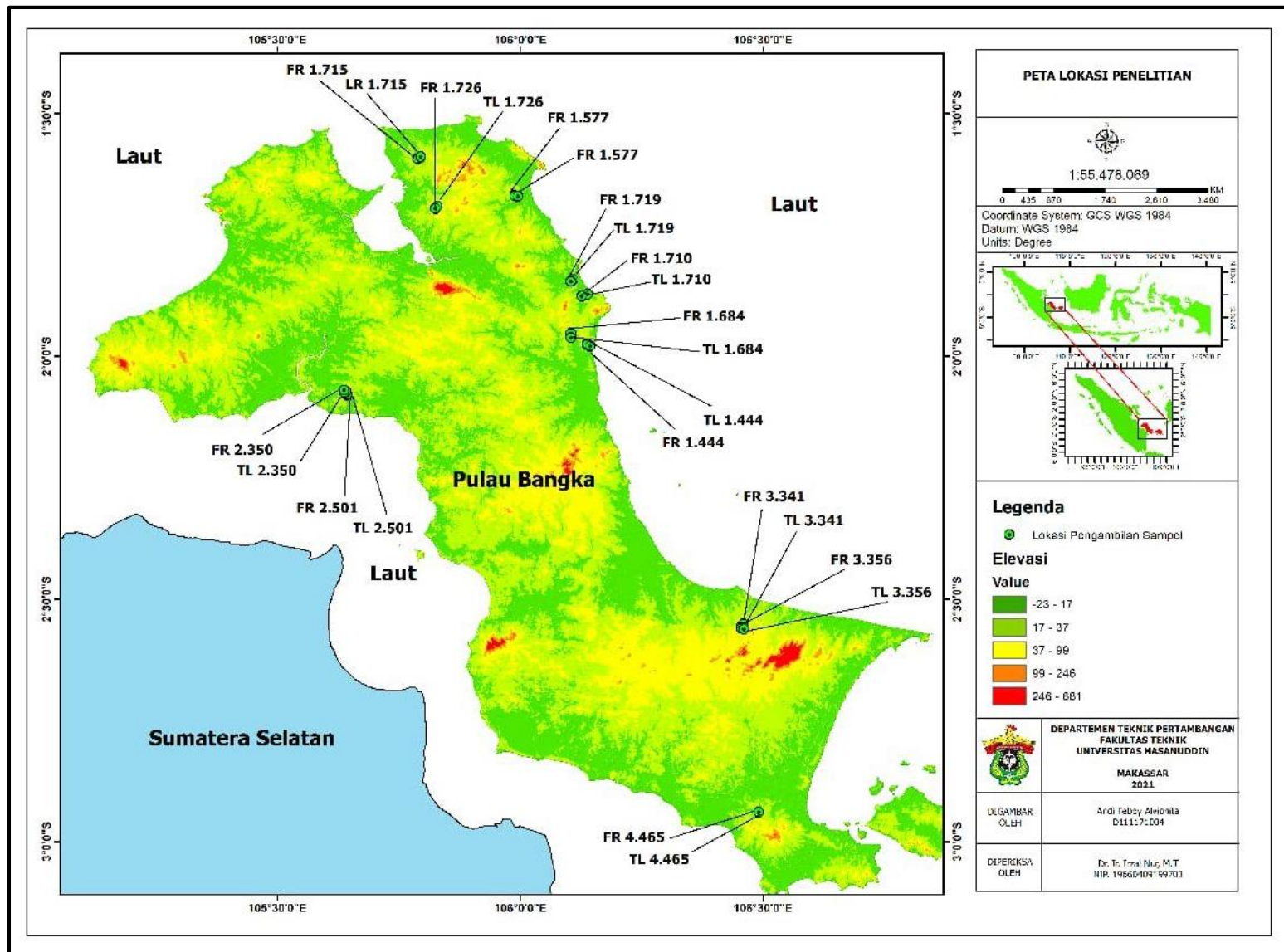
Penyusunan laporan tugas akhir merupakan kegiatan mengumpulkan keseluruhan data yang didapatkan dan disusun dalam bentuk laporan akhir.

6. Tahap seminar dan penyerahan laporan tugas akhir

Laporan hasil penelitian akan dipresentasikan dalam seminar hasil. Koreksi dan saran pada saat seminar akan digunakan untuk merevisi kembali laporan yang telah diseminarkan.

1.6 Lokasi Penelitian

Unit Produksi Darat Bangka PT Timah Tbk secara administratif terletak di kantor pusat PT Timah Tbk yang berada di Jl. Jend. Sudirman No.51, Kecamatan Taman Sari, Kota Pangkal Pinang, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Lokasi PT Timah Tbk dapat ditempuh dengan menggunakan pesawat komersil dengan waktu sekitar 4 (empat) jam dari kota Makassar ke Pangkalpinang, kemudian dilanjutkan dengan jalur darat menggunakan kendaraan roda 4 (empat) dari Bandar Udara Depati Amir di kota Pangkalpinang menuju ke kantor PT Timah Tbk. Wilayah izin usaha penambangannya (IUP) tersebar di berbagai wilayah darat yang terdapat pulau Bangka dengan luas 235.692,65 ha yang tersebar di kabupaten Bangka Induk, Bangka Tengah, Bangka Barat dan Bangka Selatan yang terdiri atas beberapa Tambang Besar (TB) dan sebagian besar Tambang Kecil (TK) yang dikelola oleh mitra. Peta tunjuk lokasi penelitian diperlihatkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Peta Lokasi penelitian

