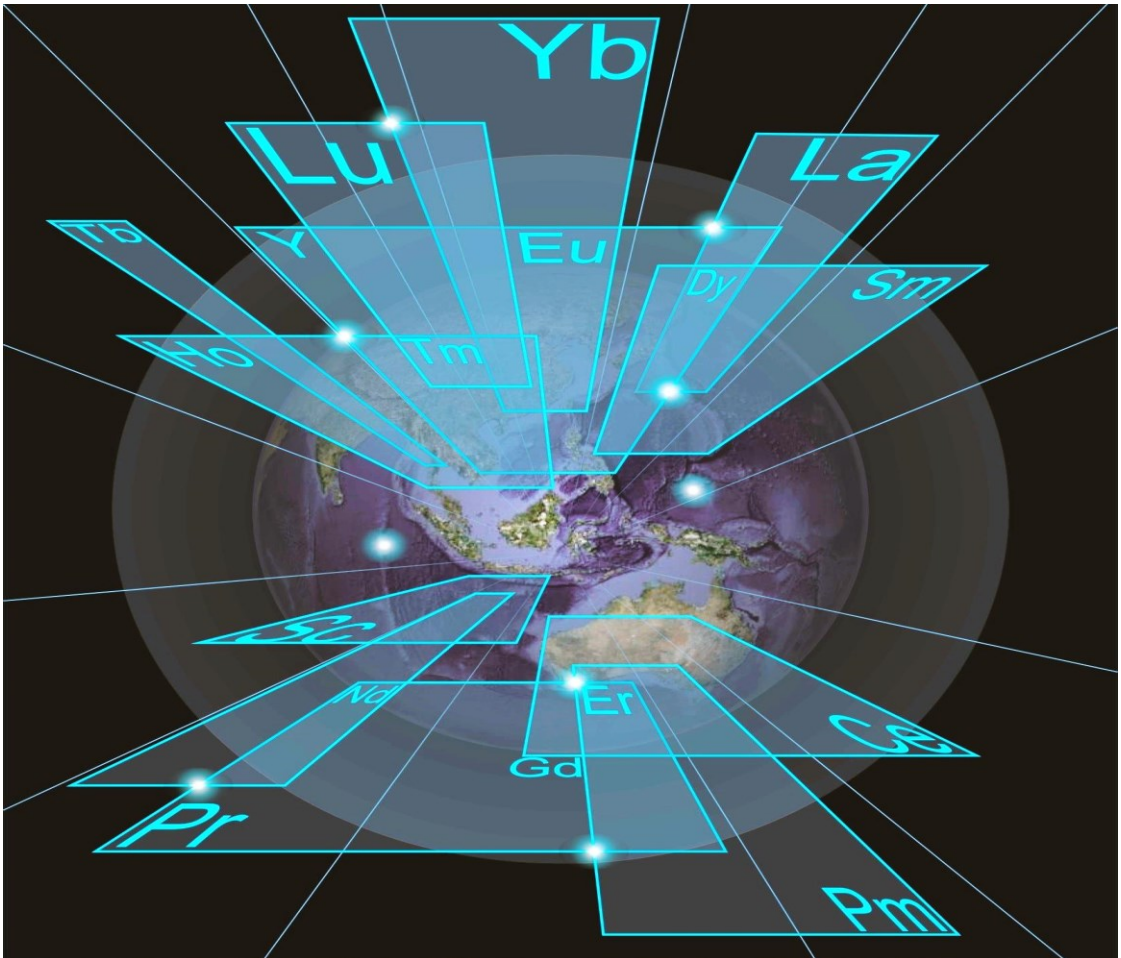


TELAAH PENGUATAN STRUKTUR INDUSTRI PEMETAAN POTENSI LOGAM TANAH JARANG DI INDONESIA



Tim Penyusun:

Achdiat Atmawinata, Ferry Yahya, Sakri Widhianto, Roosmariharso, Dradjad Irianto, Adriano Adlir, Yus Susilo, Wartam Radjid, Massaruddin, Denny Noviansyah, Ari Indarto Sutjiatmo, Shinta V, Sih Wuri, Bayu Prabowo Sutjiatmo, Ardhana

JAKARTA, DESEMBER 2014

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkah dan rahmatNya sehingga kajian tentang ***Telaahan Penguatan Struktur Industri, Pemetaan Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia*** selesai dilakukan dan laporan hasil kajian ini tersusun.

Kajian ini dilakukan untuk menelaah unsur tanah jarang atau logam tanah jarang (LTJ) yang menjadi isu global karena peranan LTJ dalam teknologi material untuk menghasilkan produk/barang-barang teknologi tinggi serta penggunaan pada berbagai produk strategis yang mempunyai nilai ekonomi yang sangat menentukan dalam persaingan global.

Unsur tanah jarang, yang merupakan kelompok lantanida dalam tabel periodik unsur, terdiri atas 15 unsur, yaitu mulai dari lantanum hingga lutetium, serta dua unsur tambahan, yaitu itrium dan skandium. Pemasukan itrium dan skandium ke dalam golongan unsur tanah jarang didasarkan pada pertimbangan kesamaan sifat unsur-unsur tersebut.

Unsur logam tanah jarang *basnesit, monasit, xenotim dan zirkon* paling banyak dijumpai di alam. Penggunaan unsur logam tanah jarang sangat bervariasi, meliputi, energi nuklir, kimia, katalisator, elektronik, optik dan lain-lain.

Terkait dengan energi, meskipun tidak langsung menghasilkan energi, unsur tanah jarang berperan penting dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas penggunaan dan pembangkitan energi serta dalam konversi energi.

Di dunia, Cina merupakan produsen utama logam tanah jarang. Dengan produksi logam tanah jarang yang besar, Cina mampu mendorong pertumbuhan teknologi industrinya, dengan mendirikan industri elektronik nasional yang dapat bersaing dengan industri elektronik dunia lainnya. Selain

itu Cina adalah eksportir utama logam unsur tanah jarang ke beberapa negara industri maju, seperti Amerika, Jepang, dan Uni Eropa:

Kebutuhan mereka yang semakin meningkat untuk keperluan penggunaan logam tanah jarang pada komponen mesin seperti mesin jet pesawat tempur dan pesawat terbang komersial, sistem senjata rudal, elektronik, pendeteksi bawah laut, pertahanan antirudal, alat pelacak, pembangkit energi pada satelit, dan komunikasi, menimbulkan permasalahan dalam persaingan global. Hal ini semakin mencuat dengan kebijakan Cina yang membatasi ekspor logam tanah jarangnya.

Di sisi lain, dari beberapa penelitian yang telah dilakukan diketahui Indonesia mempunyai potensi unsur tanah jarang yang cukup besar. Potensi tersebut membuka peluang bagi Indonesia untuk menjadi negara yang dapat mengembangkan industri teknologi tinggi dan terpadu bila dapat memanfaatkan dan mengelolanya secara mandiri. Daerah-daerah yang memiliki mineral tanah jarang antara lain Pulau Bangka dan Belitung, Kepulauan Tujuh, Singkep, Kundur, Karimun Jawa, Sumatera, Kalimantan, Pulau Sula Banggai (Timur Sulawesi) dan bagian barat Papua. Mineral LTJ yang umum ditemukan di Indonesia adalah *monasit*, dan *xenotim*. Di Bangka Belitung, ditemukan bersama mineral timah, dan di Kalimantan bersama mineral emas. Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa mineral timah di lepas pantai Kepulauan Riau dan Bangka Belitung, keseluruhannya berpotensi mengandung unsur tanah jarang dan bahan ikatan berupa Uranium dan Thorium yang mengandung radioaktif.

Industri untuk pengolahan LTJ di Indonesia menghadapi banyak kendala. Diantaranya, sumber logam tanah jarang terikat bersama logam utama hasil tambang, sedangkan sumber sekunder terbawa sisa proses pengolahan tambang (*tailing*, *filtrat*) sehingga lebih sulit diekstraksi. Penguasaan teknologi LTJ di Indonesia belum mencapai skala komersial dan

sampai saat ini penelitian tentang LTJ belum optimal. Hal ini disebabkan karena belum ada penelitian khusus yang menggali potensi dan pemanfaatan LTJ. Penelitian masih dilakukan secara parsial oleh berbagai instansi, sementara penelitian LTJ ini memerlukan sinergi seluruh *stakeholder*.

Kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang LTJ di Indonesia dan menjadi dasar bagi usaha penumbuhan industri logam tanah jarang di Indonesia melalui sinergi antara pihak pemerintah, industri dan akademisi. Kritik dan saran yang konstruktif sangat dihargai sebagai masukan dalam menyempurnakan hasil studi ini.

Saya, sebagai Ketua Tim Pengkajian, dan seluruh anggota Tim Pengkajian menyampaikan ucapan terima kasih kepada PT. Timah Tbk dan PT. Antam Tbk yang telah memberikan akses dan kemudahan bagi kami untuk mengunjungi langsung lokasi penambangan terkait.

Jakarta, Desember 2014

Staf Ahli Menteri Perindustrian

Bidang Penguatan Struktur Industri

Achdiat Atmawinata

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Ruang Lingkup	3
1.3. Sistematika Penulisan	3
BAB 2. GAMBARAN UMUM LOGAM TANAH JARANG.....	5
2.1. Definisi dan Pengertian.....	5
2.2. Sejarah.....	6
2.3. Unsur-Unsur Logam Tanah Jarang.....	8
2.4. Penguraian Unsur Logam Tanah Jarang dari <i>Main Ore</i>	19
2.5. Dampak Lingkungan Kasus Malaysia.....	21
BAB 3. POTENSI LOGAM TANAH JARANG.....	28
3.1. Potensi Logam Tanah Jarang Dunia	30
3.2. Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia	35
3.2.1. Studi Kasus: Mineral LTJ Ikutan Timah	39
3.2.2. Studi Kasus: Mineral LTJ Ikutan Bauksit	49
3.2.3. Studi Kasus: Mineral LTJ Ikutan Bijih Besi	59
3.2.4. Studi Kasus: Mineral LTJ Ikutan Zirkon dan Emas	60
BAB 4. KERJASAMA PENGEMBANGAN LOGAM TANAH JARANG	61

4.1. Indonesia Korea	61
4.2. Konsorsium Logam Tanah Jarang	64
BAB 5. PEMANFAATAN LTJ UNTUK INDUSTRI.....	68
5.1. Industri Elektronik.....	69
5.2. Industri Otomotif – mobil hibrida	78
5.3. Industri Listrik – Magnet	78
5.4. Industri Energi Baru Terbarukan	83
5.4.1. Solar Cell.....	83
5.4.2. Magnet Permanen	88
5.5 . Industri Lainnya	88
BAB 6. PENGEMBANGAN INDUSTRI BERBASIS LTJ	92
6.1. Strategi Pengembangan Industri berbasis Logam Tanah Jarang	92
6.1.1. Strategi Pengembangan	92
6.1.1.1. Internalisasi dan Pengamanan Sumber Daya	92
6.1.1.2. Materialisasi.....	94
6.1.1.3. <i>Circulation Technology and Infrastructure (Recycle/Reuse)</i>	95
6.1.2. Pokok Rencana Aksi	97
6.1.2.1. Jangka Menengah (2015– 2020)	97
6.1.2.2. Jangka Panjang (2016 – 2025)	98
6.2. Optimalisasi Peran BPKIMI melalui Balai Besar dan dan Balai Riset Industri dan Standarisasi	106
6.2.1. Kelembagaan BPKIMI	106
6.2.2. Usulan Peran Balai Besar dalam pengembangan LTJ	108
6.2.3. Potensi.....	110
6.2.4. Kendala dan Permasalahan.....	111
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	113
7.1. Kesimpulan	113
7.2. Saran.....	115
DAFTAR PUSTAKA.....	117
FOTO KEGIATAN	120
LAMPIRAN	136

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tabel Periodik Unsur	8
Tabel 2.2. Nomor Atom, Simbol, Asal Nama dan Kegunaan LTJ	8
Tabel 2.3. Unsur-unsur logam tanah jarang dengan sub-klasifikasi	11
Tabel 2.4. Kelompok LTJ Ringan dan LTJ Berat	12
Tabel 2.5. Contoh Aplikasi LTJ Ringan dan LTJ Berat	13
Tabel 2.6. Aplikasi utama unsur-unsur logam tanah jarang	16
Tabel 2.7. Aplikasi LTJ	18
Tabel 3.1. Tipe dan daerah tambang deposit mineral LTJ	30
Tabel 3.2. Klasifikasi mineral LTJ berdasarkan komposisi kimianya	33
Tabel 3.3. Cadangan dan produksi logam tanah jarang dunia	33
Tabel 3.4. Tipikal kandungan monasit dan xenotim pada konsentrat bijih timah yang belum diolah di Pulau Bangka dan Belitung	36
Tabel 3.5. Lokasi LTJ	38
Tabel 3.6. Berbagai mineral ikutan timah	42
Tabel 3.7. Perkiraan sumber daya LTJ dalam endapan plaser	43
Tabel 3.8. Potensi Bauksit di Indonesia	50
Tabel 3.9. Potensi unsur LTJ pada Bauksit (Berdasarkan hasil Riset di Cina) ..	56
Tabel 3.10. Kandungan oksida red mud (Berdasarkan hasil riset di India)	57
Tabel 3.11. Kandungan Unsur pada Red Mud (Berdasarkan hasil riset di India)	58
Tabel 3.12. Kandungan bijih besi di beberapa daerah di Indonesia	60

Tabel 5.1. Penggunaan Logam Tanah Jarang untuk Industri.....	69
Tabel 5.2. Penggunaan Logam Tanah Jarang untuk Industri Elektronika	70
Tabel 6.1. Kerangka Pengembangan Industri Logam Tanah Jarang	100
Tabel 6.2. Peran Pemangku Kepentingan dalam Pengembangan Industri Logam Tanah Jarang	104
Tabel 6.3. Kompetensi Inti Balai Besar	107
Tabel 6.4. Kompetensi Inti Balai Besar	107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Unsur-unsur Logam Tanah Jarang	11
Gambar 2.2. Mineral kasiterit (SnO_2) dan mineral ikutannya, dari Pulau Bangka	13
Gambar 2.3. Contoh pohon industri unsur-unsur logam tanah jarang	17
Gambar 2.4. Alur proses penguraian elemen LTJ dari main ore	20
Gambar 2.5. Tumpukan Limbah ARE	22
Gambar 2.6. Perbandingan Jumlah Sel Darah Putih Anak-anak di Bukit Merah dan Kepulauan Marshall dengan Anak-anak Normal	23
Gambar 2.7. Fasilitas Pembuangan Limbah ARE	24
Gambar 2.8. Fasilitas Pembuangan Limbah ARE Tampak dari Udara	24
Gambar 2.9. Unjuk Rasa Menentang Proyek LAMP	25
Gambar 2.10. Anak Penyandang Keterbelakangan Mental dari Mantan Pekerja ARE	27
Gambar 3.1. Peta Tambang Bayan Obo, Cina	29
Gambar 3.2. Google Earth Lokasi tambang Bayan Obo Cina	29
Gambar 3.3. Distribusi mineral LTJ di dunia.....	32
Gambar 3.4. Peta Jalur Timah Asia Tenggara	40
Gambar 3.5. Papan Lokasi Pembangunan Pengolahan Monasit di PT. Timah	41
Gambar 3.6. Aliran proses pengolahan bijih timah untuk dipisahkan dari mineral mineral ikutan	44
Gambar 3.7. Pengolahan Bijih Timah yang Dipisahkan dari Mineral..... di Peltim Muntok.....	44

Gambar 3.8. Back scattered SEM dari sampel konsentrat bijih sebelum diproses M = Monasit, C = Kasiterit, X = Xenotime, I = ilmenit, and Q = Quart	45
Gambar 3.9. Gudang Penyimpanan Monasit dan Xenotime di Peltim Muntok	46
Gambar 3.10. Sisa Proses Pengolahan Timah (Tailing Stock) yang Mengandung Mineral Ikutan Monasit dan Xenotim di Peltim Muntok	47
Gambar 3.11. Elemental Analisis dari spectrum EDX,	47
Gambar 3.12. Semi kuantitatif analisis menggunakan EDS dari beberapa mineral monasit dan xenotim (selected minerals)	48
Gambar 3.13. Mineral bauksit	49
Gambar 3.14. Sebaran Mineral Bauksit di Indonesia	51
Gambar 3.15. Deposit Bauksit di dunia	51
Gambar 3.16. Proses penambangan Bauksit	51
Gambar 3.17. Proses Bayer	53
Gambar 3.18. Proses pemurnian Bauksit secara elektrolisa	54
Gambar 4.1. Ruang Lingkup Konsorsium Tanah Jarang	65
Gambar 4.2. Flow proses pengolahan tanah jarang dari mineral hingga menjadi produk jadi	66
Gambar 5.1. Pemanfaatan LTJ untuk Industri	68
Gambar 5.2. Display Phosphor	70
Gambar 5.3. Penggunaan LTJ untuk display fosfor	71
Gambar 5.4. Baterai	71
Gambar 5.5. Lasers	72
Gambar 5.6. Serat Optik	73
Gambar 5.7. Pengindra Suhu Optik	73
Gambar 5.8. Semi Konduktor	74
Gambar 5.9. Penggunaan Unsur Kimia untuk Smartphone	75
Gambar 5.10. Pemanfaatan LTJ pada kendaraan bermotor	78
Gambar 5.11. Pembuatan Magnet Sintered	80
Gambar 5.12. Magnet Neodimium	81

Gambar 5.13. Pemanfaatan Magnet Neodimium pada Turbin Angin	88
Gambar 5.14. LTJ dalam Sistem Kendali	89
Gambar 5.15. LTJ dalam Peralatan Petahanan Elektronik.....	90
Gambar 5.16. LTJ dalam Sistem Senjata Kendali.....	90
Gambar 5.17. LTJ dalam Motor Listrik	91
Gambar 5.18. LTJ dalam Sistem Komunikasi.....	91
Gambar 6.1. Strategi Pengembangan Industri Logam Tanah Jarang	96
Gambar 6.2. Lokasi Pengembangan Industri Berbasis LTJ	103
Gambar 6.3. Tahapan pengembangan teknologi	110

1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Material logam yang umumnya digunakan sebagai bahan baku produk-produk industri biasanya memiliki karakteristik keras, dapat ditempa dan merupakan konduktor yang baik. Logam dapat diklasifikasikan ke dalam golongan *fero* dan *nonfero*. Dalam perkembangannya, berdasarkan penelitian, ditemukan material-material baru yang bila dipadukan dengan material bahan baku bisa meningkatkan karakteristik dan mutu material logam atau material non-logam tersebut. Material baru ini kemudian dikenal dengan nama logam tanah jarang (LTJ).

Logam tanah jarang tidak ditemukan dalam bentuk unsur bebas melainkan berupa paduan senyawa kompleks sehingga untuk pemanfaatannya harus dipisahkan terlebih dahulu dari senyawa kompleks tersebut. Logam tanah jarang terdiri dari tujuh belas unsur yang setiap unsurnya dapat dilihat pada tabel periodik unsur. Ketujuh belas unsur tersebut terdiri dari lima belas unsur yang merupakan kelompok lantanida ditambah dengan skandium serta itrium. Skandium dan Itrium dimasukkan sebagai logam tanah jarang karena cenderung hadir dalam deposit yang sama dengan grup lantanida dan memperlihatkan kesamaan sifat-sifat kimia (sumber: IUPAC, *International Union of Pure and*

Applied Chemistry). Berdasarkan variasi radius ion dan susunan elektron, logam tanah jarang dapat dikelompokkan dalam LTJ ringan dan LTJ berat.

Logam tanah jarang banyak digunakan pada produk elektronika dan energi hijau. Sebagai contoh, paduan logam tanah jarang digunakan pada anoda baterai *rechargeable* dan berkontribusi sekitar 26% dari berat total baterai. Logam tanah jarang juga digunakan pada layar CRT, PDP, serta LCD. Selain itu logam tanah jarang juga dipakai sebagai campuran untuk magnet motor/generator. Luasnya pemanfaatan logam tanah jarang membuat permintaan akan bahan ini semakin meningkat dari tahun ke tahun.

Logam tanah jarang ditemukan di seluruh benua. Empat besar negara penghasil logam tanah jarang dunia adalah Cina (97%), India (2,1%), Brazil (0,5%), dan Malaysia (0,3%) (US Geological Survey 2010). Cina yang memasok 97% LTJ kebutuhan dunia menimbulkan kekhawatiran bagi masyarakat dunia, terutama bila terjadi perubahan kebijakan di negara tersebut. Sebagai contoh, ketika Cina memotong 70% ekspor logam tanah jarangnya berimbas pada industri manufaktur produk olahan logam tanah jarang di Amerika, Jepang, dan Eropa sehingga menyebabkan kenaikan harga produk hingga 40% (*International Strategic and Securities Studies Programme*, India 2013).

Indonesia memiliki potensi logam tanah jarang yang cukup besar yang tersebar di daerah Bangka Belitung, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua dengan perkiraan potensi hingga 1,5 miliar ton. Terdapat tiga jenis mineral yang mengandung logam tanah jarang, yaitu monasit, xenotim, dan zirkon. Di sepanjang pantai kepulauan Bangka Belitung terdapat monasit, xenotim, dan zirkon sebagai mineral ikutan bijih timah. Selain itu di Kalimantan Tengah terdapat banyak zirkon sebagai mineral ikutan bijih emas *alluvial*.

Kendati potensi logam tanah jarang di Indonesia cukup besar, namun pengolahan logam tanah jarang belum dilakukan. Bahkan senyawa yang mengandung logam tanah jarang masih dianggap sebagai limbah. Namun

demikian hingga saat ini telah dilakukan studi kasus untuk beberapa mineral ikutan.

Kajian tentang logam tanah jarang ini dilakukan untuk memberikan gambaran atau peta potensi sumber, pengolahan, dan pemanfaatan logam tanah jarang di Indonesia.