BAB II

RARE EARTH ELEMENTS

2.1 Pengertian Rare Earth Elements (REE)

Unsur tanah jarang atau *rare earth elements* (REE) adalah kelompok unsur yang memiliki sifat kimia serupa yang terdiri dari skandium, yttrium, dan 15 unsur golongan lantanida (Weng *et al.*, 2015). Golongan lantanida terbentuk secara alami dan tersusun dari unsur dengan nomor atom 57 (lantanum, La) hingga 71 (lutetium, Lu), sedangkan skandium dan yttrium dimasukkan dalam kelompok unsur tanah jarang karena kemiripan sifat fisik dan kimianya (Purwadi *et al.*, 2019). Unsur dalam golongan lantanida dikelompokkan menjadi dua kelompok berdasarkan berat atomnya, yaitu unsur dengan berat atom ringan dan unsur dengan berat atom yang lebih berat (Haque *et al.*, 2014). Berikut posisi unsur tanah jarang dalam sistem tabel periodik unsur yang ditampilkan pada Gambar 2.1.

The image shows a standard periodic table of elements. The Rare Earth Elements (REE) are highlighted in red. These include Scandium (Sc, atomic number 21), Yttrium (Y, atomic number 39), and the Lanthanide series (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) and the Actinide series (Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr). The table also shows other elements categorized as Metal, Semimetal, and Nonmetal.

Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra		Rf	Db	Fr	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn						
				La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
				Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Gambar 2.1 Posisi REE (kotak merah) dalam tabel periodik unsur

Unsur lantanium (La) hingga europium (Eu) termasuk sebagai LREE sedangkan gadolinium (Gd) hingga lutetium (Lu) termasuk sebagai HREE (Haque *et al.*, 2014). Umumnya unsur tanah jarang hadir secara alami dalam material asalnya, hanya prometium (Pm) yang tidak hadir secara alami di alam (Heimartinli *et al.*, 2017). Unsur tanah jarang atau *rare earth elements* (REE) terdapat di alam berupa senyawa kompleks, umumnya senyawa kompleks fosfat dan karbonat. Seiring dengan perkembangan teknologi pengolahan material, unsur tanah jarang semakin dibutuhkan, dan umumnya pada industri teknologi tinggi (Weng *et al.*, 2015). Berikut karakteristik unsur tanah jarang yang ditampilkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik unsur tanah jarang (Walters *et al.*, 2011)

Nomor atom	Unsur	Simbol	Konfigurasi Elektron	Berat atom	Densitas (gr/cm ³)	Titik Leleh °C
21	Skandium	Sc	[Ar]3d ² 4s ²	44,95	2,989	1541
39	Yttrium	Y	[Kr]4d ¹ 5s ²	88,90	4,469	1522
57	Lantanum	La	[Xe]5d ¹ 6s ²	138,90	6,146	918
58	Serium	Ce	[Xe]4f ¹ 5d ¹ 6s ²	140,11	8,160	798
59	Praseodimium	Pr	[Xe]4f ³ 6s ²	140,90	6,773	931
60	Neodimium	Nd	[Xe]4f ⁴ 6s ²	144,24	7,008	1021
61	Prometium	Pm	[Xe]4f ⁵ 6s ²	145,00	7,264	1042
62	Samarium	Sm	[Xe]4f ⁶ 6s ²	150,36	7,520	1074
63	Europium	Eu	[Xe]4f ⁷ 6s ²	151,96	5,244	822
64	Gadolinium	Gd	[Xe]4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	157,25	7,901	1313
65	Terbium	Tb	[Xe]4f ⁹ 6s ²	158,92	8,230	1356
66	Disprosium	Dy	[Xe]4f ¹⁰ 6s ²	162,50	8,551	1412
67	Holmium	Ho	[Xe]4f ¹¹ 6s ²	164,93	8,795	1474
68	Erbium	Er	[Xe]4f ¹² 6s ²	167,26	9,066	1529
69	Tulium	Tm	[Xe]4f ¹³ 6s ²	168,93	9,321	1545
70	Ytterbium	Yb	[Xe]4f ¹⁴ 6s ²	173,04	6,966	819
71	Lutetium	Lu	[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	174,97	9,841	1662

2.1.1 Tipe-tipe cebakan REE

1. Cebakan primer

Cebakan primer REE dunia umumnya terkait dengan karbonatit, batuan beku pegmatit dan metamorf. Berikut tipe-tipe cebakan primer:

a. *Carbonatite associated*

Tipe cebakan REE primer yang terdapat pada batuan beku karbonatit yang berasosiasi dengan batuan beku basa. Saat ini tipe karbonatit merupakan penghasil REE terbesar di dunia yang ada di China (Bayan Obo) dan Amerika Serikat (*Mountain Pass*) (Slezak *et al.*, 2020).

b. *Alkaline Igneous rock*

Tipe ini berasal dari pengayaan mineral alkali, biasanya magma alkali tidak diperkaya tidak hanya dalam REE tetapi juga unsur Zr, Li, Ba, Nb, Sr (Ray *and* Shukla, 2004).

c. *Iron REE (Iron-Copper-Gold)*

Tipe ini berasal dari cebakan emas-tembaga yang kaya akan oksida besi (Zhimin, 2016).

d. *Hydrothermal deposit*

Biasanya berasal dari urat kuarsa, fluorit, urat polimetalik (Pb-Zn-Cu-Au) dan batuan pegmatit (Yuan *et al.*, 2020).

2. Cebakan Sekunder

a. *Marine Placer*

Cebakan REE yang berasal dari akumulasi mineral berat yang melapuk dan terendapkan di laut (Stephanie, 2020).

b. *Aluvial Placer*

Endapan plaser REE yang terkonsentrasi karena adanya pelapukan batuan granit atau batuan metamorf (Balaram, 2018).

c. *Lateritic/Residual*

mengikuti proses lateritisasi sebagaimana berlaku untuk endapan bauksit dan nikel, contohnya redmud (residu padat yang dihasilkan dalam proses Bayer) pada Bauksit (Vind *et al.*, 2018).

d. *Ion Adsorption Clays*

Batuan granitoid yang mengandung endapan REE melapuk dan terkonsentrasi berupa lapisan lempung pada kerak lapukan (Xu *et al.*, 2021).

2.1.2 Klasifikasi REE

1. REE secara geokimia diklasifikasikan sebagai berikut (Haque *et al.*, 2014):
 - a. *Light rare earth elements/LREE*, merupakan kelompok unsur tanah jarang ringan, yaitu Sc, La, Ce, Pr, Nd, Sm, dan Eu.
 - b. *Heavy rare earth elements/HREE*, merupakan kelompok unsur tanah jarang berat, yaitu Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, dan Y.
2. REE dalam dunia industri diklasifikasikan sebagai berikut (Seredin, 2010):
 - a. *Critical* REE, yaitu kelompok REE yang banyak dicari karena saat ini dan banyak digunakan pada pemanfaatan energi alternatif dan teknologi energi yang efisien, namun pasokannya sangat terbatas. REE yang termasuk dalam kategori ini adalah unsur Nd, Eu, Tb, Dy, Y, dan Er.
 - b. *Excessive* REE, terdiri dari berbagai unsur yang produksinya lebih besar dibandingkan kebutuhan industri saat ini. Contohnya Ce, Ho, Tm, Yb, dan Lu.
 - c. *Uncritical* REE, merupakan kelompok REE yang produksinya seimbang dengan permintaan dalam dunia industri. Contohnya La, Pr, Sm, dan Gd.

2.1.3 Kegunaan REE

Penggunaan REE sangat bervariasi yaitu pada energi nuklir, kimia, katalis, elektronik, paduan logam dan optik. Pemanfaatan REE untuk yang sederhana seperti lampu, pelapis gelas, untuk teknologi tinggi seperti fosfor, laser, magnet, baterai, dan teknologi masa depan seperti superkonduktor, pengangkut hidrogen.

Penggunaan logam tanah jarang ini memicu berkembangnya material baru. Material baru dengan menggunakan REE memberikan perkembangan teknologi yang cukup signifikan dalam ilmu material. Perkembangan material ini banyak diaplikasikan

di dalam industri untuk meningkatkan kualitas produk. Sehingga memungkinkan munculnya perkembangan teknologi berupa penurunan berat dan volume speaker yang ada, memungkinkan munculnya dinamo yang lebih kuat sehingga mampu menggerakkan mobil (Weng *et al.*, 2015). Berikut penggunaan setiap unsur tanah jarang ditampilkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penggunaan unsur tanah jarang (Weng *et al.*, 2015)

Unsur	Kegunaan
Skandium	Paduan dalam rekayasa kedirgantaraan, sel bahan bakar
Yttrium	Laser, superkonduktor, aplikasi perawatan kanker
Lantanum	Optik, elektroda baterai, katalisis, penyimpanan hidrogen
Serium	Aplikasi kimia, pewarnaan, kaca pemoles, produksi baja
Praseodimium	Magnet super kuat, penerangan, optik
Neodimium	Tabung sinar katoda berwarna, motor elektrik dari automobil hibrid
Prometium	Cat bercahaya, baterai atom
Samarium	Pengontrol reaktor nuklir, laser sinar- α
Europium	Laser, penerangan, aplikasi medis
Gadolinium	Pelindung reaktor nuklir, alat propulsi nuklir laut
Terbium	Magnet ringan, laser, sistem sonar
Disprosium	Pencahayaan, transducer
Holmium	Laser, magnet super kuat
Erbium	Penyerap neutron dalam industri nuklir
Tulium	Mesin sinar-x portabel, laser efisiensi tinggi
Ytterbium	Penguat baja <i>stainless</i>
Lutetium	<i>Rifining petroleum, LED light bulb</i>

Dalam industri metalurgi, penambahan REE juga digunakan untuk pembuatan baja *High Strength Low Alloy* (HSLA), baja karbon tinggi, *superalloy*, dan *stainless steel*. Hal ini karena REE memiliki sifat dapat meningkatkan kemampuan material berupa kekuatan, kekerasan dan peningkatan ketahanan terhadap panas. Sebagai contoh pada penambahan REE dalam bentuk aditif atau *alloy* pada paduan magnesium dan aluminium, maka kekuatan dan kekerasan material paduan tersebut akan meningkat.

REE dapat juga dimanfaatkan untuk katalis sebagai pengaktif, campuran khlorida seperti halnya lantanum, sedangkan neodimium dan praseodimium digunakan untuk

katalis pemurnian minyak dengan konsentrasi antara 1% sampai 5%. Campuran khlorida REE ini ditambahkan dalam katalis zeolit untuk menaikkan efisiensi perubahan minyak mentah (*crude oil*) menjadi bahan-bahan hasil dari pengolahan minyak. Diperkirakan pemakaian REE untuk katalis pada industri perminyakan akan lebih meningkat lagi di masa mendatang (Peelman *et al.*, 2016).