1.2. Ruang Lingkup

Kajian ini membahas tentang definisi dan pengertian, potensi, kondisi di dunia dan Indonesia, pemanfaatan serta usul pengembangan logam tanah jarang.

1.3. Sistematika Penulisan

I. Pendahuluan

Memberikan gambaran sekilas tentang definisi, ketersediaan, dan potensi logam tanah jarang serta tujuan penulisan kajian

II. Definisi dan Pengertian Logam Tanah Jarang

Menjelaskan secara detail definisi dan pengertian logam tanah jarang. Pada bab ini disertakan juga sejarah logam tanah jarang , klasifikasi logam tanah jarang, serta proses penguraian unsur logam tanah jarang dari bijih utama (*main ore*).

III. Potensi Logam Tanah Jarang

Bab ini menjelaskan tentang potensi logam tanah jarang di dunia dan Indonesia yang meliputi persebaran dan kandungannya. Selain itu dibahas juga studi kasus tentang mineral tanah jarang ikutan timah, bauksit, nikel, bijih besi, dan tembaga.

IV. Kerjasama Pengembangan Logam Tanah Jarang

Bab ini menjelaskan tentang hasil pemikiran para ahli dan kelompok kerja serta contoh dampak penambangan logam tanah jarang terhadap lingkungan.

V. Pemanfaatan Logam Tanah Jarang untuk industri (Studi Kasus dan Analisis)

Bab ini menjelaskan tentang manfaat logam tanah jarang pada industri elektronika, kimia dan katalis, otomotif, magnet, serta energi baru terbarukan.

VI. Usulan Pengembangan Industri Logam Tanah Jarang

Bab ini berisi strategi pengembangan industri logam tanah jarang berdasarkan potensi dan peluang pemanfaatannya dengan mengoptimalkan kemampuan balai-balai industri.

VII. Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan kajian dan saran tindak lanjut.

2

GAMBARAN UMUM LOGAM TANAH JARANG

2.1. Definisi dan Pengertian

Logam Tanah Jarang atau *Rare Earth Element* (REE) adalah 17 unsur dalam kelompok lantanida yang terdapat dalam tabel periodik unsur.

Logam Tanah Jarang terdapat sebagai mineral ikutan pada mineral utama seperti tembaga, emas, perak, timah, dan lain lain. Sebagai material ikutan dari mineral utama, jumlahnya sangat kecil dan jarang ditemukan, maka material atau elemen ini disebut Logam Tanah Jarang atau disingkat LTJ. LTJ bukan elemen logam bebas atau mineral murni secara individu.

Unsur LTJ, umumnya merupakan senyawa kompleks fosfat dan karbonat. Upaya pemisahannya membutuhkan proses yang amat rumit. Unsur-unsur yang mendominasi dalam senyawa tersebut adalah lantanum, serium, dan neodimium. Pemanfaatan ketiga unsur LTJ ini sangat tinggi dibanding LTJ lainnya dan umumnya dipakai pada industri teknologi tinggi.

Sifat LTJ sangat khas, dan belum ada material lain yang mampu menggantikannya sehingga membuat LTJ menjadi material yang vital dan mempunyai potensi strategis.

Unsur LTJ tersebar luas dalam konsentrasi rendah (10 – 300 ppm) pada banyak formasi batuan. Kandungan unsur LTJ yang tinggi lebih banyak dijumpai pada batuan granitik dibandingkan dengan pada batuan basa. Konsentrasi unsur LTJ juga dijumpai pada batuan beku alkalin dan karbonatit.

Berdasarkan asal mulanya, cebakan mineral LTJ dibagi dalam dua jenis, yaitu cebakan primer sebagai hasil proses magmatik dan hidrotermal, dan cebakan sekunder yang merupakan rombakan dari batuan asalnya yang telah diendapkan kembali sebagai endapan sungai, danau, delta, pantai, dan lepas pantai.

Pembentukan mineral LTJ primer dalam batuan karbonatit menghasilkan mineral basnesit dan monasit. Karbonatit sangat kaya kandungan unsur LTJ, dan merupakan batuan yang mengandung LTJ paling banyak dibanding batuan beku lainnya.

2.2. Sejarah

Kelompok unsur logam tanah jarang pertama kali ditemukan pada tahun 1787 oleh seorang letnan angkatan bersenjata Swedia bernama Karl Axel Arrhenius, yang mengumpulkan mineral itterbit dari tambang feldspar dan kuarsa di dekat Desa Ytterby, Swedia. Mineral tersebut berhasil dipisahkan oleh J. Gadoli pada tahun 1794 dengan memperoleh mineral Itterbit. Selanjutnya, nama mineral tersebut diganti menjadi Gadolinit.

Penemuan unsur baru ini mendorong dilakukannya penelitian yang membuahkan penemuan unsur-unsur logam tanah jarang lainnya, seperti :

- Tahun 1804 Klaproth dan rekan-rekannya menemukan serium yang merupakan bentuk oksida dari serium.
- Tahun 1828, Berzelius memperoleh mineral thoria dari mineral torit.
- Tahun 1842 Mosander memisahkan senyawa bernama ittria menjadi tiga macam unsur melalui pengendapan fraksional menggunakan asam oksalat dan hidroksida. Unsur tersebut adalah Ittria, Terbia dan Erbia. Sehingga, pada tahun 1842, ada 6 LTJ yang telah ditemukan, yaitu ittrium, serium, lantanum, didymium, erbium dan terbium.
- Tahun 1879, berkat petunjuk Marc Delafontaine, Paul Paul Émile Lecoq de Boisbaudran mampu memperoleh samarium dari mineral samaskit.
- Tahun 1885, Welsbach memisahkan praseodimium dan neodimium yang terdapat pada samarium
- Tahun 1886, Boisbaudran memperoleh gadolinium dari mineral Itterbia yang diperoleh J.C.G de Marignac tahun 1880
- Pada 1907 dari Itterbia yang diperoleh Jean Charles Galissard de Marignac, de Boisbaudran mampu memisahkan senyawa tersebut menjadi Neoytterium dan Lutesium. P.T. Cleve mampu memisahkan tiga unsur dari erbia dan terbia yang dimiliki Marignac. Ia memperoleh Erbium, Holminium dan Tulium. L. De Boisbaudran, mampu memperoleh unsur lain bernama Dispersium.

2.3. Unsur-Unsur Logam Tanah Jarang

Dalam perkembangannya telah ditemukan 17 unsur LTJ seperti tersebut pada tabel 2.1. Penggunaan utama ke 17 unsur logam tersebut berdasarkan nomor atom, simbol, asal namanya, dapat dilihat pada Tabel 2.2. Beberapa logam ini dinamai menurut asal nama ilmuwan yang menemukannya, sedangkan beberapa logam lainnya debieri nama menurut tempat logam ditemukan. Contoh bentuk fisik beberapa logam tanah jarang dapat dilihat pada gambar 2.1.

Tabel 2.1. Tabel Periodik Unsur

Tabel 2.2. Nomor Atom, Simbol, Asal Nama dan Kegunaan LTJ

No. Atom	Simbol	Nama	Etimologi	Kegunaan
21	Sc	Skandium	Dari bahasa latin <i>Scandia</i> (Skandinavia), tempat dimana bijih ini pertama kalinya ditemukan.	Campuran aluminium-skandium ringan yang dipakai untuk komponen pesawat terbang dan aditif untuk lampu uap-merkuri. ^[4]

39	Y	Ittrium	dinamai dari Ytterby, Swedia, tempat logam ini pertama ditemukan.	Laser Ittrium-aluminium garnet (YAG), ittrium vanadat (YVO4) untuk pembuatan europium pada TV fosfor merah, YBCO super konduktivitas suhu tinggi, filter gelombang mikro ittrium iron garnet (YIG). ^[4]
57	La	Lantanum	Dari bahasa Yunani " <i>lanthanein</i> ", artinya tersembunyi.	Kaca dengan indeks refraktif tinggi, penyimpanan hidrogen, elektroda baterai, lensa kamera, katalis "cracking" katalitik cairan pada kilang minyak
58	Ce	Serium	diambil dari nama salah satu planet kerdil Ceres, dari nama Dewi Pertanian Romawi.	Agen oksidasi kimia, bubuk pemoles, pewarna kuning pada kaca dan keramik, katalis untuk oven " <i>self-cleaning</i> ", katalis " <i>cracking</i> " katalis cairan pada kilang minyak, fero serium
59	Pr	Praseodimium	dari bahasa Yunani "prasios" dan "didymos".	Magnet logamtanah jarang, laser, bahan inti untuk lampu karbon, pewarna pada kaca dan enamel, aditif untuk kaca didimium yang dipakai pada kacamata las, ^[4] produk feroserium (flint).
60	Nd	Neodimium	dari bahasa Yunani "neos" (baru) dan "didymos" (kembar).	Magnet logam tanah jarang, laser, pewarna ungu pada kaca dan keramik, kapasitor keramik
61	Pm	Prometium	dari mitologi Titan Prometheus.	Baterai nuklir

Telaahan Penguatan Struktur Industri
Pemetaan Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia

62	Sm	Samarium	dinamai dari Vasili Samarsky-Bykhovets, yang menemukan bijih tanah jarang samarskit.	Magnet logam tanah jarang, laser, penangkap neutron, maser
63	Eu	Europium	dinamai dari benua Eropa.	Fosfor merah dan biru, laser, lampu uap merkuri, agen relaksasi NMR
64	Gd	Gadolinium	dinamai dari Johan Gadolin (1760–1852), sebagai persembahan atas dedikasinya pada logam tanah jarang.	Magnet logam tanah jarang, laser, kaca dengan indeks refraktif tinggi atau garnet, tabung X-ray, memori komputer, penangkap neutron, agen kontras MRI, agen relaksasi NMR
65	Tb	Terbium	dinamai dari desa Ytterby, Swedia.	Fosfor hijau, laser, lampu fluorescen
66	Dy	Dysprosium	dari bahasa Yunani "dysprositos" (susah untuk didapatkan).	Magnet logam tanah jarang, laser
67	Ho	Holmium	dinamai dari kota Stockholm (dalam bahasa Latin, "Holmia"), kota dari salah satu penemunya.	Laser
68	Er	Erbium	dinamai dari desa Ytterby, Swedia.	Laser, baja vanadium
69	Tm	Tulium	diambil dari asal usul Thule.	Mesin X-ray jinjing
70	Yb	Ytterbium	dinamai dari desa Ytterby, Swedia.	Laser inframerah, agen pereduksi kimia
71	Lu	Lutetium	diambil dari nama Lutetia, kota yang berganti nama menjadi Paris.	Detektor pengindra PET, kaca dengan indeks refraktif tinggi



Gambar 2.1. Unsur-unsur Logam Tanah Jarang

Berdasarkan variasi radius ion dan susunan elektron, unsur LTJ di klasifikasikan kedalam dua subkelompok, yaitu :

- Unsur logam tanah jarang ringan, atau subkelompok serium yang meliputi lantanum hingga europium
- Unsur logam tanah jarang berat, atau subkelompok ittrium yang meliputi gadolinium hingga lutetium dan ittrium.

Tabel 2.3. Unsur-unsur logam tanah jarang dengan sub-klasifikasi

Simbol	Nama Unsur	Nomor Atom	Sub-klasifikasi
La	Lantanum	57	Ringan
Ce	Serium	58	Ringan
Pr	Praseodimium	59	Ringan
Nd	Neodimium	60	Ringan
Pm	Prometium	61	Ringan
Sm	Samarium	62	Ringan

Simbol	Nama Unsur	Nomor Atom	Sub-klasifikasi
Eu	Europium	63	Ringan
Gd	Gadolinium	64	Ringan
Tb	Terbium	65	Berat
Dy	Disprosium	66	Berat
Ho	Holmium	67	Berat
Er	Erbium	68	Berat
Tm	Tulium	69	Berat
Yb	Itterbium	70	Berat
Lu	Lutetium	71	Berat
Y	Ittrium	39	Berat*
Sc	Skandium	21	x
Th	Torium	90	x

Dalam kelompok unsur logam tanah jarang ringan dan berat terdapat beberapa unsur yang diperkirakan akan mengalami kelangkaan pasokan dalam jangka waktu 15 tahun yang akan datang.

Tabel 2.4. Kelompok LTJ Ringan dan LTJ Berat

Logam Tanah Jarang Ringan

- Lantanum (La)
- Setrium (Ce)
- Praseodinium (Pr)
- Neodinium (Nd)
- Samarium (Sm)

Logam Tanah Jarang Berat

(Kurang umum dan lebih bernilai)

- Eropium (Eu)
- Gadolinium (Gd)
- Terbium (Tb)
- Disprosium (Dy)
- Holmium (Hp)
- Erbium (Er)
- Itterbium (Yb)
- Lutetium (Lu)
- Ittrium (Y)

Pertumbuhan penggunaan unsur-unsur LTJ baik ringan maupun berat sampai dengan tahun 2015 sebagaimana dimaksud pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Contoh Aplikasi LTJ Ringan dan LTJ Berat

LTJ pada Daftar Kritis		Aplikasi	Perkiraan Tingkat Pertumbuhan Tahunan Gabungan 2010-2015
Ringan	Neodinium	Magnet permanen, katalis mobil, penyulingan minyak, laser	16%
Berat	Disprosium	Magnet permanen, mesin hibrida	16%
	Europium	Fosfor, sel bahan bakar, penyerap neutron	27%
	Terbium	Fosfor, magnet permanen	30%
	Ittrium	Fosfor merah, lampu fluoresen, keramik, paduan logam	30%

Sumber: IMCOA dan CIBC World Markets and Dundee Capital Markets

Beberapa contoh mineral logam tanah jarang yang ditemukan di alam yaitu ;

1. Basnasit (CeFCO₃).

Merupakan senyawa fluoro-carbonate serium yang mengandung 60–70% oksida logam tanah jarang seperti, lantanum dan neodimium. Mineral basnasit merupakan sumber LTJ yang utama di dunia. Basnasit ditemukan dalam batuan karbonatit, dolomit breccia, pegmatit dan skarn amfibol.



Gambar 2.2. Mineral kasiterit (SnO₂) dan mineral ikutannya, dari Pulau Bangka

2. Monasit (Ce,La,Y,Th)PO₃)

Merupakan senyawa fosfat LTJ yang mengandung 50-70% oksida LTJ. Monasit diambil dari mineral pasir berat yang merupakan hasil samping dari senyawa logam berat antara lain, dari timah, uranium dan emas. Monasit memiliki kandungan torium yang cukup tinggi, sampai dengan 12% oksida torium atau rata-rata 6-7%, sehingga mineral tersebut memiliki sifat radioaktif. Torium memancarkan radiasi pengion. Monasit dalam jumlah tertentu dikategorikan sebagai TENORM (*Technologically Enhanced Naturally Occuring Radioactive Material*) yaitu zat radioaktif alam yang dikarenakan kegiatan manusia atau proses teknologi terjadi peningkatan paparan potensial jika dibandingkan dengan keadaan awal. Penanganan TENORM mesti mematuhi batasan paparan radiasi yaitu: Paparan pekerja 20 mSv/th atau 10 uSv/jam dan Paparan publik 1 mSv/th.

Konsentrat monasit sebagian besar diperoleh dengan proses pengolahan mineral dan magnetik dan umumnya mempunyai kadar oksida logam tanah jarang 55% – 65%. Di daerah Bangka Tengah, monasit diperoleh dari pemisahan pasir timah dengan menggunakan meja goyang.

Menurut Pusat Sumber Daya Geologi diperkirakan potensi deposit mineral tanah jarang 951.000 ton (2013) dan akan terus meningkat sejalan dengan meningkatnya kegiatan eksplorasi. Sedangkan deposit monasit seluruh dunia sekitar 12 juta ton, dua pertiganya merupakan endapan pasir mineral berat di pantai Timur dan Selatan India.

Deposit torium dunia lebih dari 500.000 ton berada di Australia, Brasil, Kanada, Greenland, India, Afrika Selatan dan Amerika Serikat

3. Xenotime (YPO₄)

Umumnya diperoleh sebagai produk sampingan dari penambangan dan pengolahan mineral berat, seperti kasiterit, ilmenit, zirkon, dan monasit di Asia Tenggara, serta penambangan dan pengolahan biji uranium di Kanada. Xenotime merupakan sumber utama unsur tanah jarang-berat, khususnya itrium. Di Malaysia dan Thailand konsentrat xenotime mempunyai kadar 60% Y₂O₃. Juga merupakan senyawa itrium fosfat yang mengandung 54-65% LTJ termasuk erbium, serium dan etorium. Xenotime juga mineral yang di temukan dalam mineral pasir berat seperti pegmatite dan batuan beku.

4. Zirkon

Merupakan senyawa zirkonium silikat yang didalamnya ditemukan torium, itrium dan serium. Di Indonesia dihasilkan dari penambangan dan pengolahan kembali tailing tambang emas aluvial, terutama pada wilayah bekas tambang rakyat, yang umumnya tailing masih terpapar di permukaan. Zirkon juga merupakan produk sampingan dari tambang timah aluvial.

Penggunaan logam tanah jarang ini mendorong berkembangnya material baru, sehingga banyak digunakan dalam berbagai produk. Material baru dengan menggunakan logam tanah jarang menyebabkan perkembangan teknologi yang cukup signifikan dalam ilmu material, seperti terlihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.6. Aplikasi utama unsur-unsur logam tanah jarang
(Humphries, 2012)**

Unsur Tanah Jarang Ringan	Aplikasi utama	Unsur Tanah Jarang Berat	Aplikasi Utama
Lantanum (La) Serium (Ce) Praseodimium (Pr)	<i>Hybrid engine</i> , paduan logam Autokatalis, pemurnian petroleum, paduan logam Magnet	Terbium (Tb) Disprosium (Dy) Erbium (Er)	Fosfor, magnet Magnet, mesin hibrida Fosfor
Neodimium (Nd) Samarium (Sm) Europium (Eu)	Autokatalis, pemurnian <i>petroleum</i> , hard drives, headphone, <i>hybrid engine</i> , magnet Magnet <i>Red color</i> untuk layar televisi dan komputer	Ittrium (Y) Holmium (Ho) Tulium (Tm) Lutetium (Lu) Itterbium (Yb) Gadolinium (Gd)	Fosfor, red color, lampu fluorescen, keramik, paduan logam Pewarna gelas, laser x-ray untuk aplikasi kedokteran Katalis Laser, baja paduan Magnet

Gambar 2.3. Contoh pohon industri unsur-unsur logam tanah jarang

Tabel 2.7. Aplikasi LTJ

		Permintaan LTJ (ton)	
Magnet	Nd, Pr, Dy, Tb, Sm	17.170	Motor listrik pada mobil hybrid Power steering elektrik Air conditioners Generator Hard Disk Drives
Baterai NiMH	La, Ce, Pr, Nd	7.200	Baterai Mobil Hybrid Baterai Rechargeable
Auto Catalysis	Ce, La, Nd	5.830	Gasoline and hybrids Diesel fuel additive Untuk peningkatan standar emisi otomotif global
Fluid Cracking	La, Ce, Pr, Nd	15.400	Produksi minyak Peningkatan kegunaan minyak
Fosfor	Eu, Y, Tb, La, Dy, Ce, Pr, Gd	4.007	LCD TV dan monitor Plasma TV fluorescent ringans
Polishing Powders	Ce, La, Pr, mixed	15.150	LCD TV dan monitor Plasma TV dan display Silicon wafers and chips
Glass additives	Ce, La, Nd, Er, Gd, Yb	13.590	Kaca optik untuk kamera digital Bahan fiber optik

Material ini banyak diaplikasikan di sektor industri untuk meningkatkan kualitas produk, seperti pada pengembangan magne menjadi neomagnet, yaitu magnet yang memiliki medan magnet yang lebih kuat dari medan magnet biasa. Penggunaan neomagnet memungkinkan penurunan ukuran, berat dan volume produk, seperti speaker atau motor listrik untuk menggerakkan mobil dalam perjalanan jauh berkat perkembangan baterai NIMH.

Selain itu LTJ juga dikembangkan sebagai katalis untuk produk bahan bakar minyak, untuk pelapis kaca pada LCD, lampu, kaca optik, dan lain lain, serta sebagai bahan superkonduktor

Dalam industri metalurgi, penambahan logam tanah jarang digunakan untuk pembuatan baja *High Strength, low alloy (HSLA)*, baja karbon tinggi, *superalloy*, dan *stainless steel*, karena logam tanah jarang dapat meningkatkan kekuatan, kekerasan dan ketahanan material terhadap panas. Sebagai contoh penambahan logam tanah jarang dalam bentuk aditif atau *alloy* pada paduan magnesium dan aluminium meningkatkan kekuatan dan kekerasan paduan tersebut .

Selain itu logam tanah jarang juga digunakan untuk produk-produk korek api gas otomatis, lampu keamanan di pertambangan, perhiasan, cat, pewarna keramik, lapisan pelindung karat, dan instalasi nuklir.

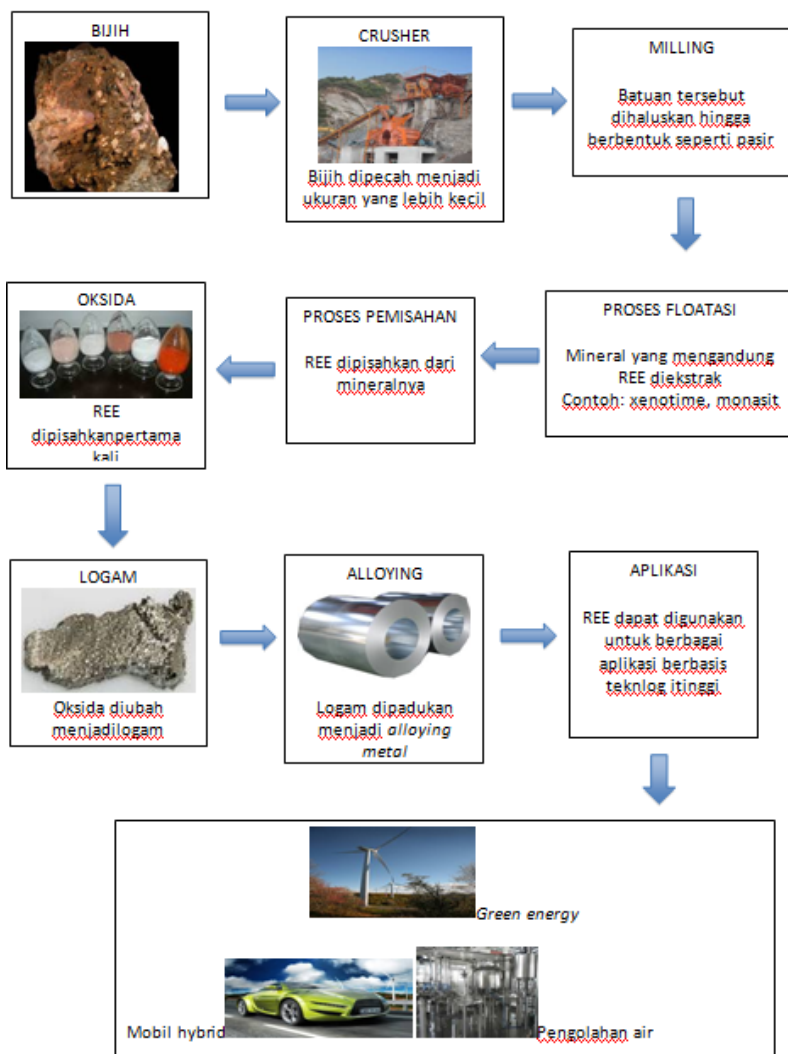
2.4. Penguraian Unsur Logam Tanah Jarang dari *Main Ore*

Logam tanah jarang bukan merupakan unsur bebas dalam lapisan kerak bumi (earth's crust). LTJ umumnya berbentuk paduan senyawa kompleks fosfat dan karbonat. Sehingga LTJ harus dipisahkan terlebih dahulu dari senyawa kompleks tersebut. Proses penguraian digambarkan dalam Gambar 2.4 di bawah.

Secara umum proses pengolahan REE terdiri dari beberapa tahap yaitu proses penambangan, proses pengecilan ukuran, proses pemisahan unsur tanah jarang melalui teknologi ekstraksi sehingga menghasilkan oksida tanah jarang. Kemudian oksida tanah jarang tersebut diubah menjadi logamnya.

Pada tahap awal, proses penambangan didapat bongkahan mineral dengan ukuran yang besar. Kemudian bongkahan tersebut dilewatkan ke crusher untuk mendapatkan mineral yang berukuran lebih kecil (ukuran seperti batu kerikil). Selanjutnya mineral dihaluskan. Dari proses ini didapat produk berukuran halus seperti pasir. Kemudian dilakukan proses floatasi, yaitu proses pemekatan untuk mendapatkan konsentrasi yang lebih tinggi sehingga proses

pemurnian menjadi lebih efisien. Pada proses ini, produk yang dihasilkan adalah senyawa oksida dan masih tergabung beberapa oksida unsur tanah jarang. Selanjutnya oksida-oksida tersebut dipisahkan untuk mendapatkan logam tanah jarang.



Gambar 2.4. Alur proses penguraian elemen LTJ dari *main ore*

2.5. Dampak Lingkungan Kasus Malaysia

Sebuah kasus kontaminasi radioaktif yang parah terjadi di desa Bukit Merah dan daerah sekitarnya yang terletak di dekat Ipoh di Provinsi Penang, Malaysia pada akhir 1970-an sampai awal 1990-an. Kejadian ini dianggap unik dan salah satu kasus yang paling parah dari "Ekspor Pencemaran" atau "Ekspor dengan mencemari Industri" dari negara industri ke negara berkembang.

Kontaminasi sangat parah disebabkan oleh pengelolaan limbah yang sangat buruk selama proses pengolahan bijih monasit untuk produksi logam tanah jarang, seperti Itrium, dan lain-lain. Adapun torium 232 adalah residu beracun utama. Produksi dilakukan oleh Asian Rare Earth (ARE), perusahaan patungan yang didirikan oleh Jepang dan sebuah perusahaan Malaysia. Pemegang saham terbesar adalah Mitsubishi Kasei Company *, sekarang disebut Mitsubishi Kagaku ** (* Kasei = perubahan kimiawi, ** Kagaku = kimia) yang dimiliki 35% saham ARE.

Sampai awal 1970-an, Mitsubishi Kasei telah menghasilkan produk tanah jarang di Jepang. Pada tahun 1968, Undang-Undang Jepang tentang Pengendalian Reaktor Nuklir diubah, dan regulasi menjadi lebih keras. Karena keprihatinan masyarakat Jepang atas limbah radioaktif seperti torium yang lebih kuat, Mitsubishi Kasei berhenti memproduksi logam tanah jarang di Jepang pada tahun 1971. Begitu pula perusahaan lain.

Mitsubishi Kasei adalah salah satu perusahaan utama yang menyebabkan kasus asma berat di Yokkaichi City dekat Nagoya. Pada tahun 1972 Mitsubishi Kasei kalah dalam kasus hukum karena kelalaiannya tidak melakukan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) di Yokkaichi. Mereka diperintahkan untuk membayar kompensasi kerugian kepada korban asma.

Pada tahun 1979, Mitsubishi Kasei mendirikan perusahaan patungan, Asian Rare Earth (ARE), guna memenuhi permintaan akan logam tanah jarang di

Jepang. ARE mulai beroperasi pada 1982. Produk logam tanah jarang ARE 100% diekspor ke Jepang. Mitsubishi Kasei seharusnya melakukan AMDAL sebelum memutuskan lokasi pabrik/kilang, dan mereka mengabaikan pelajaran dari kasus asma Yokkaichi.

ARE menghasilkan limbah torium sebesar 328 ton/tahun, uranium oksida 13 ton/tahun, barium & radium 40-80 ton/tahun. Total: 400 ton/tahun. Mereka tidak memiliki skema pengelolaan limbah yang tepat. Antara 1982-1983, mereka membuang limbah radioaktif di dekat kolam. Pada tahun 1984, mereka membangun tempat penyimpanan yang tidak memadai. Tidak ada tanda-tanda peringatan. Limbah radioaktif beracun bocor ke kolam dan sungai di dekatnya. Tanah, air dan udara yang sangat terkontaminasi oleh bahan radioaktif, terutama torium 232. Selama 1982-1983, pengelolaan limbah bahkan lebih buruk.

**Gambar 2.5. Tumpukan Limbah ARE
(Consumer Association of Penang,2013)**

Di sekitar lokasi pembuangan, tingkat radioaktif (sinar gamma) 50 kali lebih tinggi dari normal (tahun 1984). Bahkan pada beberapa situs, 730 kali lebih tinggi dari normal (tahun 1986, yang diukur oleh Profesor Sadao Ichikawa dan Dr Rosalie Bertell). Dampaknya, berefek pada kesehatan pekerja dan warga sekitar.

Gambar 2.6. Perbandingan Jumlah Sel Darah Putih Anak-anak di Bukit Merah dan Kepulauan Marshall dengan Anak-anak Normal

Salah satu contoh adalah terjadinya leukemia anak 40 kali lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata nasional. Tingkat monocytopenia anak (penurunan jumlah dari jenis sel darah putih) adalah sebanding dengan anak-anak di Kepulauan Marshall, di mana eksperimen H-bom dilakukan oleh Amerika Serikat.

Kemarahan sosial dari pembangunan LTJ menjadi begitu kuat sehingga anggota masyarakat membawa kasus tersebut ke Pengadilan Tinggi Ipoh pada tahun 1985. Pada tahun 1992, pengadilan tinggi mengeluarkan putusan menghentikan operasi perusahaan, namun Mahkamah Agung pada tahun 1993 membatalkan putusan pengadilan tinggi.

ARE akhirnya menutup pabrik pada tahun 1994, dengan menyatakan bahwa mengimpor dari Cina lebih ekonomis. Namun demikian limbah beracun masih tertinggal. Dibutuhkan waktu 9 tahun untuk melakukan dekontaminasi dan operasi pemulihan.

Sebuah fasilitas pembuangan limbah permanen kemudian dibangun pada tahun 2003. Antara tahun 2003-2005, 250 ribu ton tanah, bahan bangunan, peralatan terkontaminasi telah dibawa ke situs ini (41 hektar). Mitsubishi Kasei (sekarang disebut Mitsubishi Kagaku) dan Pemerintah Provinsi Penang tidak pernah mengakui adanya hubungan antara limbah yang dihasilkan oleh ARE dan kerusakan kesehatan.

**Gambar 2.7. Fasilitas Pembuangan Limbah ARE
(Y. Wada,2012)**

ARE melakukan pembayaran bulanan kepada para korban dari apa yang disebut "Dana Pembangunan"

**Gambar 2.8. Fasilitas Pembuangan Limbah ARE Tampak dari Udara
(The Star,2010)**

Pada tahun 2012 didirikan pabrik pengolahan LTJ di Malaysia yang dinamakan *Lynas Advanced Materials Plant* (LAMP). Protes keras mewarnai pendirian pabrik ini. Persepsi yang muncul di masyarakat adalah sebagai berikut

:



Gambar 2.9. Unjuk Rasa Menentang Proyek LAMP

<http://static.quim.co.uk/sys-images/Guardian/About/General/2012/2/26/1330277137442/Malaysia-protest-007.jpg>, 10 Oktober 2014)

PERSEPSI 1: LAMP (Lynas Advance Materials Plant) adalah Pembangkit Tenaga Nuklir

Berdasarkan laporan International Atomic Energy Agency (IAEA) unit pengolahan Lynas bukan pembangkit tenaga nuklir. Bahan yang diolah dalam unit pengolahan tersebut bukan bahan radioaktif melainkan bahan yang mengandung unsur radioaktif. Residu yang dihasilkan adalah residu yang mengandung *naturally occurring radioactive material* (NORM), bukan sisa radioaktif.

PERSEPSI 2: LAMP Dianggap Sama dengan Asian Rare Earth (ARE) di Bukit Merah

LAMP tidak sama dengan Asian Rare Earth (ARE) yang memiliki bahan baku, tingkat radiasi, dan proses yang berbeda. Hal-hal yang membedakan LAMP dengan ARE :

1. LAMP menggunakan bahan baku dari Australia sedangkan ARE menggunakan *tailing monasite*.
2. Kandungan torium dalam bahan mentah ARE 45 kali lebih besar daripada LAMP
3. Teknologi yang digunakan LAMP jauh lebih maju dibanding dengan ARE yang masih menggunakan teknologi tradisional

PERSEPSI 3: ARE berdampak pada kesehatan masyarakat Bukit Merah

Tidak ada penelitian ilmiah yang menunjukkan bahwa ARE menyebabkan kanker bagi masyarakat Bukit Merah. Penutupan ARE disebabkan oleh kerugian perusahaan akibat terjadinya penurunan harga LTJ dunia secara signifikan.



Gambar 2.10. Anak Penyandang Keterbelakangan Mental dari Mantan Pekerja ARE

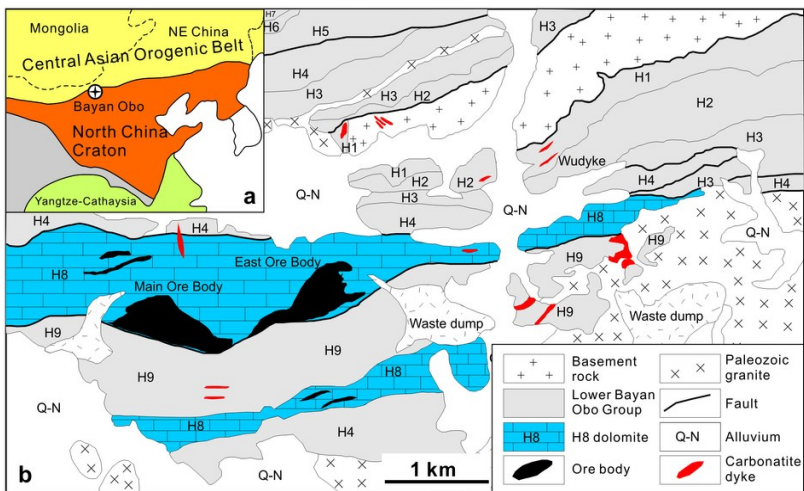
(http://www.nytimes.com/2011/03/09/business/energy-environment/09rareside.html?_r=0, 10 Oktober 2014)

3

POTENSI LOGAM TANAH JARANG

Unsur-unsur LTJ relatif banyak ditemukan pada kerak bumi, tetapi karena sifat kimianya keberadaannya yang tersebar dan tidak terkonsentrasi pada suatu tempat unsur-unsur tersebut tidak dapat dieksploitasi secara ekonomis. Walaupun begitu beberapa deposit mineral LTJ dapat diolah secara ekonomis yaitu mineral *basnaesit*, *ion absorption clay*, *monasit* dan *xenotim*. Cadangan logam LTJ yang sudah diolah terdapat di banyak negara, seperti Amerika Serikat, Australia, Brazil, Cina, India, Malaysia dan lain-lain. Diketahui bahwa Cina memiliki cadangan mineral LTJ yang besar dan Cina juga menguasai pemenuhan kebutuhan LTJ dunia.

Harga LTJ meningkat secara drastis pada tahun 2010 dan 2011 disebabkan karena dilakukan pembatasan ekspor oleh Cina yang menguasai hampir 97 % produksi oksida LTJ maupun logam LTJ di dunia (Humphries, 2012).



Gambar 3.1. Peta Tambang Bayan Obo, Cina

(http://www.nature.com/srep/2013/130507/srep01776/fig_tab/srep01776_F1.html, 10 Oktober 2014)



Gambar 3.2. Google Earth Lokasi tambang Bayan Obo Cina

sumber: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/be/Baiyunebo_ast_2006181.jpg

3.1. Potensi Logam Tanah Jarang Dunia

Tipe dan daerah tambang deposit ditunjukkan sebagaimana pada tabel 3.1. Deposit utama dikelompokkan menurut tipe yaitu: *igneous*, *sedimentary*, dan *secondary*. Sedangkan klasifikasi deposit mineral LTJ yang dikelompokkan menurut komposisi kimia sebagaimana dimaksudkan pada tabel 3.2. Penyebaran mineral LTJ di dunia ditunjukkan pada gambar 3.3.

Tabel 3.1. Tipe dan daerah tambang deposit mineral LTJ (Kamitani, 1991)

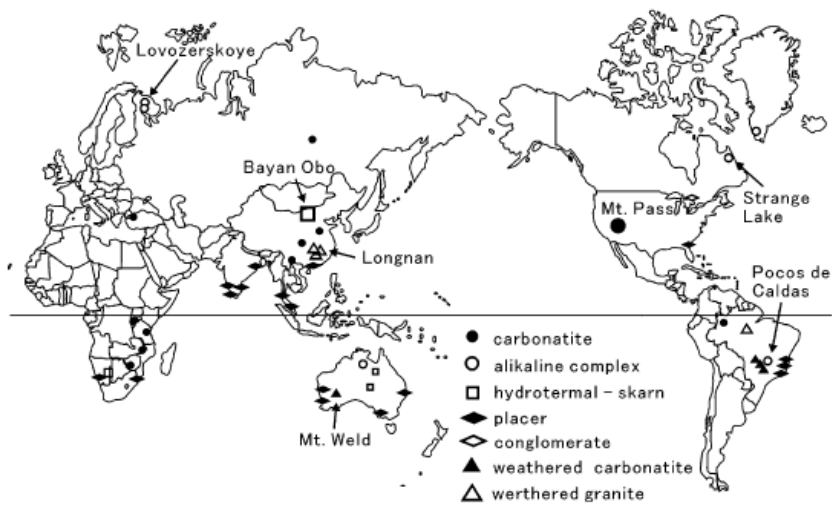
Tipe Deposit	Tambang
1. Igneous <i>Hydrothermal</i> <i>Carbonatites</i> <i>Alkaline rocks</i> <i>Alkaline granites</i>	Bayan Obo (Cina) Mount Pass (USA), Weshan, Maoniuping(Cina), Mount Weld (Australia), Catalao (Brazil), Khibiny, Lovozeiro (Russia), Posos de Caldas (Brazil) Strange Lake (Canada)
2. Sedimentary. <i>Placer</i> <i>Conglomerate</i>	Kerala (India), Western Australia, Queensland (Australia), Richard Bay (South Africa) Elliot Lake (Canada)
3. Secondary <i>Ion adsorption</i> <i>clay</i>	Longnan, Xunwu (Cina)

Bayan Obo, Cina adalah deposit LTJ terbesar di dunia. Total reserve mineral tambang yang terdapat di Bayan Obo setidaknya 1.5 milyar metrik ton Fe (grade rata-rata 35%), 48 juta ton oksida LTJ (grade rata-rata 6%) dan 1 juta ton Nb. Mineral LTJ yang utama adalah basnasit, monasit dan RE-Nb mineral seperti *aeschnyite*, *felgusonite*, and *columbite*. Tipe deposit LTJ yang lain adalah

ion adsorption clay. Tipe ini terdapat di selatan Cina (Nanling). Mineral LTJ tipe ini diabsorpsi oleh mineral kaolin dan halloysite. Walaupun kandungan LTJ yang relatif rendah (0.005-0.2%), proses penambangan dan pengolahan relatif mudah. Deposit ditambang dengan menggunakan metode tambang terbuka (*open pit*) dan tidak dibutuhkan penggerusan (*milling*) dan *ore dressing*. Selain itu kandungan radioaktifnya relatif rendah (Kanazawa & Kamitani, 2006).

Mountine Pass, USA adalah deposit LTJ kedua terbesar di dunia. Deposit dalam bentuk mineral *carbonatite* terletak pada bagian selatan California dan Nevada. Total cadangan oksida LTJ adalah sekitar 28 juta metrik ton (grade 5-10% REO). Produksi pada tahun 2006 turun drastis menjadi 5.000 ton/tahun karena beberapa permasalahan.

Mount Weld, Australia memiliki deposit mineral LTJ berupa *carbonite intrusive pipe*. Bagian permukaan tambang mengandung Nb-Ta, P dan konsentrasi unsur LTJ yang memiliki kandungan unsur radioaktif (Th dan U) rendah. Mineral utamanya adalah basnesit. Cadangan deposit diperkirakan sekitar 917.000 ton oksida LTJ. Selain deposit *carbonite*, deposit mineral pasir berat tipe plaser juga terdapat di sepanjang pantai Australia. Mineral yang terkandung meliputi *rutile-zirkon-ilmenite* di pantai timur dan , ilmenit di pantai barat daya. Sedangkan mineral LTJnya berupa monasit dan xenotim.



Gambar 3.3. Distribusi mineral LTJ di dunia
(Yasuo Kanazawa, 2006)

Tabel 3.2. Klasifikasi mineral LTJ berdasarkan komposisi kimianya
(Kanazawa & Kamitani, 2006)

Mineral class	Mineral examples and chemical formulae
Halides	Fluocerite-(F), CeF ₃
Carbonates	
With fluoride	Bastnaesite, (Ce,La)(CO ₃)F
Without fluoride	Ancylite, (Ce,Sr,Ca)(CO ₃)(OH,H ₂ O)
Borates	Braitschite, (Ca,Na ₂) ₇ CeB ₂₂ O ₄₃ ·7H ₂ O
Oxides and hydrates	
AO ₂ -type	Cerianite, (Ce ⁴⁺ ,Th ⁴⁺)O ₂
ABO ₃ -type	Perovskite group, (Ca,Ce,Na,Sr)(Ti,Nb,Ta)O ₃
ABO ₄ -type	Fergusonite-Formanite, Y(Nb,Ta)O ₄ -Y(Ta,Nb)O ₄
AB ₂ (O,OH) ₆ -type	Euxenite group, (Y,Ca,Ce,U,Th)(Nb,Ta,Ti) ₂ O ₆
A ₂ B ₂ O ₆ (O,OH,F)-type	Pyrochlore group, (Na,RE,K,U) ₂ (Nb,Ta,Ti) ₂ (O,OH,F)
Others	Hibonite, (Ca,Ce)(Al,Ti,Mg) ₁₂ O ₁₉
Phosphates, arsenates and vanadates	Apatite, (Ca,RE,Sr,Na,K) ₃ Ca ₂ (PO ₄) ₃ (F,OH) Monazite, (Ce,La)PO ₄ Xenotime, YPO ₄
Silicates (The following groups are based on the linkage manner of tetrahedral anionic group.)	
Isolated group	Cerite, (Ce,La,Ca) ₉ (Fe ³⁺ ,Mg)(SiO ₄) ₆ [SiO ₃ (OH)](OH) ₃ Garnet, (Ca,Fe,Mg,Mn,Y) ₃ (Al,Cr,Fe,Mn,Ti,V,Zr) ₂ (Si,Al) ₃ O ₁₂ Sphene, CaTiSiO ₄ Allanite, Ca(Ce,Y,Ca)Al(Al,Fe)(Fe,Al)(SiO ₄) ₃ (OH) Stillwellite, CeBSiO ₅ Eudialyte, (Na,Ca,Ce) ₆ (Zr,Fe) ₂ Si ₇ (O,OH,Cl) ₂₂ Gadolinite, (Y,Ce) ₂ Fe ²⁺ Be ₂ Si ₅ O ₁₀ Kainosite, Ca ₂ (Y,RE) ₂ (Si ₄ O ₁₂)CO ₃ ·H ₂ O Iimorite, Y ₂ (SiO ₄)(CO ₃)

(Kanazawa & Kamitani, 2006)

Potensi LTJ dunia tahun 2010 (Bahti, 2011) di beberapa negara, dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.3. Cadangan dan produksi logam tanah jarang dunia
(Rezende dan Cardoso, 2008)

Keterangan	Cadangan (ribu ton)	Produksi (ton)	
		2005	2006
Negara	2006	2005	2006
Brazil	44	958	958
Australia	5.800	-	-
Rusia	21.000
Cina	89.000	119.000	120.000
Amerika Serikat	14.000	-	-
India	1.300	2.700	2.700
Malaysia	35	750	200
Lain-lain	22.956
Total	154.135	123.408	123.858

US Geological Survey (USGS) pada tahun 2010 memperkirakan cadangan unsur tanah jarang (dan juga logam lainnya), akan mengalami kelangkaan dalam kurun waktu 50 tahun mendatang, terhitung sejak tahun 2009, karena menipisnya cadangan sebagai akibat permintaan yang tinggi.