2.2 Kelimpahan REE pada Kerak Bumi

Konsentrasi unsur logam termasuk REE untuk membentuk endapan ekonomis yang dapat dijadikan komoditas tambang dalam proses pembentukannya selain dipengaruhi faktor fisika dan kimia juga nilai kandungan unsur itu di dalam kerak bumi, karena semua proses pembentukan tersebut berlangsung dalam kerak bumi. Proses yang berlangsung baik dalam media larutan magmatis maupun fluida sisa magmatis (hidrotermal), akan membawa unsur-unsur yang ada dalam kerak dan terkonsentrasikan pada tempat tertentu sesuai kondisi lingkungan fisika dan kimia. Ketika magma naik ke arah kerak bumi, terjadi perubahan komposisi sebagai respon terhadap variasi tekanan, suhu dan komposisi batuan-batuan di sekelilingnya. Akibatnya terbentuk jenis-jenis batuan yang berbeda dengan variasi pengayaan unsur-unsur bernilai ekonomis, termasuk unsur-unsur tanah jarang (Henderson, 1984). Kelimpahan REE pada kerak bumi sebenarnya tidak tergolong terkecil bila dibandingkan unsur logam lainnya (Walters *et al.*, 2011). Keterdapatannya REE umumnya dijumpai dalam sebaran dengan jumlah yang tidak besar dan menyebar secara terbatas (Peelman *et al.*, 2016). Distribusi unsur REE dalam kerak bumi jauh lebih besar dibandingkan emas, hal ini terlihat dari nilai kandungannya hingga puluhan ppm seperti ditunjukkan sejumlah data pada Tabel 2.3. Konsentrasi unsur REE pada proses pembentukan batuan berbeda-beda satu terhadap yang lain, karbonatit, kimberlit, batuan alkalin merupakan jenis batuan dimana kandungan REE termasuk yang paling

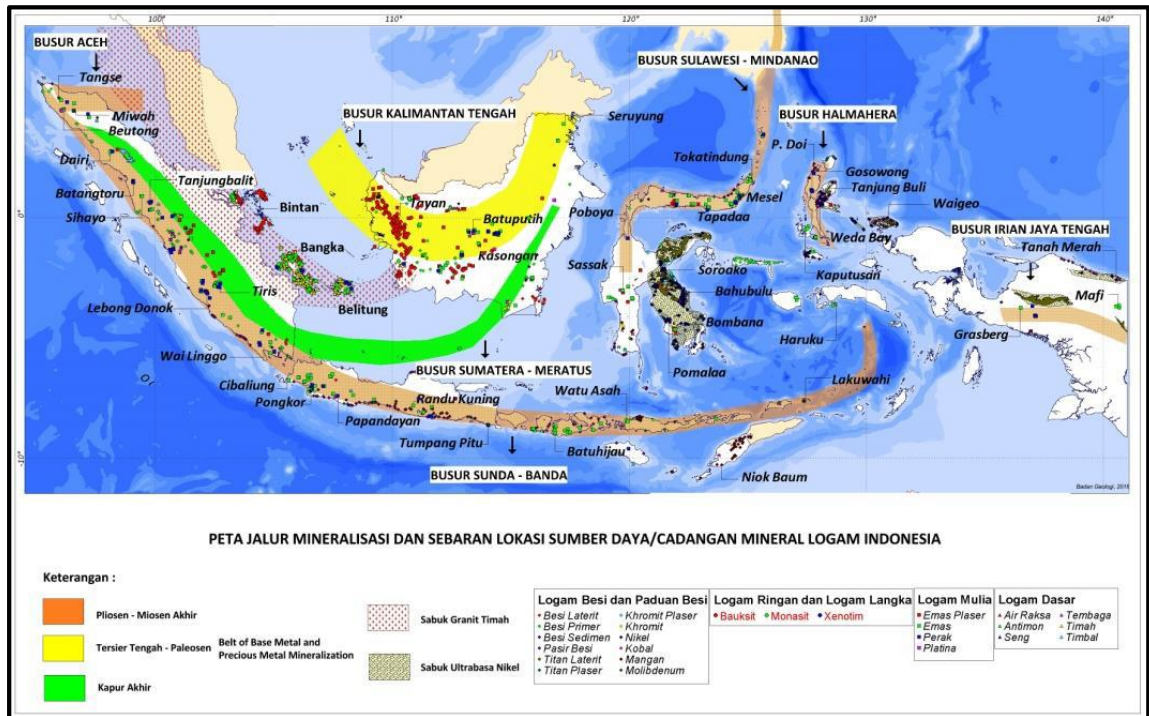
tinggi. Sehingga secara teoritis proses konsentrasi bijih pada lingkungan batuan ini lebih kaya dibandingkan batuan lainnya. Oleh karena itu pencarian endapan REE ekonomis di lingkungan batuan ini lebih berpeluang dibandingkan pada lingkungan batuan lainnya (Henderson, 1984).