- Antara 10 hingga 20 tahun mendatang: *strontium, silver, antimony, gold, zinc, arsenic, tin, indium, zirkonium, lead, cadmium, barium*;
- Antara 20 hingga 30 tahun mendatang : *mercury, tungsten, copper, thallium, manganese, nickel*;
- Antara 30 hingga 40 tahun mendatang : *molybdenum, rhenium, bismuth, yttrium, niobium*;
- Antara 40 hingga 50 tahun mendatang : *iron*

Selama beberapa tahun terakhir, Pemerintah Cina menerapkan kebijakan yang memperketat kendali atas produksi dan ekspor logam tanah jarang. Kebijakan Cina tersebut menimbulkan keprihatinan banyak negara di dunia, utamanya Amerika Serikat, mengingat pentingnya logam tanah jarang di berbagai industri AS (misalnya, mobil hibrida dan konvensional, minyak dan gas, lampu hemat energi, elektronik canggih, bahan kimia, dan peralatan medis, serta industri pertahanan AS yang memproduksi berbagai sistem senjata). Selain itu, ada kalangan yang khawatir bahwa monopoli Cina terhadap LTJ dapat digunakan sebagai daya tawar terhadap importir utama LTJ, seperti Amerika Serikat, Jepang, dan Uni Eropa (UE).

Bagi pemerintah Cina sendiri hal ini sejalan dengan kebijakan industri Cina yang bertujuan mempromosikan pengembangan industri dalam negerinya, yang merupakan unsur penting dalam modernisasi ekonomi. Kebijakan ekspor LTJ Cina ini ditujukan untuk mendorong negara pengguna LTJ memindahkan operasi industrinya ke Cina, sehingga akan terjadi transfer teknologi ke perusahaan Cina. Cina membantah bahwa kebijakan LTJ bersifat politis, diskriminatif, atau proteksionis, melainkan sebagai upaya Cina untuk mengatasi

masalah lingkungan dan untuk mengelola dan melestarikan sumber daya yang terbatas.

Pada tanggal 13 Maret 2012, Amerika Serikat, Jepang, dan Uni Eropa bersama-sama mendorong Organisasi Perdagangan Dunia (WTO) untuk menyelesaikan sengketa terhadap kebijakan restriktif Cina atas pembatasan ekspor pada sembilan bahan baku LTJ.

Mengantisipasi kebijakan Cina tersebut, Pemerintah Amerika telah menyusun strategi untuk menghadapi kekurangan pasokan LTJ dunia, berupa diversifikasi pengembangan rantai pasokan global LTJ, pengembangan bahan alternatif, penggunaan LTJ yang lebih efisien, termasuk penerapan daur ulang LTJ.

3.2. Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia

Keberadaan mineral LTJ di Indonesia diindikasikan pada daerah yang mengandung intrusi granitoid, alluvial dan plaser. Daerah-daerah yang memiliki ekstensif instruksi granitoid di Indonesia adalah Pulau Bangka dan Belitung, Kepulauan Tujuh, Singkep, Kundur, Karimun Jawa, Sumatera, Kalimantan, Pulau Sula Banggai (Timur Sulawesi) dan bagian barat Papua (Johari & Kuntjara, 1991). Mineral logam LTJ yang umum ditemukan di Indonesia adalah *monasite*, dan *xenotime*. Di Indonesia di temukan di daerah Bangka Belitung, bersama dengan mineral timah, dan di Kalimantan bersama dengan mineral emas. Menurut data Pusat Sumber Daya Geologi tahun 2009, cadangan mineral *monasite* di Indonesia adalah lebih dari 951.000 ton. Berikut adalah beberapa hasil penelitian mengenai keberadaan mineral LTJ di Indonesia:

1. Pulau Bangka dan Belitung

Keberadaan mineral LTJ monasit dan xenotim ditemukan sebagai ikutan dari mineral bijih timah (kasiterit). Tabel 3.4 menunjukkan

tipikal kandungan monasit dan xenotim pada bijih timah yang belum diproses (*raw sand*) di Pulau Bangka dan Belitung.

Tabel 3.4. Tipikal kandungan monasit dan xenotim pada konsentrat bijih timah yang belum diolah di Pulau Bangka dan Belitung (Suhkyat, 2013; Irawan, 2013)

Mineral	Bangka(%)	Belitung (%)
Kasiterit	40.1	41.0
Monasit	1.31	0.67
Xenotim	0.23	0.56

2. Pegunungan Tiga Puluh (Suwargi & Nugroho, 1991)

Hasil penelitian bersama antara Indonesia (ESDM) dengan JICA pada tahun 1989 mendeteksi anomali geokimia unsur LTJ pada hulu sungai Isahan dan sungai Sikambu pada Pegunungan Tiga Puluh, Riau. Mineralisasi di hulu sungai Isahan, ditemukan singkapan pegmatit dengan urat kuarsa yang mengandung kasiterit, muskovit, turmalin, arsenopirit, pirit dan sedikit beril. Hasil analisis kimia dari contoh urat yang mengandung kasiterit menunjukkan bahwa pegmatit di sungai Isahan mengandung 3,84% Sn, 0,07% W, dan 0,08-0,24% Ce. Mineralisasi di sungai Sikambu ditemukan urat kuarsa yang mengandung kasiterit, muskovit, turmalin dan arsenopirit dimana tipe mineralisasinya sama dengan mineralisasi sungai Isahan. Hasil analisis kimia yang diambil dari contoh batuan urat kuarsa yang mengandung arsenopirit menunjukkan kadar Serium mencapai 372 ppm dan Y mencapai 26 ppm. Dari dua sumur yang digali di hulu sungai Isahan menunjukkan bahwa di daerah hulu sungai Isahan terdapat mineralisasi LTJ sebagai ikutan dari mineral timah.

3. Kalimantan Barat

Mineral LTJ selain merupakan ikutan dari bijih timah dan emas, didapat juga pada bijih uranium yang terdapat di daerah Rirang, Kalimantan Barat. Jenis mineral LTJ yang terdapat di daerah tersebut adalah monasit (Rifandriah et.al., 2004). Dari penelitian cebakan (barang tambang) uranium di daerah Rirang, diperoleh kandungan unsur LTJ 5.964,63 ton (Suharji et.al, 2006).

4. Papua bagian Barat

Di daerah Selatan Nabire terdapat konsentrasi tinggi Th, W, Ta dan Nb pada aliran endapan *Permian Kwartisore Granite dan Utawa Diorite*.

Contoh dari Sungai Wami mengandung 740 ppm Th, 25 ppm W, 440 ppm Nb dan 34 ppm Ta. Kandungan U dan Ce juga terindikasi di daerah ini. Dekat jalur granit utama dari *Late Permian* ke *Middle Triassic* terdapat kandungan timah. Kandungan yang rendah monasit, xenotim, dan ziron ditemukan daerah Waren Anggi Granite. (Ratman, 1986).

5. Pulau Sula Banggai (Sulawesi)

Karakteristik kimia dan radioaktif dari *pre jurassic granite* di P. Sula Banggai (sebelah Timur Sulawesi) memiliki kemiripan dengan granit di Pulau Timah (Johari & Kuntjara, 1991).

6. Lokasi lainnya

Lokasi/daerah lain di Indonesia yang mempunyai potensi logam tanah jarang adalah:

Tabel 3.5. Lokasi LTJ

No	Lokasi LTJ
1	Karimun
2	Kuala Kampar
3	Bangkinang (Riau)
4	Pegunungan Tiga Puluh
5	Singkep
6	Bangka
7	Belitung
8	Sumatra
9	Rirang, Kalimantan Barat
10	Kalimantan Timur
11	Sulawesi
12	Kepulauan Banggai termasuk Sula
13	Sula
14	Ransiki (Papua)

(sumber : Husein H. Bahti, 2010)

3.2.1. Studi Kasus: Mineral LTJ Ikutan Timah

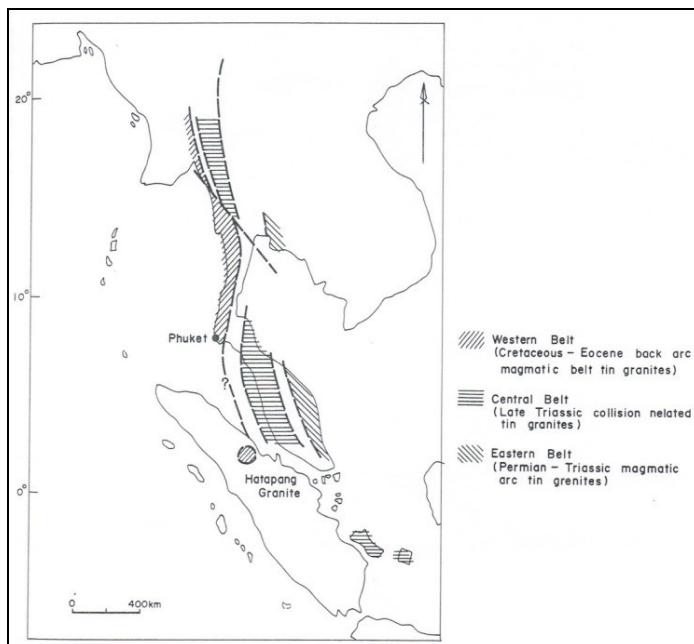
Jalur Timah Asia Tenggara (*East Asia Tin Belt*) adalah zona memanjang dari utara ke selatan sepanjang 2.800 km dan lebar 400 km, membentang dari Burma (Myanmar) dan Thailand ke Semenanjung Malaysia dan Kepulauan Timah Indonesia. Sebagian besar granitoid di wilayah tersebut dapat dikelompokkan secara geografis memanjang atau ikat pinggang (Gambar 2), berdasarkan fitur petrografi dan geochronological (Schwart et.al, 1995) yang meliputi:

- *The Main Range Granitoid Province* dibarat Semenanjung Malaysia, selatan Semenanjung Thailand dan tengah Thailand hampir seluruhnya terdiri dari biotitgranit (184-230 Ma). Deposito timah yang berkaitan dengan granitini memberikan kontribusi 55% dari produksi timah bersejarah AsiaTenggara.

- *The Northern Granitoid Province* di utara Thailand (0,1% dari produksi timah) juga memiliki dominan biotitgranit (200-269 Ma) tetapi dibedakan dengan berlimpah pasca-intrusi deformasi.

- *The Eastern Granitoid Province* membentang dari timur Semenanjung Malaysia ke Thailand timur. Bagian Malaysia dibagi ke East Coast Belt (220-263 Ma), Batas Rentang Belt (197-257 Ma) dan Belt Tengah (79-219 Ma). The granitoid mencakup berbagai komposisi luas dari biotitgranithornblende-biotit granit/granodiorit dan diorit-gabro. Deposit timah yang berhubungan dengan granitbiotit di Pantai Timur Belt (3% dari produksi timah). Granitoid didaerah lain di Provinsi Timur Granitoid yang tandus.

- *The Western Granitoid Provinsi* (22-149 Ma) di bagian utara Semenanjung Thailand, dan Burma Barat memiliki biotitgranit dan hornblende-biotit granit/granodiorit. Deposit timah yang berhubungan dengan granitbiotit, yang mungkin adalah fase dominan (14% dari produksi timah).



Gambar 3.4. Peta Jalur Timah Asia Tenggara

Granitoid yang terdapat Kepulauan Timah Indonesia (193-251 Ma) tidak dapat dikelompokkan menjadi unit-unit geografis yang berbeda. Tipe *The Main Range Granitoid Province* dan Tipe *Eastern Province* terjadi satu sama lainnya. Sebagian besar deposito timah berhubungan dengan Main Range (28% dari produksi timah). Kepulauan Timah Indonesia meliputi Pulau Bangka, Pulau Belitung, Kundur, dan Singkep.



Gambar 3.5. Papan Lokasi Pembangunan Pengolahan Monasit di PT. Timah

PT. Timah Tbk adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang pertambangan atau eksplorasi timah. PT Timah (Persero) Tbk mewarisi sejarah panjang usaha penambangan timah di Indonesia yang sudah berlangsung lebih dari 200 tahun. Sumber daya mineral timah di Indonesia ditemukan tersebar di daratan dan perairan sekitar pulau-pulau Bangka, Belitung, Singkep, Karimun dan Kundur. Selain mineral timah (Cassiterite/kasiterit) terdapat mineral-mineral ikutan yang terpisah pada waktu pengolahan mineral timah menjadi logam timah. Tabel 3.6 menunjukkan mineral-mineral ikutan bijih timah.

Tabel 3.6. Berbagai mineral ikutan timah
(Irawan, 2013)

No	Mineral	Rumus Kimia	Nama Kimia
1	Magnetit	Fe ₃ O ₄	ferrous-ferric oksida atau besi oksida (II,III)
2	Ilmenit	FeTiO ₃	titanium-besi oksida
3	Rutil	TiO ₂	titanium dioksida
4	Zirkon	ZrSiO ₄	zirkonium silikat
5	Turmalin	(Ca,K,Na,[Li])(Al,Fe,Li,Mg,Mn) ₃ (Al,Cr,Fe,V) ₆ (BO ₃) ₃ (Si,Al,B) ₆ O ₁₈ (OH,F) ₄	senyawa silikat kompleks
6	Anatasa	TiO ₂	titanium dioksida
7	Leukosin	ilmenit & rutil kompleks	campuran Fe-Ti oksida
8	Monasit	(Ce, La, Pr, Nd, Th, Y)PO ₄	tanah jarang fosfat kompleks
9	Xenotim	YPO ₄	Ittrium fosfat
10	Hematit	α-Fe ₂ O ₃ or Fe ₃ O ₄	besi (III) oksida
11	Pirit	FeS ₂	besi disulfida
12	Limonit	FeO(OH)·nH ₂ O	besi (III) oksida-hidroksida
13	Siderit	FeCO ₃	besi karbonat
14	<i>Psilomelane</i>	Ba(Mn ²⁺)(Mn ⁴⁺) ₈ O ₁₆ (OH) ₄	Barium Mangan Oksida Hidroksida
15	Korundum	Al ₂ O ₃	aluminium oksida
16	Spinel	MgAl ₂ O ₄ v .gsr	magnesium aluminium oksida
17	Topaz	Al ₂ SiO ₄ (F,OH) ₂	aluminium fluorin silikat
18	Kalsit	CaCO ₃	kalsium karbonat
19	<i>Biotie</i>	K(Mg, Fe) ₃ AlSi ₃ O ₁₀ (F, OH) ₂	mineral kelompok filosilikat (mika)
20	Muskovit	KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(F,OH) ₂	kelompok aluminium potasium filosilikat (mika)
21	Wolframit	(Fe,Mn)WO ₄	besi mangan tungstat oksidas

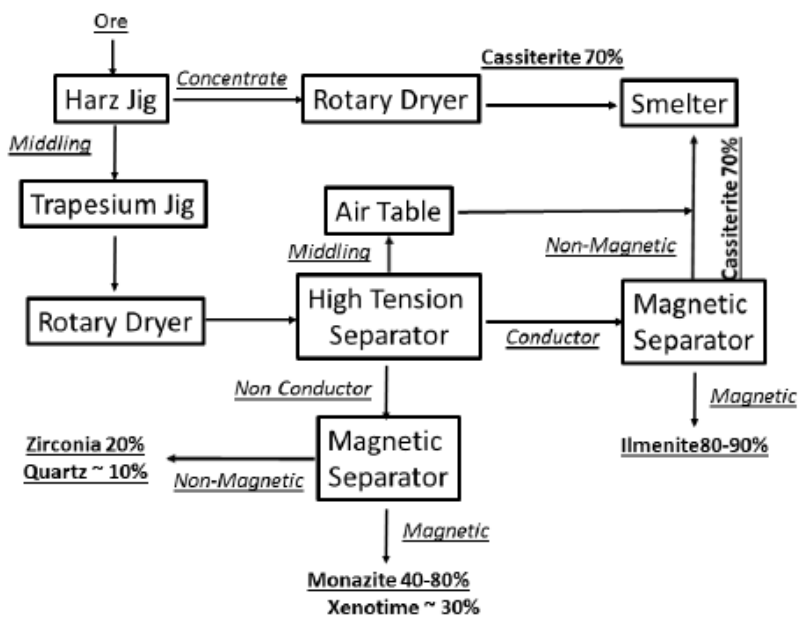
Diantara mineral-mineral ikutan timah beberapa diantaranya mengandung LTJ seperti monasit, xenotim, dan zirkon. Tabel 3.7 menunjukkan kandungan monasit dan xenotim, konsentrat bijih timah yang belum diolah di Pulau Bangka dan Belitung serta perkiraan sumber daya (hipotetis) LTJ dalam endapan plaser (diolah dari data PSDG, 2012 dan dari berbagai sumber).

Tabel 3.7. Perkiraan sumber daya LTJ dalam endapan plaser

Sumber daya	Kandungan	Perkiraan Σ LTJ
1.569.312.847 ton atau 1.046.208.565 m ³	Monasit: 0,01 kg/m ³	Σ LTJ(Ce, La, Nd, Pr, Sm, Gd dan Y) = 10.462 ton
1.569.312.847 ton atau 1.046.208.565 m ³	Xenotime= 0,007 kg/m ³	Y = 7.323 ton
TOTAL		17.785 ton

Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik mineral logam LTJ yang ada di areal penambangan PT. Timah (Pulau Bangka) sehingga dapat dipakai sebagai acuan untuk pengembangan pengolahan mineral LTJ skala industri dan ekonomis.

Gambar 3.6. menunjukkan aliran proses pengolahan bijih timah di PT. Timah untuk pemisahan dari mineral ikutannya. Dalam proses ini mineral yang mengandung bijih timah ditingkatkan konsentrasinya menjadi 70% sebagai persyaratan sebelum memasuki tungku peleburan. Selain itu, proses pengolahan ini juga memisahkan bijih timah dari mineral-mineral ikutannya. Mineral LTJ seperti monasit dan xenotim diperoleh sebagai produk sampingan/ikutan dari bijih timah. Pemisahan dilakukan berdasarkan sifat magnet dan sifat listrik mineral timah dan ikutannya. *High tension separator* memisahkan mineral berdasarkan sifat kelistrikannya, yaitu menghantarkan listrik (konduktor) dan tidak menghantarkan listrik (non konduktor). Sedangkan *magnetic separator* memisahkan mineral berdasarkan sifat magnetiknya yaitu, bersifat magnet (magnetic) dan tidak bersifat magnet (*nonmagnetic*).



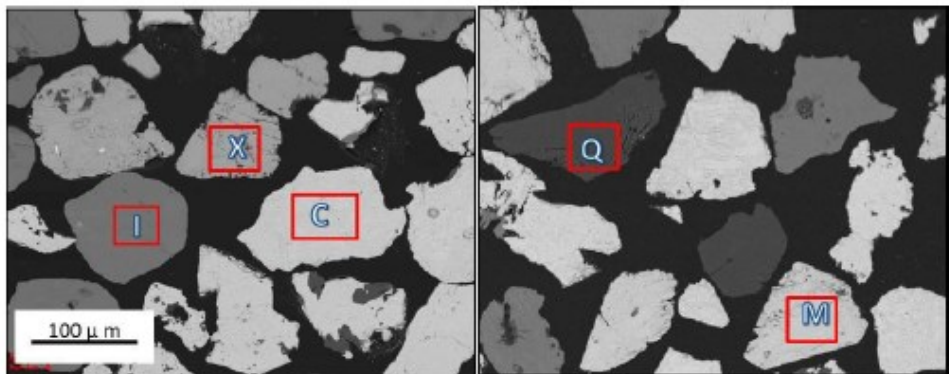
Gambar 3.6. Aliran proses pengolahan bijih timah untuk dipisahkan dari mineral mineral ikutan (Harjanto et.al, 2013)



Gambar 3.7. Pengolahan Bijih Timah yang Dipisahkan dari Mineral di Peltim Muntok

Analisis semi kuantitatif konsentrat bijih timah yang belum diproses

Dalam analisa semi kuantitatif ini, sampel yang diuji adalah konsentrat bijih timah yang didapatkan dari Amang *plant* (daerah penambangan) yang sudah dilakukan proses pencucian. Konsentrat bijih timah ini selanjutnya dipisahkan secara fisik berdasarkan sifat magnet dan listriknya seperti diilustrasikan pada Gambar 3.7 yang menunjukkan gambar SEM (*Scanning Electron Microscope*) dari konsentrat timah yang akan dipisahkan lebih lanjut. Pada konsentrat tersebut dapat diidentifikasi mineral ikutan selain mineral timah (kasiterit) yaitu monasit, xenotim, ilmenit, dan silika.