Tabel 2.3 Sebaran REE Pada Kerak Bumi (ppm) (Keith R. Long *et al.*, 2010)

Unsur	Wedephol (1995)	Lide (1997)	McGill (1997)
Lantanum	30	39	5 - 18
Serium	60	66,5	20 - 46
Praseodinium	6,7	9,2	3,5 - 5,5
Neodimium	27	41,5	12 - 24
Samarium	5,3	7,05	4,5 - 7
Europium	1,3	2	0,14 - 1,1
Gadolinium	4	6,2	4,5 - 6,4
Terbium	0,65	1,2	0,7 - 1
Disprosium	3,8	5,2	4,5 - 7,5
Holmium	0,8	1,3	0,7 - 1,2
Erbium	2,1	3,5	2,5 - 6,5
Tulium	0,3	0,52	0,2 - 1
Ytterbium	2	3,2	2,7 - 8
Lutetium	0,35	0,8	0,8 - 1,7
Skandium	24	33	28 - 70
Yttrium	16	22	5 - 10

2.3 Kondisi Geologi Pembentukan REE di Indonesia

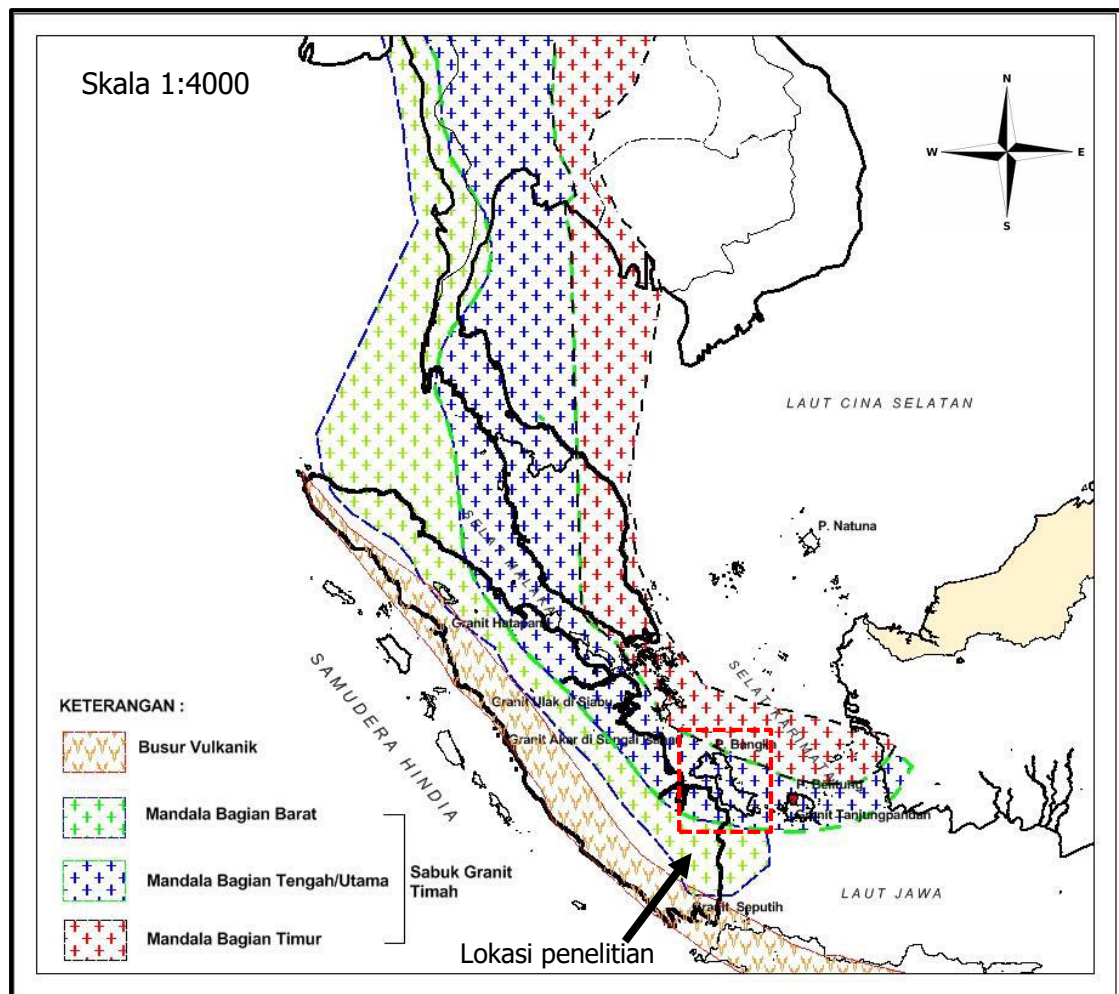
Penyebaran formasi batuan yang mengikuti sabuk magmatis di Indonesia menunjukkan adanya keterkaitan jenis batuan dengan jenis endapan mineral logam seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2. Mineral logam yang berkaitan dengan REE adalah timah (Sn) yang terutama terpusat di wilayah Kepulauan Riau, Bangka Belitung dan sebagian Kalimantan Barat. Karena itu daerah penghasil timah ini menjadi fokus pengembangan potensi REE yang utama terkait tipe plaser (Purwadi *et al.*, 2019). Endapan bauksit sebagai hasil lateritisasi pada batuan granitik juga menjadi sasaran. REE juga memungkinkan dijumpai di wilayah lingkungan batuan ultrabasa, karena itu pula indikasi nikel dan kobal (Ni-Co) yang ditunjukkan dengan warna hijau tua menjadi sasaran pengembangan eksplorasi REE di masa mendatang (Badan Geologi, 2019).



Gambar 2.2 Peta Jalur Mineralisasi dan Sebaran Lokasi Sebaran Sumber/Cadangan Mineral Logam di Indonesia (Badan Geologi, 2019).