Gambar 3.8. Back scattered SEM dari sampel konsentrat bijih sebelum diproses M = Monasit, C = Kasiterit, X = Xenotime, I = ilmenit, and Q = Quart

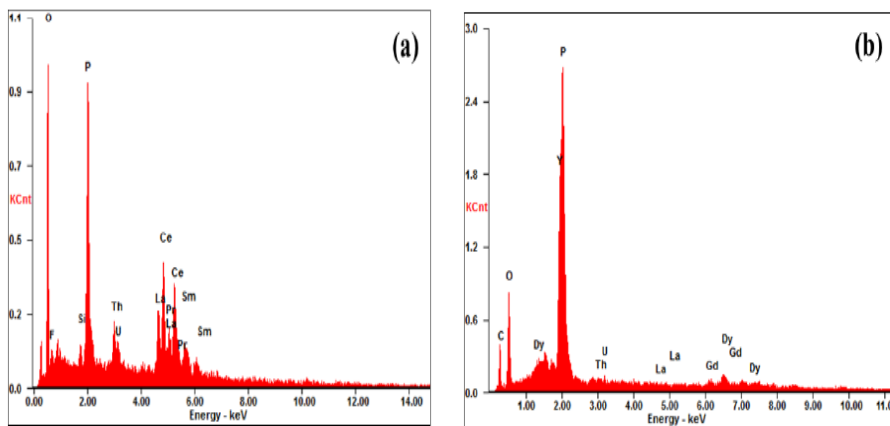


Gambar 3.9. Gudang Penyimpanan Monasit dan Xenotime di Peltim Muntok

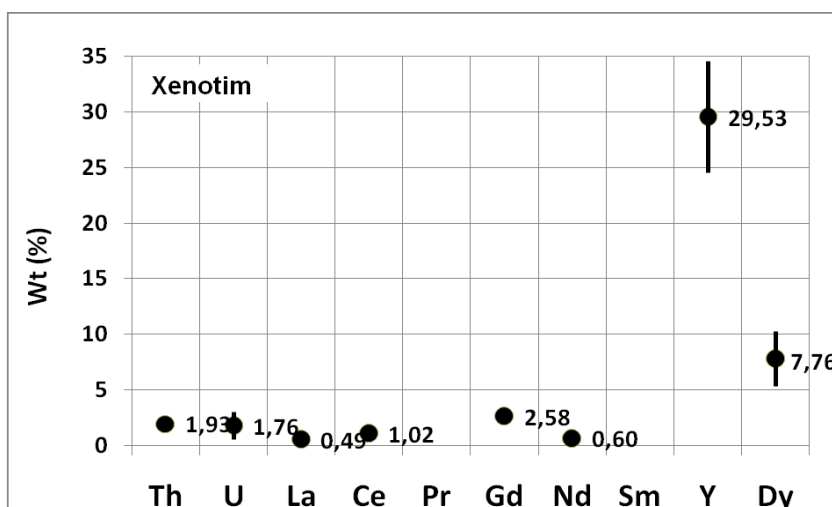
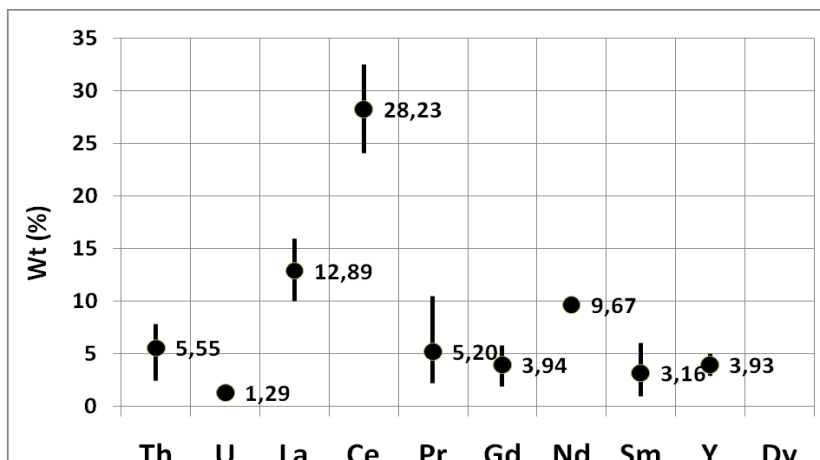
Analisis semi kuantitatif dengan menggunakan *Energy Dispersive X-Ray Spectrometer* (EDX, FEI INSPECT F50, Apolox EDS Analyzer) dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam monasit dan xenotim. Gambar 3.11 menunjukkan hasil spektrum pengujian analisis EDX. Hasil analisis menunjukkan mineral monasit yang kaya akan Serium, Lantanum, Neodimium, Praseodimium, Samarium, Uranium dan Torium, sedangkan xenotim mengandung unsur utama Ittium, Gadolinium dan Disporsium, Uranium dan Torium. Gambar 3.12 menunjukkan grafik kandungan unsur-unsur LTJ dalam mineral monasit dan xenotim (*selected minerals*) menggunakan analisa semi kuantitatif SEM-EDX. Hasil ini menunjukkan bahwa monasit dan xenotim memiliki komposisi kimia yang bervariasi. Nilai yang ditampilkan pada grafik adalah nilai rata-rata dari beberapa sampel yang diuji. Monasit terindikasi memiliki kandungan mineral radioaktif seperti torium yang lebih tinggi daripada xenotim,



Gambar 3.10. Sisa Proses Pengolahan Timah (*Tailing Stock*) yang Mengandung Mineral Ikutan Monasit dan Xenotim di Peltim Muntok



**Gambar 3.11. Elemental Analisis dari spectrum EDX,
a) Monasit; b) Xenotim**



Gambar 3.12. Semi kuantitatif analisis menggunakan EDS dari beberapa mineral monazit dan xenotim (*selected minerals*)

Selain pada konsentrat timah, logam LTJ juga masih ditemukan pada slag (terak) hasil peleburan timah. Slag ini memiliki kadar unsur LTJ yang cukup signifikan sehingga memiliki potensi untuk diproses lebih lanjut sehingga unsur LTJ bisa dimanfaatkan.

3.2.2. Studi Kasus: Mineral LTJ Ikutan Bauksit

Bauksit yang merupakan bijih utama untuk menghasilkan aluminium terdiri dari senyawa hydrous aluminium oksida dan aluminium hidroksida, yang berasal dari mineral gibbsite $\text{Al}(\text{OH})_3$, boehmite $\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$, dan diaspre $\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$, yang bergabung dengan oksida besi goethite dan bijih besi, mineral tanah liat kaolinit dan sejumlah kecil anatasa TiO_2 . Secara umum bauksit mengandung Al_2O_3 sebanyak 45 – 65%, SiO_2 1 – 12%, Fe_2O_3 2 – 25%, $\text{TiO}_2 > 3\%$, dan H_2O 14 – 36%.

Gambar 3.13. Mineral bauksit

Mineral bauksit pertama kali ditemukan pada tahun 1821 oleh geolog bernama Pierre Berthier. Nama bauksit diberikan sesuai dengan nama tempat pertama kali ditemukan, yaitu Les Baux di bagian selatan Perancis. Bauksit terbentuk dari batuan sedimen yang mempunyai kadar Al yang tinggi dan kadar Fe rendah dan bebas, serta mengandung sedikit kuarsa (SiO_2). Batuan sedimen tersebut akan mengalami proses lateritisasi kemudian proses dehidrasi dan mengeras menjadi bauksit. Bauksit dapat ditemukan dalam lapisan mendatar dan tidak terlalu dalam. Biasanya banyak terdapat di hutan biomas. Penambangan bauksit dilakukan dengan penambangan terbuka, diawali dengan

land clearing dan kemudian diikuti dengan pengupasan tanah penutup, sehingga penambangan bauksit memberikan dampak lingkungan yang buruk, karena dilakukan dengan pengelupasan lapisan tanah.

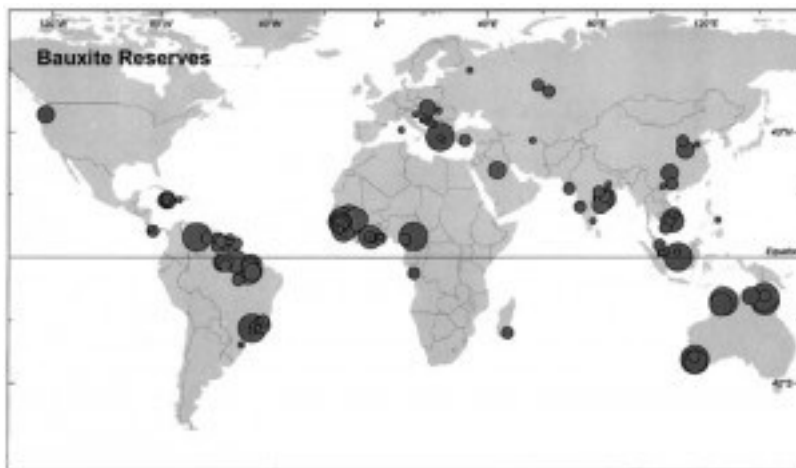
Potensi dan cadangan endapan bauksit di Indonesia dan karakteristik mineral tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8. Potensi Bauksit di Indonesia

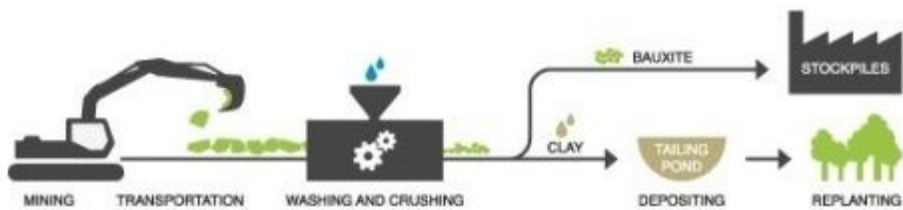
No	Provinsi	Daerah	Karakteristik Bauksit
1	Sumatera Utara	Kota Pinang	Kandungan $Al_2O_3 = 15,05 - 58,10\%$).
2	Riau	P. Bulan	Tidak ada data
		P. Bintan	Kandungan senyawa: $SiO_2 = 4,9\%$ $Fe_2O_3 = 10,2\%$ $TiO_2 = 0,8\%$ $Al_2O_3 = 54,4\%$
		P.Lobang (kepulauan Riau)	Tidak ada data
		P.Kijang	Kandungan senyawa: $SiO_2 = 2,5\%$ $Fe_2O_3 = 2,5\%$ $TiO_2 = 0,25\%$ $Al_2O_3 = 61,5\%$ $H_2O = 33\%$
		Galang, Wacokek, Tanah Merah, dan daerah searang	
3	Kalimantan Barat	Tayan Menukung, Sandai, Pantus, Balai Berkuah, Kendawangan dan Munggu Besar.	
4	Bangka Belitung		



Gambar 3.14. Sebaran Mineral Bauksit di Indonesia



Gambar 3.15. Deposit Bauksit di dunia



Gambar 3.16. Proses penambangan Bauksit

Bijih bauksit tersebut kemudian dicuci dan dipisahkan dari unsur lain yang tidak diinginkan. Pencucian dapat dilakukan dengan semprotan air berkekuatan tinggi (water jet) diikuti penyaringan. Disamping itu dapat sekaligus dilakukan proses pemecahan (size reduction) dengan menggunakan jaw crusher. Metoda pencucian bisa dilakukan dengan menggunakan beberapa metoda seperti cara asam maupun cara basa yang dikenal dengan metoda Bayer.

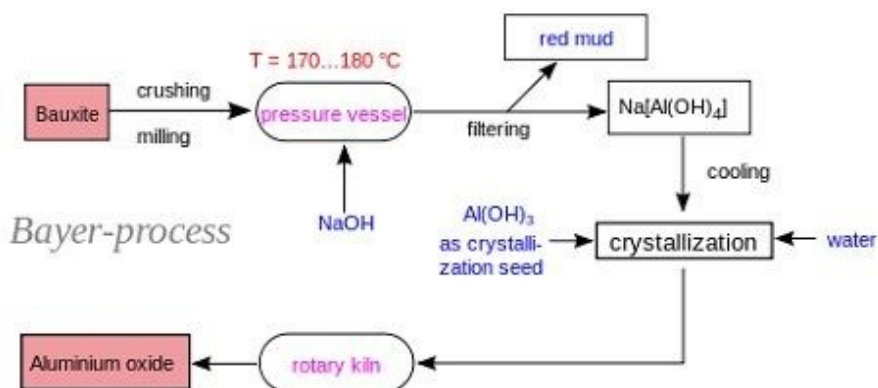
A. Cara Asam (H₂SO₄)

Cara asam ini hanya dilakukan untuk pembuatan Al₂(SO₄)₃ untuk proses pengolahan air minum dan pabrik kertas. Metoda ini memiliki beberapa sifat seperti:

- Reaksi dapat dipercepat dengan menaikkan suhu sampai 180 °C (Autoclaving)
- Proses kalsinasi cocok untuk lowgrade Al₂O₃ tetapi high SiO₂ tidak cocok dikerjakan dengan cara basa.
- Hasil Basic-Al-Sulfat dikalsinasi menjadi Al₂O₃, kelemahan cara ini adalah Fe₂O₃ ikut larut.

B. Cara Basa (NaOH), Proses Bayer

Proses Bayer adalah suatu cara untuk memurnikan Bauksit untuk memperoleh Alumina (Aluminium Oxide) dengan Persamaan Kimianya: Al₂O₃ + 2 NaOH + 3 H₂O → 2 NaAl(OH)₄



Gambar 3.17. Proses Bayer

Proses ini melarutkan kotoran (termasuk silika) dengan cairan panas natrium hidroksida, NaOH pada $175 \text{ }^\circ\text{C}$ dengan tekanan tinggi. Hasil pencucian berupa lumpur merah, kemudian disaring dengan menggunakan saringan pasir dan didinginkan. Proses ini menghasilkan endapan yang mengandung sekitar 30% - 54% aluminium oksida dan sisanya berupa beberapa jenis besi dan titanium. Aluminium oksida ini harus diproses lagi untuk memperoleh aluminium murni.

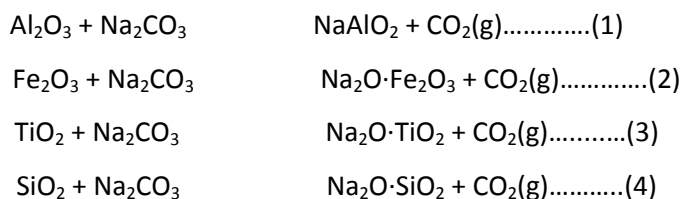
Ada dua macam produk alumina yang bisa dihasilkan yaitu *smelter grade alumina (SGA)* dan *chemical grade alumina (CGA)*. 90% pengolahan bijih bauksit di dunia dilakukan untuk menghasilkan SGA yang bisa dilanjutkan untuk menghasilkan aluminium murni.

Untuk bauksit yang mempunyai kadar silika lebih dari 10%, proses ini menjadi kurang dimungkinkan karena sodium aluminium silika yang terbentuk. Sebagai alternatif adalah Proses "Hall-Hérout".

C. Cara Sintering dengan Na_2CO_3 (Deville-Pechiney)

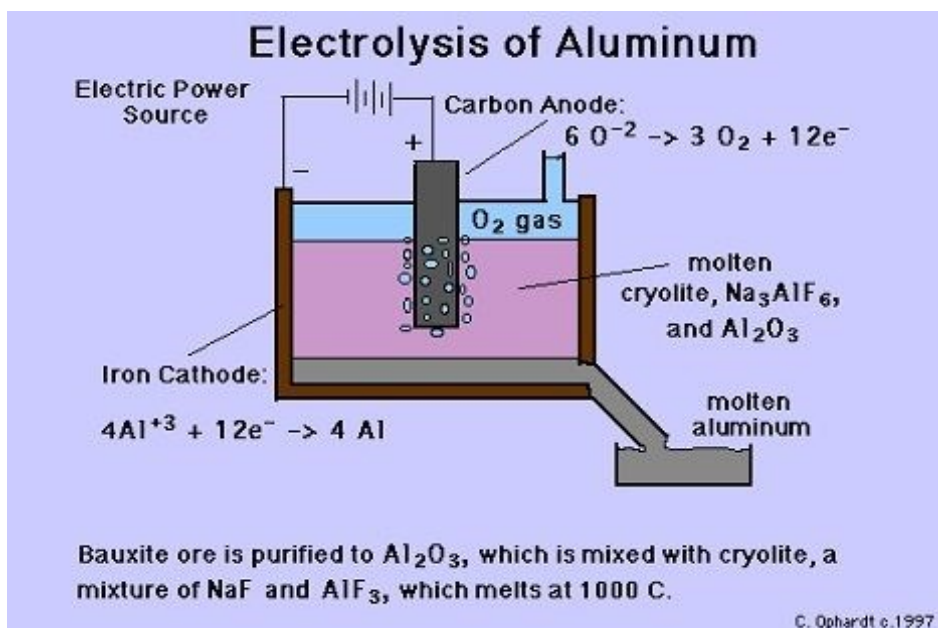
Sintering dilakukan dalam Rotary Kiln $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 2-4 jam. Metoda ini cocok untuk bijih dengan high Fe_2O_3 dan SiO_2 .

Reaksi-reaksi kimia yang terjadi adalah sebagai berikut:



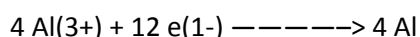
D. Proses elektrolisa

Aluminium oksida dilarutkan dalam cairan kriolit (cryolite) yang kemudian di didihkan menjadi metal murni. Suhu pendidihan pada umumnya adalah 950 °C sampai dengan 980 °C. Aluminium oksida yang dihasilkan berupa pasir putih halus.

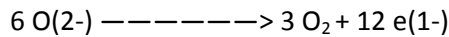


Gambar 3.18. Proses pemurnian Bauksit secara elektrolisa

Pada proses bauksit yang mengandung aluminium oksida terjadi reaksi reduksi pada katoda, ion aluminium (yang terikat dalam aluminium oksida) menerima electron menjadi atom aluminium,



pada anoda terjadi reaksi oksidasi, dimana ion-ion oksida melepaskan elektron menghasilkan gas oksigen.



logam aluminium terdeposit di keping katoda dan keluar melalui saluran yang telah disediakan.

Potensi Unsur LTJ Dalam Bauksit

Bauksit sebagai mineral sumber aluminium ternyata memiliki kandungan unsur LTJ yang cukup tinggi. Kandungan LTJ yang ada pada bauksit terdiri dari LTJ berat maupun ringan. Konsentrasi LTJ yang terkandung pada bauksit bervariasi tergantung kepada jenis mineral bauksit. Kandungan LTJ pada bauksit lebih banyak dari jenis mineral karstic dibandingkan dengan mineral lateritik. Studi mengenai kandungan LTJ pada setiap jenis mineral ini telah dikembangkan di Cina (Zaihui Li, Jun Din, 2013). Keberadaan logam LTJ ini diperkirakan melalui mekanisme:

1. Unsur LTJ teradsorpsi pada permukaan diaspora, gibbsite dan lempung
2. Unsur LTJ menggantikan beberapa ion yang mirip pada mineral diaspora dan Gibbsite secara substitusi.

Unsur LTJ yang ada pada mineral bauksit tertera pada Tabel 3.9 di bawah ini :

Tabel 3.9. Potensi unsur LTJ pada Bauksit (Berdasarkan hasil Riset di Cina)

No	Konsentrasi (ppm)	
1	Lantanum	2 - 300
2	Serium	6 - 850
3	Praseodimium	0,5 – 110
4	Neodimium	2 - 590
5	Samarium	0,5 - 145
6	Europium	0,1 – 38
7	Gadolinium	0,6 - 150
8	Terbium	0.1 – 25
9	Disproium	1 – 130
10	Holmium	0,2 – 20
11	Erbium	0,7 – 57
12	Tulium	0,1 - 6
13	Itterbium	0,7 – 57
14	Lutetium	0,1 – 4
15	Itrium	6 - 884

Berdasarkan data tersebut diperkirakan konsentrasi unsur LTJ ringan dan berat dalam mineral bauksit berkisar antara 17 – 3470 ppm, dengan unsur LTJ ringan antara 13 – 3470 ppm dan unsur LTJ berat berkisar antara 4 – 434 ppm. Potensi unsur LTJ yang cukup besar pada mineral bauksit adalah serium, lantanum dan nedimium. Dengan adanya potensi ketiga unsur tersebut yang cukup besar, maka pengolahan LTJ bisa difokuskan pada unsur-unsur tersebut.

Potensi Unsur LTJ pada Red Mud

Pengolahan bauksit menjadi alumina dengan menggunakan *Bayer Process* akan menghasilkan *red mud*. *Red mud* merupakan hasil samping dari proses pencucian alumunium dengan menggunakan basa NaOH (natrium hidroksida). *Red mud* yang dihasilkan berkisar antara 55% - 65% dari jumlah bauksit yang diolah. *Red mud* dikategorikan sebagai limbah B3 karena memiliki pH yang tinggi, yang dapat membahayakan lingkungan darat, laut dan perairan sekitar. Selain pH yang sangat tinggi, butiran *red mud* sangat halus sehingga mudah diterbangkan oleh angin dan berpotensi menimbulkan bahaya baik

terhadap kesehatan maupun lingkungan, sehingga *red mud* ini perlu ditangani secara serius.

Beberapa negara yang memiliki pengolahan bauksit alumina telah melakukan beberapa penelitian yang terkait dengan pengolahan *red mud* tersebut. Pengolahan *red mud* diupayakan agar dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin untuk mengurangi biaya pengolahan yang cukup mahal. Penelitian yang terkait dengan pemanfaatan *red mud* adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan bangunan
2. Sebagai bahan baku semen
3. Sebagai bahan baku keramik gelas
4. Pemanfaatan pada pengolahan air
5. Sebagai katalis
6. Pengambilan kembali logam yang terkandung seperti besi
7. Peleburan *red mud*

Proses pengolahan tersebut didasari pada kandungan unsur-unsur dalam *red mud*.