Secara khusus wilayah sabuk timah Asia Tenggara akan menjadi prioritas dalam pengembangan sumber daya REE bersamaan dengan penyelidikan atau penambangan timah. Jalur Timah Asia Tenggara yang mengandung Sebagian besar sumber daya dan cadangan timah dunia melewati wilayah Indonesia mulai dari Kepulauan Karimun, Singkep sampai Bangka dan Belitung merupakan potensi strategis yang dapat memberikan kontribusi besar pada pemenuhan kebutuhan bahan galian logam tanah jarang di dalam negeri pada masa yang akan datang. Ada tiga jalur dibagi atas dasar umur tumbukan tektonik yang menghasilkan batuan granitik. Sabuk tengah (garis biru pada Gambar 2.2) yang hingga sekarang merupakan zona pengembangan utama timah. Jalur tengah ini terdiri dari batuan granitik mengandung timah yang terjadi sebagai akibat tumbukan tektonik berumur Trias Akhir. Penyebarannya memanjang hingga Kepulauan Riau dan Bangka Belitung sebagai sumber utama timah, monasit, xenotim dan zirkon yang dikenal sejak awal penemuan timah hingga sekarang. Pengembangan potensi jalur ini yang belum dilakukan adalah kearah Kalimantan

bagian barat terutama ke arah laut (Badan Geologi, 2019). Berikut adalah Gambar 2.3 yang menampilkan sabuk timah asia tenggara.



Gambar 2.3 Sabuk Timah Asia Tenggara yang memanjang ke Wilayah Kepulauan Riau, Bangka Belitung dan Sumatera Bagian Timur (dimodifikasi dari Cobbing *et al.*, 1986).

Jalur timur (ditandai garis hijau pada Gambar 2.3) merupakan sabuk magmatik busur belakang berumur Kapur-Eosen yang membentuk batuan granitik mengandung timah. Jalur ini memanjang hingga Kepulauan Natuna namun belum dikembangkan secara intensif walaupun berdasarkan penyelidikan Badan Geologi periode tahun 2011 hingga tahun 2014 ditemukan indikasi timah bersama REE dalam bentuk monasit dan xenotim, sedangkan pada jalur barat (garis merah pada Gambar 2.3) ditemukan indikasi di bagian daratan Sumatera bagian timur.

2.3.1 Mineral Pembawa REE di Indonesia

Berdasarkan hasil penelitian di Indonesia mineral-mineral yang mengandung unsur REE terdapat sebagai mineral ikutan dari kegiatan penambangan timah dan emas aluvial yang mempunyai peluang untuk diusahakan sebagai produk sampingan yang memberikan nilai tambah, sehingga dapat mengurangi bahan galian tertinggal dan bahan galian terbuang dalam suatu kegiatan penambangan. Potensi endapan timah dan emas aluvial di Indonesia cukup berlimpah. Mineral utama mengandung REE yang ditemukan di Indonesia adalah xenotim, monasit dan zirkon yang berasosiasi dengan kasiterit yang diperoleh dari penambangan timah aluvial (Purwadi *et al.*, 2019).

Tabel 2.3 Mineral Utama REE dalam Penambangan Timah Plaser (Badan Geologi, 2019).

Mineral	Rumus Kimia	Nama Kimia
Kasiterit	SnO_2	Stanium Oksida
Monasit	$(\text{Ce, La, Pr, Nd, Th, Y})\text{PO}_4$	<i>Complex rare earth phosphate</i>
Xenotim	YPO_4	<i>Yttrium Phospate</i>
Zirkon	ZrSiO_4	Zirkonium silikat
Ilmenit	FeTiO_3	Titanium-besi oksida
Rutil	TiO_2	Titanium dioksida
Markasit	FeS_2	Besi Sulfida
Anatas	TiO_2	Titanium dioksida
Limonit	$\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Besi(III) oksida hidroksida
Siderit	FeCO_3	Besi Karbonat
Spinel	MgAl_2O_4	Magnesium aluminium oksida
Topaz	$\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F,OH})_2$	Aluminium fluorin silikat
Wolframit	$(\text{Fe,Mn})\text{WO}_4$	Besi Mangan tungsten Oksida