Tabel 3.10. Kandungan oksida *red mud* (Berdasarkan hasil riset di India)

Senyawa Oksida	Konsentrasi (% berat)
Al ₂ O ₃	41,60
Fe ₂ O ₃	26,90
SiO ₂	2,54
TiO ₂	3
P ₂ O ₅	0,17
Na ₂ O	0,37
K ₂ O	0,06
CaO	0,03
MgO	0,13
MnO ₂	0,15

Tabel 3.11. Kandungan Unsur pada *Red Mud* (Berdasarkan hasil riset di India)

Unsur	Konsentrasi (ppm)
Sc (Skandium)	8,57
V (Vanadium)	91,44
Cr (Chrom)	84,75
Co (Cobalt)	2,32
Ni (Nikel)	5,41
Zn (seng)	19,62
Ga (Gallium)	40,83
Rb (Rubidium)	35,70
Zr (zirkon)	46,36
Cu (tembaga)	12,34
Sr (strontium)	5,27
Y (Ittrium)	2,77
Nb (Neobium)	12,52
Cs (Cesium)	0,23
Ba (Barium)	23,52
Ta (Tantalum)	10,64
Pb (Timbal)	8,51
Th (Torium)	35,14
U (Uranium)	2,55
Hf (Hafnium)	3,32

Berdasarkan Tabel 3.10 dan Tabel 3.11, kandungan unsur pada *red mud* adalah aluminium oksida, besi oksida, silika, titania, kalsium oksida, natrium oksida, dan beberapa oksida dengan konsentrasi yang sangat kecil.

Sedangkan unsur-unsur yang ada pada *red mud* yang paling besar adalah vanadium, chrom serta unsur LTJ.

Unsur LTJ yang ada pada *red mud* adalah itrium dan neobium. Konsentrasi yang ada pada *red mud* berkisar antara 2 – 12 ppm. Walaupun konsentrasi yang rendah, tetapi keberadaannya cukup berarti terkait dengan potensi sumber *red mud* yang cukup melimpah.

3.2.3. Studi Kasus: Mineral LTJ Ikutan Bijih Besi

Deposit poligenik LTJ-Fe-Nb sangat besar (Bayan Obo), ditemukan sebagai deposit besi pada tahun 1927. Mineral LTJ ditemukan pada tahun 1936, dan bijih *Nb-bearing* ditemukan diakhir 1950-an. Cadangan diperkirakan lebih dari 40 juta ton LTJ mineral pada 3 - 5,4% LTJ (70% dari cadangan dunia LTJ). 1 juta ton Nb₂O₅ dan 470 juta ton besi. Deposit ini juga berisi sejumlah besar fluorit, yang terkandung dalam semua jenis bijih; cadangan diperkirakan sebesar 130 juta ton. Bayan Obo adalah deposit LTJ terbesar di dunia. Selain itu fluorit dari bijih juga membuat Bayan Obo merupakan deposit fluorit terbesar di dunia.

Menurut Sutisna (2007), ada empat jenis cebakan bijih besi di Indonesia, yaitu *skarn*, *placer*, laterit, dan sedimen. Cebakan laterit jumlahnya paling melimpah, yaitu mencapai 1 miliar ton, sedangkan cebakan bijih besi *skarn*, *placer*, dan sedimen berturut-turut hanya mencapai 15, 159, dan 1 juta ton. Cebakan ini juga mengandung karbonat, silikat, besi, hematit, dan magnetit sehingga kadar besinya rendah, yaitu hanya 40-60%. Sifat-sifat dari cebakan laterit adalah tekstur dapat terlihat jelas, lapisan yang kompak, komposisi mineral besi beragam, kadar Fe berkisar antara 40-60% mengandung kadar Ni dan Cr yang lebih rendah daripada jenis laterit, yaitu rata-rata 0.41% Ni dan 2.10% Cr₂O₃. Tabel 3.12 menunjukkan beberapa hasil pengujian kandungan bijih besi di beberapa daerah di Indonesia. Belum ada penelitian mengenai

kandungan unsur LTJ pada bijih besi, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Tabel 3.12. Kandungan bijih besi di beberapa daerah di Indonesia

Sampel	Pasir Besi Yogyakarta*	Pasir Besi Djampang (Banten)*	Konsentrat Ilmenite dari Pasir Besi Sukabumi
Kandungan (%)			
Fe	8.6 - 42	26.33- 50.07	76.93
Ti	0.81 – 3.94	2.9 – 6.7	21.02
V	0.19 – 0.21		0.363
Zr			0.101
Si	15.5	1.79 – 6.2	
Sb			0.144
Sn			0.073
Mn			0.911
Nb			0.034
Zn			0.076
Referensi	(Arif, 2004)	(Arif, 2004)	(Setyawati et.al, 2013)

*Normalisasi dari kandungan oksida

3.2.4. Studi Kasus: Mineral LTJ Ikutan Zirkon dan Emas

Zirkon adalah mineral yang termasuk dalam kelompok *nesosilicates*. Nama kimianya adalah zirkonium silikat dan rumus kimia yang sesuai adalah $ZrSiO_4$. Sebuah rumus empiris umum menunjukkan beberapa dari berbagai substitusi zirkon adalah $(Zr_{1-y}, LTJ_y)(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4x-y}$. Struktur kristal zirkon adalah sistem kristal tetragonal. Warna alami zirkon bervariasi antara tidak berwarna, kuning-emas, merah, coklat, biru, dan hijau. Zirkon ($ZrSiO_4$) atau $(Zr_{0.9}Hf_{0.05}LTJ_{0.05}SiO_4)$ (empiris) memiliki kandungan LTJ sekitar La, Ce, Pr, Nd, Sm:3.78 %, 4.41 % REO, dan mengandung jejak radioaktif (*trace elements*). Cadangan mineral zirkon di Provinsi Kalimantan Barat dan Tengah diperkirakan sebesar 1,2 miliar meter kubik dengan kandungan mineral berat sebesar 6,6 juta ton.(Damayanti, 2014). Selain itu mineral Zirkon juga merupakan mineral ikutan dari penambangan timah.

4

KERJASAMA PENGEMBANGAN LOGAM TANAH JARANG

Pengembangan LTJ di Indonesia telah dimulai dengan kegiatan berupa telaahan dan kajian oleh beberapa institusi baik secara sendiri maupun kerjasama institusi di dalam negeri atau kerjasama dengan institusi luar negeri. Berikut beberapa kerjasama dan capaian yang telah dilakukan :

4.1. Indonesia Korea

Pada tanggal 26 Oktober 2011 telah diselenggarakan Seminar antara Indonesia – Korea dalam rangka penjajagan kerjasama tentang logam, khususnya Logam Tanah Jarang. Pada seminar tersebut dari KITECH dan KIRAM (Korea Institute for Rare Earth) mempresentasikan The Current R&D status & Trends on Rare Earth, sebagai berikut :

1. Dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan, dibutuhkan aktivitas penelitian dan pengembangan dengan tema Material. Strategi ini akan berdampak pada : (i) *Improved Supply (Exploration & prospecting, Cleaner with more efficient extraction and Recycling)* dan *Reduced Demand (material substitution and Technology substitution)*;

2. Sebagai negara industri, posisi Korea berada diantara dua negara, yaitu Cina sebagai sumber bahan baku dan Jepang sebagai sumber teknologi. Dalam keadaan ini, Korea memiliki kendala terhadap bahan baku yang tergantung pada pasokan dari Cina. Sebagai negara industri yang maju, Korea juga bergantung pada industri pendukung, seperti mesin dan teknologi lainnya yang selama ini diimpor dari Jepang. Pada tahun 2010 Cina mengeluarkan kebijakan baru untuk mengurangi ekspor bahan baku ke luar negeri hingga hanya 40%. Oleh sebab itu, dunia industri di Korea mengalami krisis bahan baku, terutama logam tanah jarang. Ditambah lagi dengan meningkatnya permintaan produk teknologi yang diproduksi oleh Korea. Dengan bahan baku yang sangat terbatas, Korea harus segera mencari sumber tambahan baru

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka Korea melakukan strategi khusus. Pemerintah Korea mengeluarkan kebijakan-kebijakan yang menyentuh sumber daya alam, materialization dan kebijakan mengenai lingkungan.

1. *Securing Foreign / Oversea Natural Resources.*

Dalam kebijakan sumber daya alam, Pemerintah Korea melakukan strategi pengamanan sumber bahan baku yang berasal dari luar negeri. Pemerintah Korea terus menjalin kerjasama dengan negara-negara yang memiliki sumber daya melimpah. Hal ini melibatkan pengumpulan informasi dan mengirim tim untuk melakukan eksplorasi, dan membangun kerjasama strategis dengan negara-negara lain (seperti Korea-Komite Industri Material Cina), investasi di tambang luar negeri dan memodifikasi peraturan untuk mendorong perkembangan investasi dari asing untuk masuk ke Korea.

2. *Securing Domestic Natural Resource.*

Dalam kebijakan sumber daya alam, Pemerintah Korea melakukan strategi pengamanan sumber bahan baku yang berasal dari dalam negeri. Selain itu, Pemerintah Korea juga terus mengeksplorasi kekayaan alam yang berasal dari negerinya. Sebagai langkah taktis, Korea berusaha memenuhi stok 21 elemen untuk menutupi 60 hari permintaan domestik. Strategi ini berdampak pada peningkatan volume strategis, tetapi menggunakan pendekatan yang fleksibel.

3. *Materialization.*

Pada strategi ini, Korea juga fokus terhadap R&D pada material. Strategi R&D di Korea fokus terhadap 20 elemen yang dibutuhkan untuk peralatan teknologi tinggi. Korea memberikan prioritas terhadap elemen-elemen yang akan di kembangkan, selain itu juga mencari pengganti fungsi material logam jarang dengan material lainnya yang lebih mudah didapatkan.

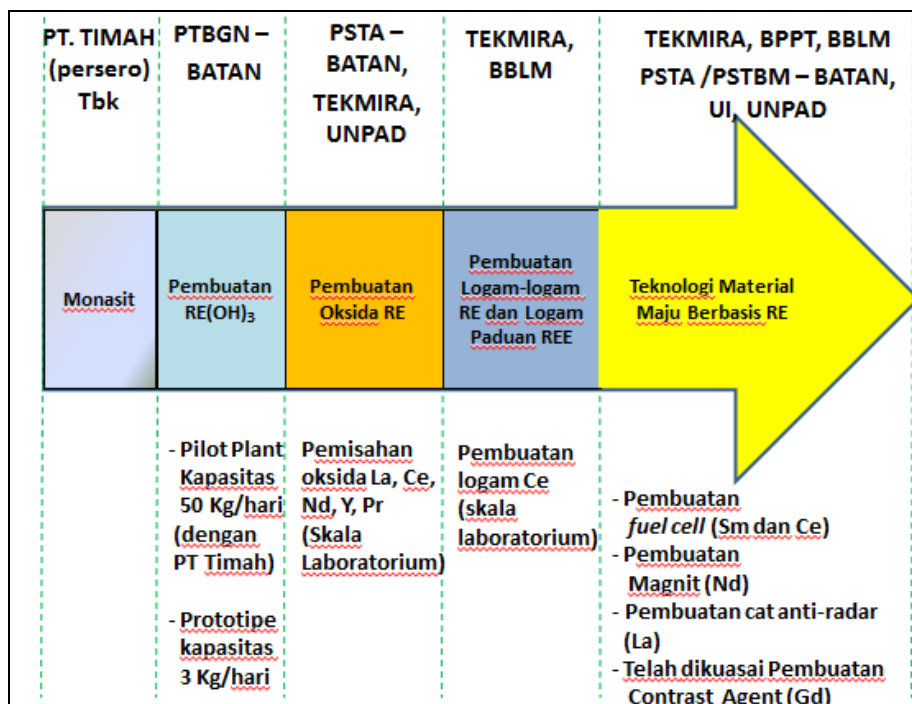
4. *Circulation technology and infrastructure (recycle/reuse).*

Korea memperketat proses daur ulang produk, sehingga penerapan *recycle* guna menambah pasokan bahan baku dapat berjalan. Daur ulang yang dilakukan selama proses pembuatan bahan dan produk, selain itu daur ulang juga dilakukan pada akhir masa pakai produk. Pemerintah juga akan menerapkan regulasi yang tepat untuk meningkatkan pengumpulan dan meningkatkan kesadaran akan potensi daur ulang produk konsumen melalui strategi 'pertambangan urban'.

4.2. Konsorsium Logam Tanah Jarang

Dalam melakukan pengembangan tanah jarang untuk mendukung industri di Indonesia perlu adanya sinergi antara lembaga litbang, akademisi, instansi pemerintah sebagai pembuat kebijakan dan pihak pengelola penambangan. Untuk itu dibentuk konsorsium tanah jarang yang merupakan gabungan beberapa instansi dan lembaga sehingga pengembangan yang dilakukan lebih cepat dan terarah. Selain kerjasama di dalam negeri perlu juga dilakukan kerjasama internasional dan pembentukan jaringan dengan pihak luar negeri dalam hal pengolahan dan pemanfaatan unsur logam tanah jarang.

Konsorsium Logam Tanah Jarang merupakan forum koordinasi lembaga–lembaga dalam pengembangan logam tanah jarang berbasis mineral monasit dan xenotim yang merupakan mineral ikutan proses penambangan timah di Bangka dan Belitung. Pembentukan konsorsium ini diharapkan dapat mempercepat penguasaan teknologi pengolahan logam tanah jarang di Indonesia dimana semua pihak bersinergi dalam melakukan penelitian dan pengembangan logam tanah jarang di Indonesia. Gambar 8 menunjukkan lingkup kerja dari Konsorsium Tanah Jarang.



Gambar 4.1. Ruang Lingkup Konsorsium Tanah Jarang

Sejauh ini konsorsium telah melakukan beberapa penelitian dan pengembangan diantaranya karakterisasi. Hasil karakterisasi monasit dan xenotim di Bangka menunjukkan unsur-unsur tanah jarang yang memiliki potensi untuk dikembangkan di Indonesia. Unsur-unsur tanah jarang banyak diperlukan untuk pengembangan teknologi maju yang sudah dijelaskan. Untuk dapat menjadi produk-produk *high end* tersebut, dilakukan proses seperti yang terlihat pada Gambar 4.2.

Gambar 4.2. Flow proses pengolahan tanah jarang dari mineral hingga menjadi produk jadi

Unsur tanah jarang dapat dimanfaatkan dalam bentuk oksida, logam maupun paduannya. Industri yang dapat dikembangkan dalam hal ini adalah industri pembuatan $\text{RE}(\text{OH})_3$ (*rare earth hydroxide*), industri pembuatan REO (oksida tanah jarang), industri pembuatan unsur tanah jarang (REE), industri pembuatan paduan tanah jarang dan industri pembuatan produk akhir yang menggunakan paduan/unsur/oksida tanah jarang.

Sejalan dengan UU Minerba No. 4 tahun 2009 larangan ekspor mineral mentah, pengolahan mineral tanah jarang perlu dikembangkan di Indonesia sehingga didapat memberikan nilai tambah akan sumber daya alam di Indonesia. Selain itu pengolahan tanah jarang ini dapat mendorong industri di Indonesia ke arah pembuatan produk-produk teknologi tinggi yang memiliki nilai tambah lebih tinggi.

Karena mineral tanah jarang mengandung unsur radioaktif maka dalam pemisahan unsur radioaktifnya diperlukan kerja sama dengan pihak BATAN dan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) sesuai dengan Undang Undang no

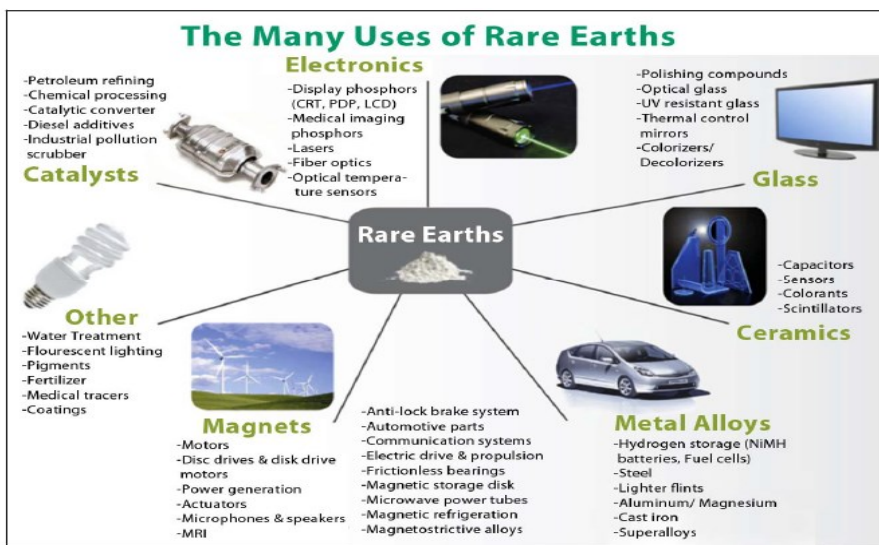
10 Tahun 1997 tentang Ketenaga Nukliran. BATAN diberikan wewenang untuk melakukan penyelidikan umum, eksplorasi dan eksploitasi bahan galian nuklir (Pasal 9) serta PP no 64 Tahun 2000 mensyaratkan izin dari BAPETEN untuk pemanfaatan bahan nuklir. Kondisi saat ini, PT Timah bekerja sama dengan PPGN BATAN membangun pilot plant pengolahan monasit dan xenotim menjadi $RE(OH)_3$ dengan kapasitas 50 kg/hari.

Pembangunan infrastruktur diperlukan untuk mendukung industri pengolahan maupun pemanfaatan tanah jarang meliputi pembuatan sistem informasi yang terpadu dari trend/kecenderungan perkembangan sains dan teknologi mengenai tanah jarang, perumusan peraturan lingkungan, pembentukan inkubator industri pengolahan/ pemisahan logam tanah jarang dan industri yang menggunakan logam tanah jarang, proses daur ulang, *reuse* produk yang menggunakan logam tanah jarang, pembuatan *pilot plant* untuk fasilitas R&D.

5

PEMANFAATAN LTJ UNTUK INDUSTRI

Pemanfaatan LTJ untuk industri antara lain pada sektor industri elektronika, industri katalis, inudstri keramik, industri kaca, industri otomotif, industri magnet, industri energi baru terbarukan, dan lain-lain dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 5.1. Pemanfaatan LTJ untuk Industri

Beberapa contoh aplikasi pada industri tersebut dapat diuraikan pada sub bab berikut ini.

5.1. Industri Elektronik

Penggunaan logam tanah jarang di industri elektronik antara lain dipakai pada :

1. *Display Fosfor (CRT, PDP, LCD)*
2. *Medical imaging fosfor*
3. *Lasers*
4. *Fiber optics*
5. *Optical suhu sensors*
6. *Semiconductor*

Persentase penggunaan logam tanah jarang pada sektor industri dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.1. Penggunaan Logam Tanah Jarang untuk Industri

Pengguna akhir	Persentase
Aplikasi dan paduan metalurgi	29%
Elektronik	18%
Katalis kimia	14%
Fosfor tanah jarang untuk monitor, pencahayaan, radar, televisi, dan <i>x-ray-intensifying film</i>	12%
Konverter katalitis otomotif	9%
Pemolesan kaca dan keramik	6%
Magnet permanen	5%
Katalis penyulingan minyak	4%
Lain-lain	3%

Sumber : BPPT, Kemenristek

Industri elektronika termasuk yang banyak menggunakan logam tanah jarang yaitu mencapai 18%. Jumlah dan elemen logam tanah jarang yang digunakan pada produk-produk elektronika dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.2. Penggunaan Logam Tanah Jarang untuk Industri Elektronik

Produk	LTJ/Komponen	Jumlah	Satuan
Variabel-frekuensi pengkondisian udara	NdFeB	100-200	g/satuan
		250	g/satuan
DVD Player/DVD ROM/Driver	NdFeB	5	g/satuan
E-Bike	NdFeB	500	g/satuan
		300	g/satuan
Hard disc drives (HDD)	NdFeB	15	g/satuan
		22	g/satuan
Pengeras suara	Magnet	153	g/satuan
	NdFeB	50	g/satuan
HP	Magnet permanen	5	g/satuan
HP	Fosfor ringan	0,006	g/satuan
Laptop	Fosfor ringan	0,05-0,6	g/satuan
TV LCD	Fosfor ringan	4,5-6	g/satuan
TV Plasma	Fosfor ringan	100-125	g/satuan
Display LCD	Fosfor ringan	1,5-2,5	g/satuan
Lampu fluoresen (rata-rata pasar)	Lantanum	0,35	g/satuan
	Serium	0,46	g/satuan
	Europium	0,20	g/satuan
	Terbium	0,19	g/satuan
	Ittrium	2,87	g/satuan

Contoh: NdFeB: 15g/satuan

9765t NdFeB≈3039t REO

Pengapalan HDD th 2010: 651 juta

13% dari permintaan dunia atas logam tanah jarang untuk magnet

Sumber: BPPT, Kemenristek

1. Display Fosfor (LCD, Plasma, LED)



Gambar 5.2. Display Phosphor

LTJ yang digunakan pada *display fosfor* adalah: *Europium (Eu)*, *Terbium (Tb)* dan *Ittrium (Yb)*. Sebagian besar lampu hemat energi dan panel *display* (LCD, Plasma, LED) membutuhkan logam tanah jarang sebagai *fosfor*.

Pertumbuhan di sektor ini cukup tinggi sehingga menyebabkan meningkatnya permintaan baik untuk *europium (Eu)*, *terbium (Tb)* dan *ittrium (Yb)*. Penggunaan logam tanah jarang di sektor ini tergolong cukup besar dari total penggunaan secara keseluruhan. Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut.