2.4 Kondisi Geologi Regional Pulau Bangka

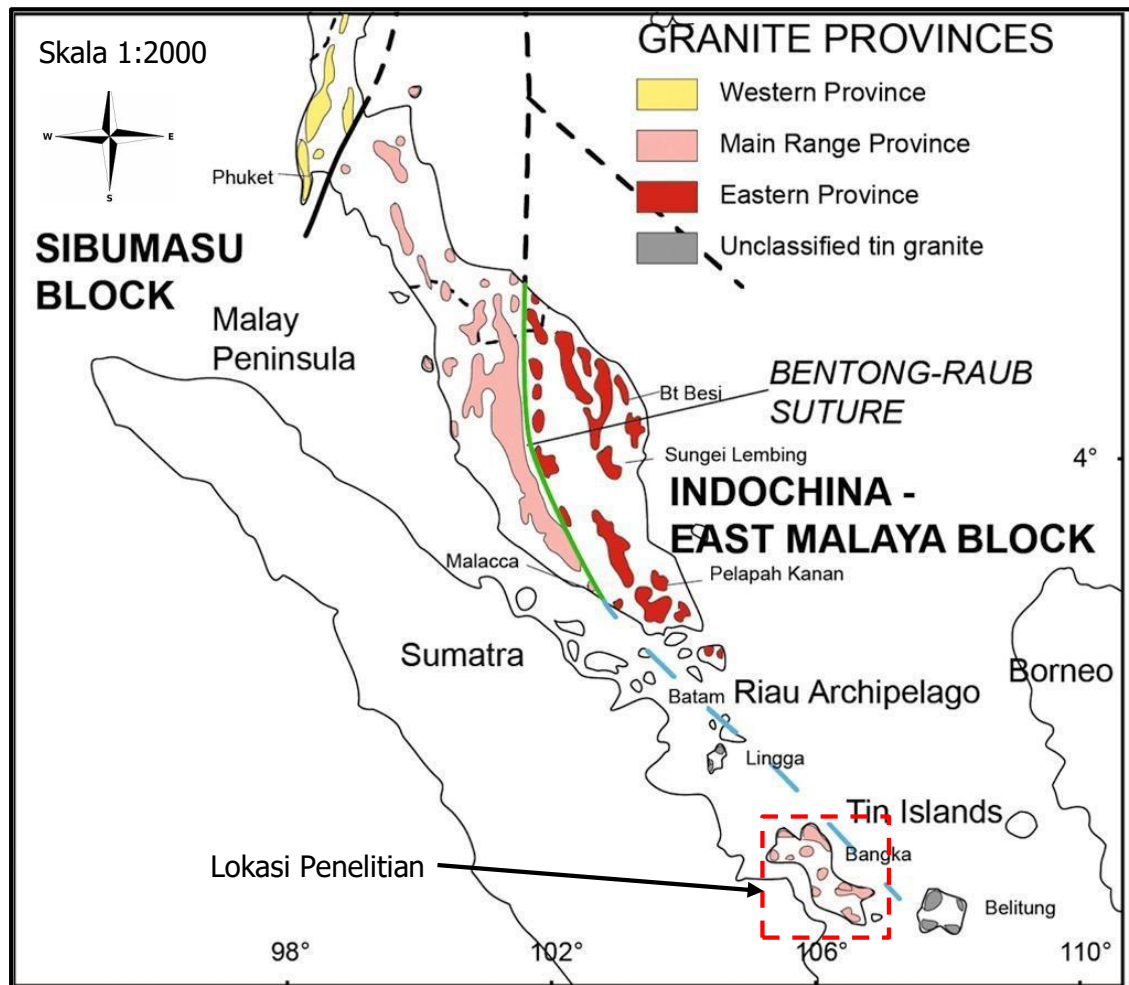
Pulau Bangka merupakan bagian yang terpisah di sebelah timur dari Pulau Sumatra, Indonesia. Pulau Bangka termasuk dalam jalur timah Asia Tenggara yang dikenal sebagai Granite Tin Belt (Gambar 2.4) dan merupakan deretan formasi batuan granit yang kaya kandungan mineral kasiterit, membentang dari Indo

Cina–Semenanjung Thailand–Malaysia–Kepulauan Riau–Kepulauan Bangka Belitung hingga Kalimantan Barat (Cobbing *et al.*, 1986).

Deretan pulau kaya mineral timah, termasuk Pulau Bangka, tersusun oleh batuan granit yang terbagi menjadi dua kelompok yaitu granitoid tipe I (*eastern range granite*) yang tidak mengandung timah (non-stanniferrous) berumur Perm-Trias dan tipe S (*main range granite*) yang mengandung timah (stanniferrous) berumur Trias (Cobbing *et al.*, 1986). Ada pula granit intermediet yang mengandung tipe I dan tipe S kaya mineral timah, dikenal dengan Bebulu suite (Barber *et al.*, 2005). Batuan hostrock dari granit penyusun Pulau Bangka dan Pulau Belitung adalah *pebbly mudstone facies* dan batuan sedimen berumur Karbon-Perm-Trias (Barber *et al.*, 2005). Batuan dasar tertua yang menyusun Pulau Bangka terbentuk pada Karbon-Perm sebagai Kompleks Pemali membentuk imbrikasi dengan batupasir daerah Tempilang berumur Trias. Pulau Bangka terbentuk akibat tumbukan antara Blok Sibumasu dengan Blok Indocina (Barber *et al.*, 2005) yang menyebabkan terbentuknya sutur Bentong Raub yang membatasi persebaran granitoid.

2.4.1 Tektonik Regional Pulau Bangka

Pulau Bangka terbentuk secara tektonik bersamaan dengan terjadinya tumbukan antara Blok Sibumasu dan Blok Indocina. Aktivitas vulkanik dan tektonik yang terjadi pada Karbon-Kapur Akhir hingga Pre-Tersier berperan besar dalam evolusi tektonik Pulau Sumatra. Pulau Bangka sebagai bagian dari Pulau Sumatra, memiliki sejarah tektonik yang mirip, dibuktikan dengan ditemukannya fosil Fusulinids dan flora sisa yang berasal dari Cathaysian (Blok Indocina) dan berumur Perm (Barber *et al.*, 2005). Berikut gambar peta persebaran granit sepanjang jalur timah Asia Tenggara yang ditampilkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Penyebaran granit di sepanjang jalur timah Asia Tenggara; garis berwarna biru putus-putus merupakan kelanjutan sutur Bentong-Raub di Indonesia (dimodifikasi dari Ng, 2017).