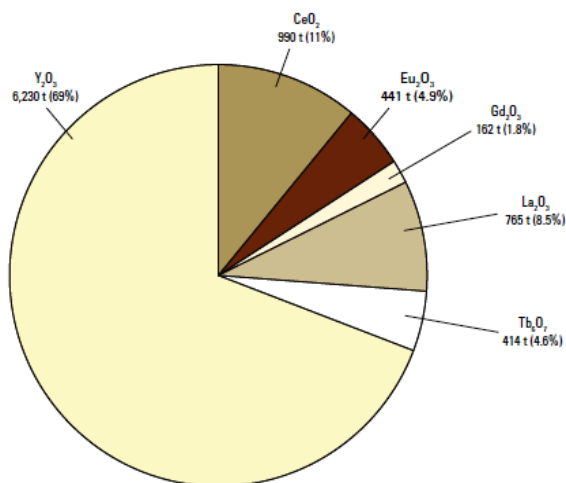


Figure 6. Pie chart showing the distribution of rare earth oxide consumption within the phosphor market sector in 2008. Data are derived from Bade (2010). CeO_2 , cerium oxide; Eu_2O_3 , europium oxide; Gd_2O_3 , gadolinium oxide; La_2O_3 , lanthanum oxide; Tb_2O_3 , terbium oxide; Y_2O_3 , yttrium oxide.

Gambar 5.3. Penggunaan LTJ untuk *display fosfor*

Sumber: BPPT, Kemenristek

2. Baterai



Gambar 5.4. Baterai

Keterangan Gambar:

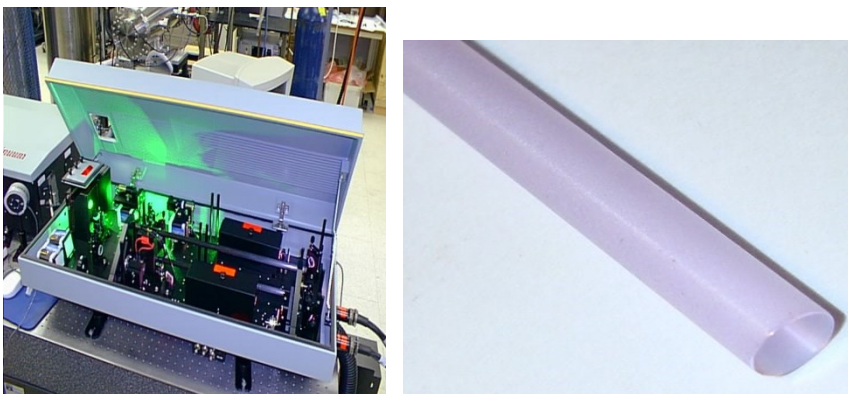
1. Terminal positif
2. *Outer metal casing* (termasuk terminal negatif)
3. Elektroda positif

4. Elektroda negatif dengan *current collector* (*metal grid, connected to metal casing*)

5. *Separator* (diantara elektroda)

Banyak produk elektronika menggunakan tenaga baterai. Salah satu jenis *rechargeable battery* yang paling efektif adalah baterai *nickel-metal hydride* atau NiMH *battery*. Baterai jenis ini banyak digunakan untuk *hybrid car* dan juga produk-produk elektronika. Campuran paduan logam tanah jarang digunakan sebagai anoda pada baterai NiMH (sekitar 26% dari berat baterai). Lantanum adalah logam tanah jarang utama yang dipergunakan untuk baterai NiMH, selain *serium, neodimium* dan *praseodimium*.

3. Laser



Gambar 5.5. Lasers

Logam tanah jarang yang digunakan pada laser adalah **Nd:YAG** (*neodimium-doped ittrium aluminium garnet; Nd:Y3Al5O12*)

4. Serat Optik

Gambar 5.6. Serat Optik

Logam tanah jarang *erbium* merupakan kandungan yang sangat penting pada serat optik. *Erbium* membantu amplifikasi serat optik untuk transmisi jarak jauh.

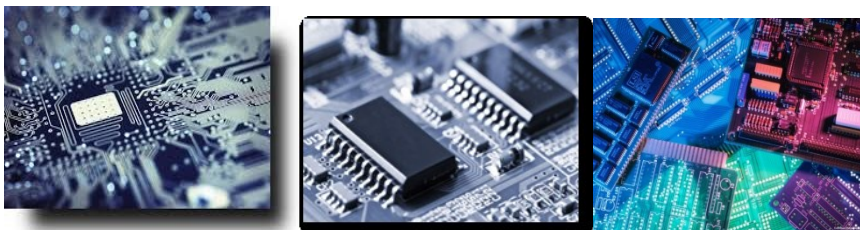
5. Pengindra suhu optik



Gambar 5.7. Pengindra Suhu Optik

Logam tanah jarang yang digunakan untuk pengindra suhu optik adalah *Ittrium*.

6. Semi Konduktor

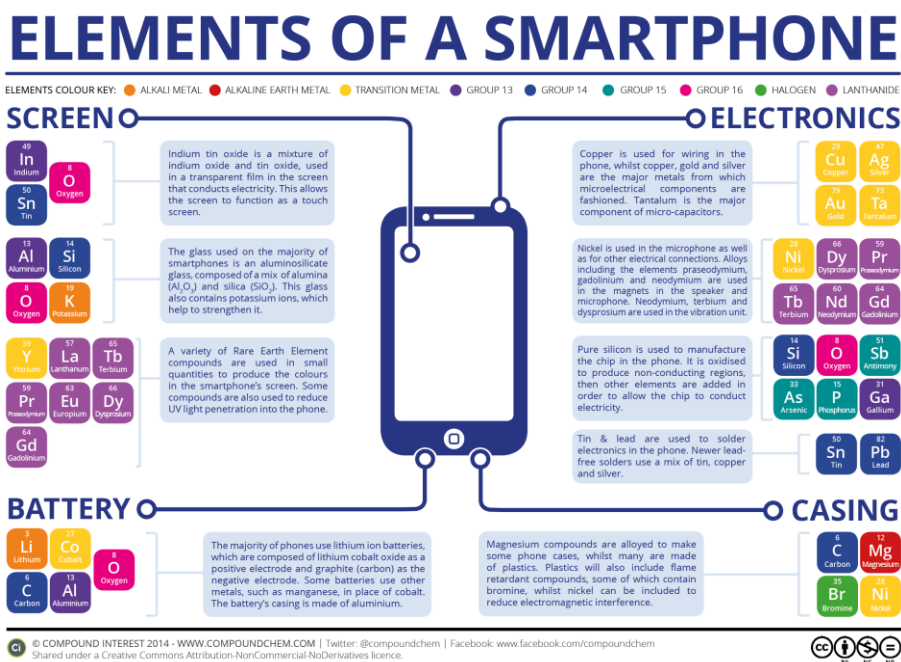


Gambar 5.8. Semi Konduktor

Logam tanah jarang yang banyak digunakan untuk semi konduktor adalah *Hafnium* dan *Tantalum*. *Hafnium* oksida merupakan insulator listrik yang sangat efektif karena memiliki performa yang melampaui material transistor standar yaitu silikon oksida, dalam mengurangi arus bocor sementara *switching* lebih cepat 20%. *Tantalum* oksida juga merupakan insulator yang sangat baik karena merupakan kunci dari jutaan kapasitor yang banyak dipergunakan untuk produk-produk elektronik seperti *smartphone* maupun komputer tablet.

7. LTJ untuk *Smartphone*

Pada setiap produk *smartphone*, beragam unsur dan senyawa kimia dikombinasikan menjadi senyawa khusus, termasuk logam tanah jarang. Secara khusus, sangat sulit untuk mendapat rincian senyawa khusus yang digunakan dalam pembuatan *smartphone*, karena senyawa khusus ini dilindungi oleh Paten.



Gambar 5.9. Penggunaan Unsur Kimia untuk Smartphone

a. Layar

Unsur dan senyawa yang terlibat dalam pembuatan layar sentuh terdiri dari kaca aluminosilikat, campuran aluminium oksida dan silikon dioksida, yang kemudian ditempatkan di wadah air panas yang telah dicampur dengan garam cair. Tujuannya adalah untuk memungkinkan ion natrium yang lebih kecil mengisi posisi di antara ion kaca dan potasium yang lebih besar; mengambil lebih banyak ruang dan ditekan bersama-sama ketika kaca mendingin, menghasilkan lapisan tegangan tekan pada kaca dan meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap kerusakan mekanis.

Pada lapisan yang tipis dan transparan, terdapat lapisan konduktif indium timah oksida yang diendapkan pada kaca untuk memungkinkannya berfungsi sebagai layar sentuh. Beberapa unsur logam tanah jarang juga dihadirkan

dalam jumlah yang sangat kecil, dan kombinasi ini berfungsi menampilkan warna pada layar.

b. Baterai

Mayoritas ponsel saat ini menggunakan baterai litium ion. Baterai ini menggunakan litium kobalt oksida sebagai elektroda positif dalam baterai (meskipun logam transisi lainnya kadang-kadang digunakan sebagai ganti kobalt), sementara elektroda negatif dibentuk dari karbon dalam bentuk grafit. Selain itu terdapat pelarut organik yang bertindak sebagai cairan elektrolit. Litium pada elektroda positif terionisasi selama pengisian baterai, dan bergerak ke lapisan elektroda grafit. Selama pengisian, ion kembali ke elektroda positif. Baterai biasanya ditempatkan dalam wadah aluminium.

c. Komponen elektronik

Berbagai unsur dan senyawa digunakan dalam komponen elektronik *smartphone*. *Chip*, prosesor ponsel, terbuat dari silikon murni, yang kemudian terkena oksigen dan panas sehingga menghasilkan sebuah film silikon dioksida di permukaannya. Silikon tidak menghantarkan listrik tanpa 'doping' dengan unsur-unsur lain. Proses ini melibatkan silikon dikombinasikan dengan berbagai unsur yang berbeda, seperti fosfor, antimoni, arsenik, boron, indium dan galium. Berbagai jenis semikonduktor (P atau N) yang dihasilkan tergantung pada elemen yang digunakan.

Komponen mikro-listrik dan kabel dalam telepon terutama terdiri dari tembaga, emas, dan perak sebagai unsur penyusun utama. Tantalum juga digunakan sebagai komponen utama mikro-kapasitor. Berbagai elemen lainnya, termasuk platinum dan paladium juga digunakan. Solder digunakan untuk menggabungkan komponen listrik. Dimasa lalu, biasanya terdiri dari timah dan

timah, tapi dalam beberapa tahun terakhir alternatif timah telah digunakan, seperti kombinasi timah dengan perak atau dan tembaga.

Mikrofon dan *speaker* telepon keduanya mengandung magnet, yang biasanya merupakan paduan **neodimium-besi-boron**, meskipun disprosium dan praseodimium sering juga digunakan dalam paduan. Unsur ini juga ditemukan untuk fungsi menggetarkan telepon.

Seperti disebutkan di atas, lapisan silikon dioksida pada perangkat semikonduktor mencegah arus mengalir di daerah-daerah semikonduktor di mana hal ini tidak diinginkan, yaitu antara transistor (dasarnya bentuk *switch*) dan silikon. Transistor terus mengecil dan lapisan isolasi antara transistor dan silikon juga menipis.

Untuk mengatasi hal ini, digunakan lapisan berbasis hafnium. Lapisan ini membutuhkan penggunaan bahan yang berbeda dari transistor. Untuk menghubungkan transistor dengan lapisan tembaga di semi-konduktor, digunakan tungsten sebagai kontak. Tungsten juga digunakan di luar perangkat semikonduktor, antara lain, sebagai motor bergetar dalam telepon.

Usaha untuk meningkatkan perangkat semikonduktor masih berlanjut. Kemungkinan memperkenalkan kelompok III-V senyawa unsur ke dalam struktur transistor, seperti GaAs, InP dan InAs, akan meningkatkan mobilitas elektron, dan pada gilirannya membuat semikonduktor menjadi lebih kecil lagi.

d. Casing

Unsur-unsur yang ada dalam *casing* telepon tergantung pada unsur yang ada didalamnya, logam atau plastik, atau campuran keduanya. *Casing* logam dapat dibuat dari paduan magnesium, sedangkan *casing* plastik berbasis karbon. *Casing* biasanya mengandung senyawa tahan api. *Brominated flame* masih sering digunakan, namun upaya dilakukan untuk menghilangkan

penggunaannya. *Casing* yang tidak mengandung bromin sekarang lebih sering digunakan.

5.2. Industri Otomotif – mobil hibrida

Aplikasi LTJ pada industri otomotif seperti layar LCD, komponen sensor, kaca mobil, baterai pada mobil hibrida, dan lainnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 5.10. Pemanfaatan LTJ pada kendaraan bermotor

5.3. Industri Listrik – Magnet

a) Teknologi Magnet

Salah satu penerapan logam tanah jarang adalah pada teknologi magnetik. Aplikasinya banyak dilakukan pada sektor energi dan militer. Logam tanah jarang banyak digunakan pada magnet kobalt samarium

(SmCo) dan magnet neodimium-besi-boron (NdFeB). Magnet SmCo mampu mempertahankan kekuatan magnetnya pada suhu tinggi.

Magnet NdFeB muncul pada 1980-an, ketika seorang ilmuwan mendapati bahwa paduan LaTbFeB memiliki sifat khusus, yaitu adanya sifat unik pada paduan 50% LaTb dan 50% FeB. Hasil penelitiannya dilaporkan dalam suatu konferensi.

Sementara itu, ilmuwan General Motors dan Hitachi menemukan bahwa magnet dari campuran NdFeB memiliki sifat magnet permanen yang unggul. Masing-masing perusahaan kemudian mematenkan hasil penelitian mereka. Persaingan untuk memperebutkan hak paten pun terjadi, namun kedua perusahaan tersebut bersepakat untuk membagi hak paten atas penemuan mereka. Hitachi setuju mengambil paten untuk "*sintered*" dan GM mengambil paten untuk "*rapidly solidified*"

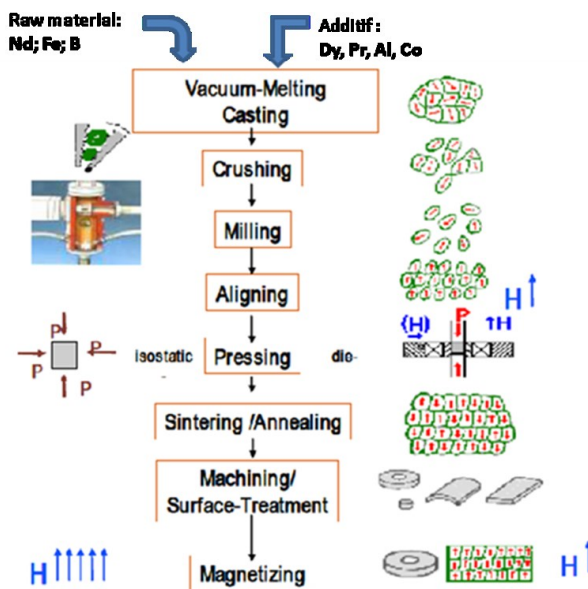
Secara umum, teknologi magnet ini digunakan pada pembangkit listrik tenaga bayu/angin.

i) Magnet Neodimium

Ada dua metode utama pembuatan magnet neodimium:

- Bubuk metalurgi klasik atau proses magnet disinter
- Pembekuan cepat atau proses magnet berikat

Magnet-Nd sinter selanjutnya dilebur, dicetak, dan didinginkan menjadi logam batangan. Logam batangan tersebut kemudian diproses hingga menjadi partikel-partikel kecil. Selanjutnya dilakukan proses *sintering* hingga partikel-partikel tersebut berubah menjadi blok padat. Blok tersebut kemudian dipanaskan, dibentuk, diberi perlakuan permukaan.



Gambar 5.11. .. Pembuatan Magnet *Sintered*

Pada 2012, 50.000 ton magnet neodimium diproduksi secara resmi di Cina. Cina memproduksi lebih dari 95% logam tanah jarang dunia, dan memproduksi sekitar 76% dari total magnet logam tanah jarang dunia.

Nd-magnet berikat disusun oleh pita tipis paduan NdFeB yang diproses secara *melt spinning*. Pita ini kemudian ditumbuk menjadi partikel, dicampur dengan polimer, dan baik dengan kompresi atau injeksi lalu dibentuk menjadi magnet berikat. Magnet berikat memiliki intensitas fluks kurang dari magnet disinter, tetapi dapat dibentuk menjadi bagian berbentuk rumit. Ada sekitar 5.500 ton magnet neo berikat yang diproduksi setiap tahun.



Gambar 5.12. Magnet Neodimium

Magnet Neodimium telah menggantikan *alnico* dan magnet ferit dalam banyak aplikasi, dan dalam teknologi modern di mana magnet permanen yang kuat diperlukan, karena kekuatannya lebih besar sehingga memungkinkan penggunaan magnet yang lebih kecil dan lebih ringan untuk aplikasi tertentu. Beberapa contoh adalah:

- *Head actuators for computer hard disks*
- *Magnetic resonance imaging (MRI)*
- *Magnetic guitar pickups*
- *Mechanical e-cigarette firing switches*
- *Locks for doors*

- *Loudspeakers and headphones*
- *Magnetic bearings and couplings*
- *Benchtop NMR spectrometers*
- Motor listrik:
 - o *Cordless tools*
 - o *Servomotors*
 - o *Lifting and compressor motors*
 - o *Synchronous motors*
 - o *Spindle and stepper motors*
 - o *Electrical power steering*
 - o Motor penggerak untuk kendaraan hibrida dan listrik. Motor listrik tiap Toyota Prius menggunakan 1 kg (2,2 pon) neodimium.
 - o *Actuators*
- Generator listrik untuk turbin angin (untuk yang menggunakan eksitasi magnet permanen)
 - o Penggerak langsung turbin angin memerlukan 600 kg material PM per megawatt
 - o Turbin yang menggunakan roda gigi memerlukan material PM lebih sedikit per megawatt

Kandungan neodimium diperkirakan sebesar 31% dari berat magnet.

ii) Magnet Samarium Kobalt

Magnet Samarium-kobalt (SmCo), adalah jenis magnet bumi yang langka, magnet permanen yang kuat, yang dikembangkan pada awal tahun 1970-an. Kekuatan magnet tersebut sejajar dengan magnet neodimium, tetapi memiliki ketahanan suhu dan koersivitas yang lebih tinggi. Magnet ini getas dan mudah retak.

Paduan samarium-kobalt magnet ini (ditulis sbagai SmCo_5 , atau SmCo Seri 1: 5) memiliki satu atom samarium tanah jarang dan lima atom kobalt. Magnet ini biasanya terdiri dari 36% samarium dengan kobalt yang seimbang. Produk energi paduan samarium-kobalt ini berkisar dari 16 sampai 25 MGOe MGOe, atau sekitar 128 kJ/m³ - 200 kJ/m³. Koefisien temperatur reversibel dari magnet ini adalah $-0.05\%/^{\circ}\text{C}$.

Pada pertengahan 1980-an beberapa *headphone* mahal seperti Ross RE-278 memanfaatkan *Samarium Cobalt "Super Magnet"* transduser. Kegunaan lainnya meliputi:

- *High-end electric motors used in the more competitive classes in slotcar racing*
- *Turbomachinery*
- *Traveling-wave tube field magnets*
- *Applications that will require the system to function at cryogenic temperatures or very hot suhues (over 180°C)*
- *Applications in which performance is required to be consistent with temperatures change*
- *Benchtop NMR spectrometers*

5.4. Industri Energi Baru Terbarukan

Pemanfaatan logam tanah jarang untuk Energi Baru Terbarukan Konversi Energi (EBTKE), diantaranya adalah sebagai berikut:

5.4.1. Solar Cell

Secara umum Solar Cell, dibagi atas 2 (dua) jenis, yakni Kristal Silikon dan Thin Film.

1. Kristal Silikon

Silikon monokristalin atau kristal tunggal Si, atau mono-Si adalah bahan dasar industri elektronik, yang terdiri dari silikon di mana kisi kristal seluruh padatan tidak terputus (tanpa batas butir) di ujungnya. Kebanyakan silikon monokristal dikembangkan melalui proses Czochralski, dalam bentuk silinder yang berukuran hingga 2,45 m

Silikon monokristalin adalah bahan yang paling penting dalam satu dekade terakhir. Ketersediaannya dengan biaya terjangkau membuatnya menjadi bahan penting dalam perkembangan perangkat elektronik.

a. Mono-Si dalam elektronik

Bentuk yang digunakan pada pembuatan monokristalin yang disebabkan oleh batas butir akan menyebabkan diskontinuitas dan ketidaksempurnaan dalam struktur mikro silikon, seperti impurities dan cacat kristalografi, yang dapat memberikan efek signifikan terhadap sifat material. Ketidaksempurnaan ini akan berdampak pada fungsi dan keandalan perangkat. Tanpa kesempurnaan kristal hampir mustahil membuat perangkat Very Large-Scale Integration (VLSI) dimana jutaan sirkuit berbasis transistor digabungkan dalam satu chip. Oleh karena itu, industri elektronik telah banyak berinvestasi untuk menghasilkan monokristalin dalam jumlah besar.

b. Mono-Si dalam sel surya

Silikon monokristalin juga digunakan dalam pembuatan sel surya. Sel surya monokristalin dapat mencapai efisiensi 21% sementara jenis sel yang lebih murah hanya mampu mencapai efisiensi sekitar 10%.

Beberapa perusahaan mulai memproduksi sel surya silikon monokristalin meskipun biaya produksinya lebih mahal karena kesadaran konsumen untuk menggunakan produk dengan efisiensi yang lebih tinggi.

2. Thin Film

Sel surya film tipis (Thin Film Solar Cell/TFSC), juga disebut sel fotovoltaik film tipis (Thin Film Photo Voltaic), adalah sel surya yang dibuat dengan menggabungkan satu atau lebih lapisan tipis (film tipis) bahan fotovoltaik pada substrat. Ketebalan film bervariasi, dari beberapa nanometer hingga puluhan mikrometer.

Film tipis adalah saingan utama kristal silikon sel surya. Pangsa pasarnya menurun dalam beberapa tahun terakhir menjadi sekitar 9 persen pada tahun 2013.