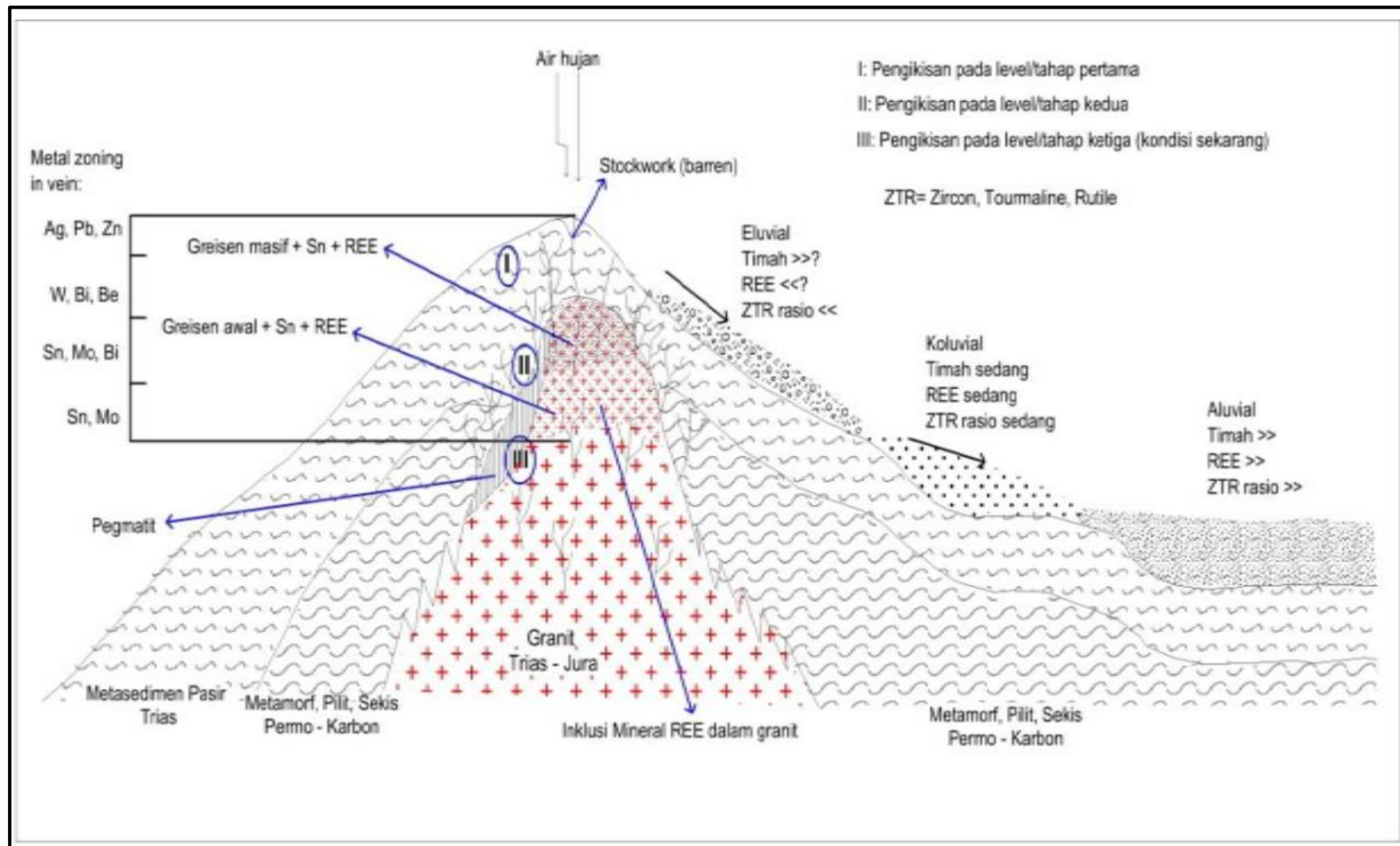
2.4.2 Genesis pembentukan REE tipe Plaser Aluvial di Pulau Bangka

Indonesia sejak lama dikenal sebagai jalur pembentukan timah (*tin belt*) yang memanjang mulai dari Thailand-Malaysia di utara. Pembentukan timah sangat erat kaitannya dengan REE dalam bentuk butiran mineral monasit, xenotim dan zirkon sebagai hasil pengikisan dan pengendapan dari batuan induk mengandung timah di lembah-lembah, bahkan terbawa hingga mengendap di dasar laut. Endapan ini dikenal sebagai REE jenis plaser atau aluvial (Purwadi *et al.*, 2019).

Pembentukan tipe REE plaser ini dapat dijelaskan berdasarkan asosiasinya dengan timah yang terdapat di Bangka Belitung. Awalnya terbentuk dari sisa larutan

magma mengandung gas-gas unsur logam (pneumatolisis) pada batuan granit berkomposisi tertentu berumur Trias-Jura (sekitar 200 juta tahun lalu) yang menerobos batuan metasedimen-metamorf berumur Permo-Karbon (sekitar 300 juta tahun lalu) maupun pada batuan granit itu sendiri. Dengan kondisi sedemikian rupa sehingga gas-gas tersebut tidak mudah lolos ke luar dan masih tertahan di bawah penudung metasedimen-metamorf berumur Permo-Karbon, membentuk cebakan timah pada bagian atas (*cupola*) tubuh granit itu sendiri atau yang dikenal sebagai tipe greisen (Gambar 2.5). Dalam keadaan ini timah terendapkan dan dapat bersama mineral REE sebagai inklusi (pengotor) dalam granit yang sama dalam bentuk monasit, zirkon dan xenotime (Szamalek *et al.*, 2013).

Selain itu bentuk cebakan juga dapat berupa urat kuarsa mengandung timah dan mineral tanah jarang hasil dari pengisian rekahan dalam granit, dengan posisi morfologi ketinggian, proses pelapukan berlangsung sehingga tersingkap dan terjadi pengikisan, pengangkutan dan pengendapan bagian endapan primer di lereng hingga jauh ke lembah-lembah dan bermuara ke dasar laut. Hasil akhir dari proses tersebut membentuk endapan timah aluvial dengan mineral ikutan antara lain berupa butiran monasit, xenotim dan zirkon dalam bentuk endapan pasir (Gambar 2.5).



Gambar 2.5 Ilustrasi Pembentukan REE Plaser di Pulau Bangka (PT Timah Tbk, 2018)