Panel surya film tipis tersedia secara komersial untuk instalasi di atap bangunan. Keuntungan panel surya tradisional adalah berat yang lebih rendah, tahan angin dan tahanan terhadap injakan. Kerugiannya adalah mahal dan kurang efisien. Bangunan terintegrasi fotovoltaik menggunakan sel film tipis semi-transparan yang dapat difungsikan sebagai jendela kaca. Sel-sel ini bertindak sebagai jendela disamping juga menghasilkan listrik.

Film disimpan dengan berbagai metode deposisi pada berbagai substrat. Film tipis solar sel biasanya dikategorikan berdasarkan bahan bahan fotovoltaiknya:

- Sel surya Kadmium telurida (CdTe)
- Tembaga indium galium selenida sel surya (CIS atau CIGS)
- Silikon amorf (a-Si) dan sel silikon tipis-film lainnya.
- *Emerging photovoltaics* (organik, quantum dot, dye-sensitized, dan sel surya perovskit).

Beberapa jenis *Thin Film*, adalah:

a. Kadmium telurida

Kadmium telurida (CdTe) adalah teknologi film tipis dominan dengan pangsa pasar sekitar 5 persen dari produksi PV di seluruh dunia. Efisiensi di tingkat

laboratorium sel surya jenis CDTe meningkat secara signifikan dalam beberapa tahun terakhir dan setara dengan film tipis CIGS serta dekat dengan efisiensi silikon multi-kristal pada tahun 2013. Juga, CdTe memiliki waktu pengembalian energi terendah dari semua produksi teknologi PV, dan dapat sesingkat delapan bulan di lokasi yang menguntungkan.

Penggunaan LTJ menjadi masalah penting untuk kelangsungan hidup ekonomi CdTe teknologi film tipis. Banyaknya telurium - yang telurida adalah bentuk anionik - adalah sebanding dengan platinum di kerak bumi dan memberikan kontribusi signifikan terhadap biaya modul.

- **Kadmium (Cd)**

Kadmium adalah logam berat yang dianggap sebagai **zat yang berbahaya**, merupakan produk sampingan limbah pemurnian **seng (Zn)**. Oleh karena itu produksinya tidak tergantung pada permintaan pasar PV. Produk sampingan pertambangan dapat dikonversi menjadi senyawa CdTe yang stabil dan aman dikemas dalam modul surya CdTe PV selama bertahun-tahun.

- **Telurium (Te)**

Produksi dan cadangan telurium (Te) tunduk pada ketidakpastian dan bervariasi. Telurium terutama digunakan sebagai aditif mesin untuk baja. Te hampir secara eksklusif diperoleh sebagai produk sampingan dari pemurnian tembaga, dengan jumlah yang lebih kecil dari timah dan produksi emas.

- **Kadmium Klorida**

Kadmium klorida/magnesium klorida

Pembuatan sel CdTe termasuk lapisan tipis dengan kadmium klorida (CdCl_2) untuk meningkatkan efisiensi sel secara keseluruhan. Kadmium

klorida adalah racun, relatif mahal dan sangat larut dalam air, menimbulkan ancaman terhadap lingkungan yang potensial selama pembuatan. Pada tahun 2014 penelitian menemukan bahwa magnesium klorida ($MgCl_2$) berlimpah dan tidak berbahaya. Penelitian ini dapat menyebabkan sel-sel CdTe lebih murah dan lebih aman.

- **Daur Ulang**

Pada 2009 lebih dari 100 GW modul PV surya telah dipasang di seluruh dunia. First Solar yang pertama didirikan melalui program daur ulang dalam industri PV. Fasilitas daur ulang yang beroperasi pada masing-masing pabrik First Solar memulihkan hingga 95% bahan semikonduktor untuk digunakan kembali dalam modul baru dan 90% kaca untuk digunakan kembali dalam produk kaca baru.

b. Tembaga Indium Galium Selenida Solar Cell

Sel surya jenis tembaga indium galium selenida (Copper Indium Galium Selenide - CIGS atau sel, kadang-kadang CI (G) S atau CIS sel) adalah sel-jenis film tipis untuk solar sel yang digunakan dalam photovoltaic (PV) teknologi surya untuk menyerap dan mengkonversi sinar matahari menjadi listrik. CIGS diproduksi dengan menyimpan lapisan tipis bahan semikonduktor yang terdiri dari tembaga, indium, galium dan selenida ($CuIn_xGa_{(1-x)}Se_2$) dari kaca atau plastik, bersama dengan elektroda di bagian depan dan belakang untuk mengumpulkan. Karena bahan memiliki koefisien daya serap yang tinggi dan sangat menyerap sinar matahari, *thin film* diperlukan film lebih dari bahan semikonduktor lainnya.

Pangsa CIGS di pasar PV telah berkembang sangat pesat selama beberapa tahun, sekitar 15 persen dari pangsa pasar PV dunia dengan dominasi pasar adalah sel surya silikon kristal.

5.4.2. Magnet Permanen

Disprosium, neodimium, praseodimium, samarium dan cobalt, digunakan pada magnet permanen yang kuat dan digunakan untuk turbin angin dan mobil hibrida.

Turbin angin berbasis magnet permanen menggunakan material yang mengandung unsur neodimium-besi-boron. Neodimium adalah elemen yang tersedia cukup, namun kenaikan harga neodimium dan penurunan jumlah cadangan adalah masalah jangka panjang yang harus diantisipasi.

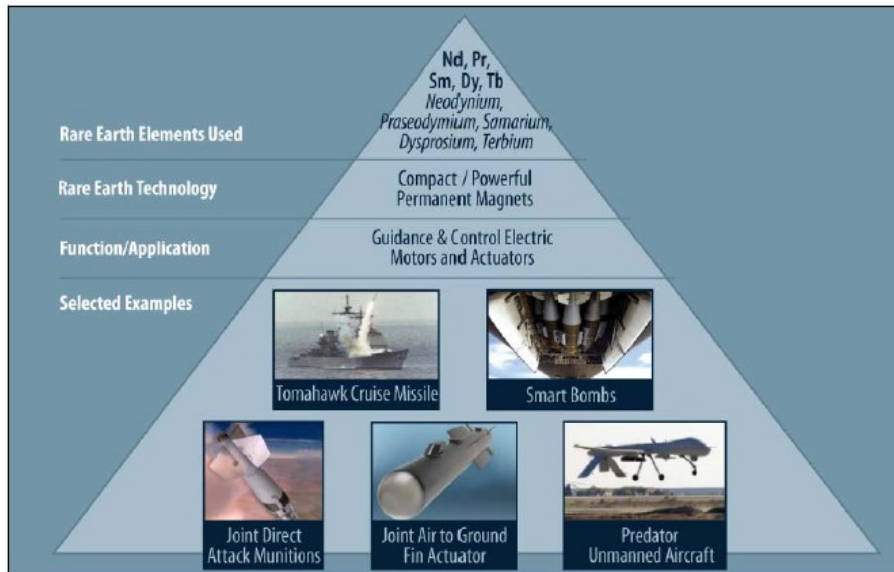
Gambar 5.13. Pemanfaatan Magnet Neodimium pada Turbin Angin

5.5 . Industri Lainnya

Penggunaan LTJ pada peralatan lainnya antara lain :

- Pada sistem panduan dan kendali rudal, termasuk mengendalikan arah rudal

Figure 1. Rare Earth Elements in Guidance and Control Systems

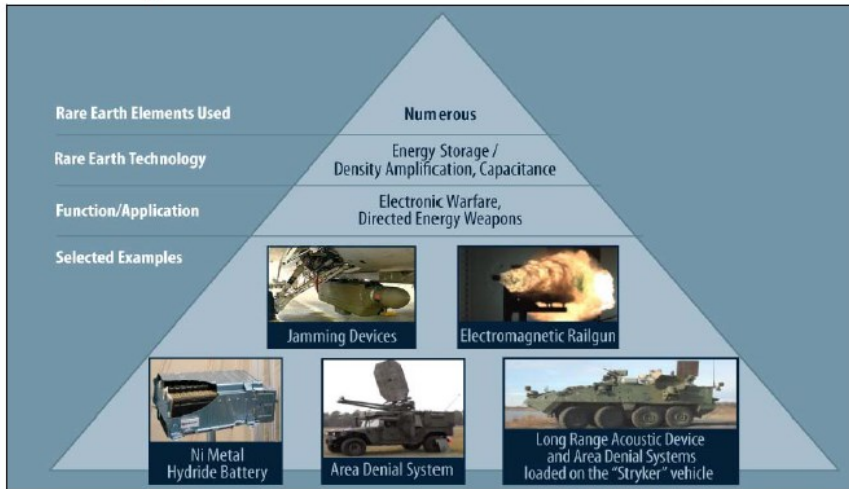


Source: Compiled from presentations by the Rare Earth Industry and Technology Association, the United States Magnet Manufacturing Association, and David Pineault, "Global Rare Earth Element Review," Defense National Stockpile Center, Spring 2010.

Gambar 5.14. LTJ dalam Sistem Kendali

- motor drive disk yang dipasang di pesawat terbang, tank, sistem rudal, dan komando dan pusat kontrol;

Figure 2. Rare Earth Elements in Defense Electronic Warfare

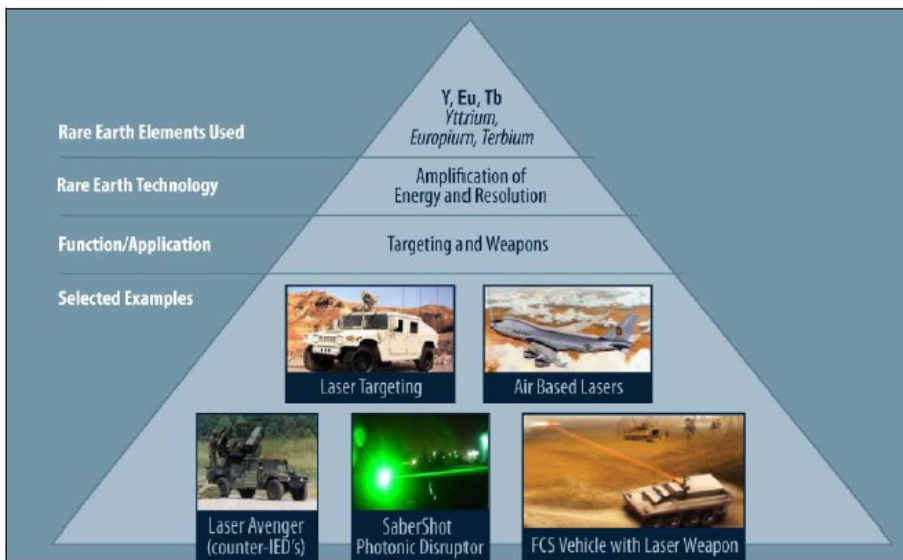


Source: Compiled from presentations by the Rare Earth Industry and Technology Association, the United States Magnet Manufacturing Association, and David Pineault, "Global Rare Earth Element Review," Defense National Stockpile Center, spring 2010.

Gambar 5.15. LTJ dalam Peralatan Petahanan Elektronik

- laser untuk mendeteksi musuh, interogator, tambang bawah air, dan penanggulangan pertahanan
-

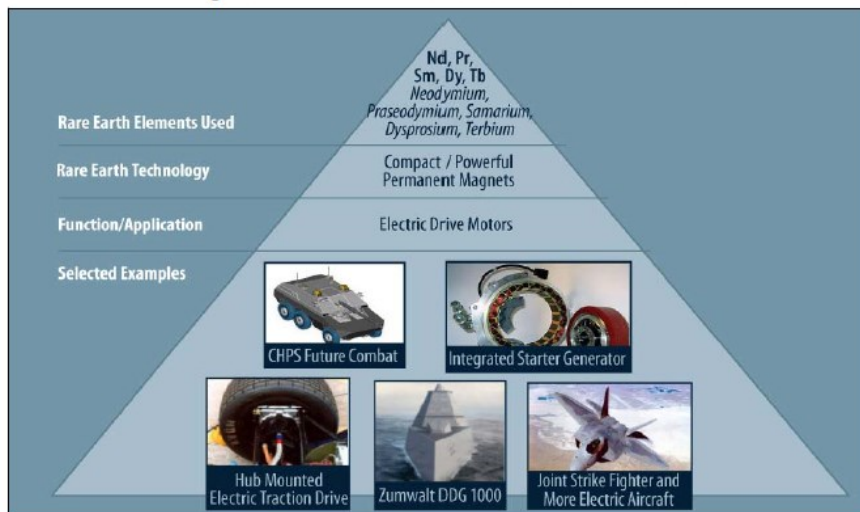
Figure 3. Rare Earth Elements in Targeting and Weapon Systems



Gambar 5.16. LTJ dalam Sistem Senjata Kendali

- komunikasi satelit, radar, dan sonar pada kapal selam dan kapal permukaan,

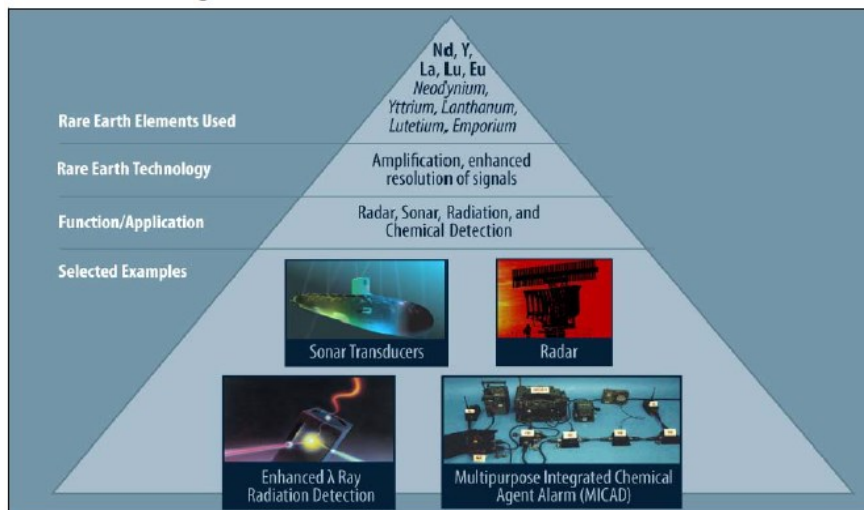
Figure 4. Rare Earth Elements in Electric Motors



Gambar 5.17. LTJ dalam Motor Listrik

- Peralatan optik dan *speaker*

Figure 5. Rare Earth Elements and Communication



Gambar 5.18. LTJ dalam Sistem Komunikasi

6

PENGEMBANGAN INDUSTRI BERBASIS LTJ

6.1. Strategi Pengembangan Industri berbasis Logam Tanah Jarang

Untuk mencapai visi dan misi industri nasional yang telah dirumuskan di dalam konsep Rencana Induk Pengembangan Industri Nasional, maka *roadmap* pengembangan Industri Berbasis Logam Tanah Jarang dibagi menjadi tiga fase dengan jangka waktu lima tahunan.

6.1.1. Strategi Pengembangan

6.1.1.1. Internalisasi dan Pengamanan Sumber Daya

Pada Internalisasi dan pengembangan sumber daya alam, pengembangan LTJ difokuskan untuk memanfaatkan sumber daya mineral, SDM, energi dan finansial yang dimiliki seoptimal mungkin dengan berbagai teknologi yang sederhana dan telah dikuasai untuk menghasilkan produk bahan baku berupa REOH dan RE yang memiliki nilai tambah yang sangat tinggi. Berbagai teknologi proses penunjang berupa teknik purifikasi, ekstraksi, separasi, smelting, filtrasi dan lain sebagainya harus segera dikuasai.

Kemudian pengembangan teknologi LTJ harus mendapat prioritas utama, sehingga diharapkan dalam waktu lima tahun teknologi tersebut sudah dikuasai dan digunakan untuk memproduksi REOH dan RE.

Berbagai RE yang telah dibuat secara massal dapat dimanfaatkan untuk membuat produk teknologi seperti magnet permanen, mobil hibrida, baterai hibrida, dan lain-lain, sehingga dengan sendirinya akan mengakselerasi penguasaan berbagai produk teknologi tersebut. Dengan memanfaatkan bahan baku REOH/RE dan produk teknologi yang ada maka dapat diprioritaskan industri-industri nasional yang telah memiliki kesiapan dalam penerapan teknologi ditinjau dari sumber daya yang tersedia, kemudahan penguasaan teknologi, dan kesiapan infrastruktur penunjang, seperti industri logam, industri kimia, industri elektronika, industri baterai hibrida, industri magnet permanen, sehingga diharapkan terjadi peningkatan kualitas dan kuantitas produksi dan daya saing industri.

Pada internalisasi dan pengamanan sumber daya ini, peningkatan kapabilitas SDM baik dari kalangan peneliti dan industri menjadi prioritas program unggulan dengan melakukan pelatihan, peningkatan strata pendidikan dan pemberian insentif grant riset yang di bidang peningkatan kapasitas industri untuk memperbaiki *linkage* sekaligus meningkatkan hubungan dan peran peneliti dalam dunia industri. Di sisi lain, untuk menunjang kebijakan peningkatan nilai ekonomi sumber daya lokal dengan pemberian nilai tambah dengan optimalisasi RE/REOH sebelum dimanfaatkan secara bisnis, perlu dibuat berbagai peraturan/ kebijakan yang membatasi atau mengatur sistem perdagangan bahan baku lokal baik berupa mineral, energi dan sumber daya lainnya.

Strategi yang dibangun adalah :

- a. Strategi pengamanan sumber bahan baku yang berasal dari luar negeri.

Pemerintah Indonesia terus menjalin kerjasama dengan negara-negara

yang memiliki sumber daya melimpah. Hal ini melibatkan pengumpulan informasi dan mengirim tim untuk melakukan eksplorasi, dan membangun kerjasama strategis dengan negara-negara lain (seperti Korea, Cina, Malaysia, dll), investasi di tambang luar negeri dan memodifikasi peraturan untuk mendorong perkembangan investasi dari asing untuk masuk ke Korea.

- b. Strategi pengamanan sumber bahan baku yang berasal dari dalam negeri. Selain itu, Pemerintah Indonesia juga terus mengeksplorasi kekayaan alam yang berasal dari dalam negerinya, termasuk memanfaatkan *tailing*.

Kebijakan-kebijakan yang lain yang secara langsung maupun tidak langsung terhadap rantai sistem industri-industri yang diprioritaskan harus dapat dirumuskan secara seksama dan terintegrasi sehingga tidak perlu terjadi kebijakan yang kontra produktif.

6.1.1.2. Materialisasi

Fase ini merupakan fase dimana industri-industri nasional yang diprioritaskan pada materialisasi sudah mulai dapat bersaing secara global. Pada fase ini, teknologi proses awal pengolahan sumber daya mineral, sumber daya nabati dan hewani sudah dikuasai, sehingga memungkinkan melakukan pengembangan teknologi LTJ secara lebih masif. Di fase ini, diperlukan penelitian untuk diversifikasi LTJ dan penguasaan teknologi untuk 17 Unsur Lantanida.

Pada fase ini, prasarana dan sarana dasar untuk pengembangan nanoteknologi telah dimiliki dan pemerintah telah mulai mengidentifikasi sekaligus pengadaan peralatan-peralatan untuk pengembangan produk turunan serta mendorong insentif untuk Industri berbasis LTJ.

Pada fase ini, kebijakan-kebijakan pemerintah yang mengarah pada perlindungan industrimanufaktur yang menggunakan LTJ, dan dilaksanakan secara terintegrasi. Pemberian insentif pada industri yang menerapkan nanoteknologi juga perlu dilakukan baik berupa keringanan pajak dan menyediakan infrastruktur yang menunjang.

6.1.1.3. *Circulation Technology and Infrastructure (Recycle/Reuse)*

Pada tahap *Circulation technology and infrastructure (recycle/reuse)*, diharapkan industri nasional yang berbasis LTJ yang diprioritaskan pada fase-fase sebelumnya telah eksis. Untuk itu diperlukan penerapan *recycle* agar guna pmenambahan pasokan bahan baku dapat berjalan. *Recycle* yang dilakukan selama proses pembuatan bahan dan produk, selain itu *recycle* juga dilakukan pada akhir masa pakai produk. Pemerintah juga diharapkan akan menerapkan regulasi yang tepat untuk meningkatkan pengumpulan dan meningkatkan kesadaran akan potensi daur ulang produk konsumen.

Seiring dengan peningkatan kinerja industri nasional, pemerintah harus memfokuskan pada investasi penyediaan peralatan-peralatan canggih di lembaga-lembaga R&D milik pemerintah/LPND atau di Perguruan Tinggi terkemuka di Indonesia guna mendukung industri yang berbasis teknologi tinggi, seperti industri Energi Baru Terbarukan, ICT, industri presisi tinggi, industri Infrastruktur Komunikasi, Industri Motor Listrik, Industri Pertahanan dan Keamanan, dan lain sebagainya.

Gambar 6.1. Strategi Pengembangan Industri Logam Tanah Jarang

6.1.2. Pokok Rencana Aksi

Guna lebih mengoperasikan Pengembangan Industri Berbasis Logam Tanah Jarang ini, dibangunlah Rencana Aksi, untuk Kurun Waktu Jangka Menengah dan Jangka Panjang, sebagai berikut

6.1.2.1. Jangka Menengah (2015– 2020)

1. Memperkuat kemitraan antara industri LTJ hulu dan hilir guna memenuhi kebutuhan bahan baku industri hilir;
2. Membangun sinergitas antara Industri Hilir Pertambangan dengan Industri berbasis LTJ untuk mendorong daya saing industri, diantaranya melalui penetapan bahan baku LTJ dan *Tailing* Industri Pertambangan untuk memenuhi kebutuhan Produksi Industri LTJ;
3. Mendorong pembangunan Industri LTJ dan Industri Hilir LTJ melalui insentif mesin/peralatan produksi;
4. Mendorong aliansi strategis industri LTJ dengan sumber–sumber teknologi yang berbasis bahan baku lokal;
5. Memfasilitasi Hasil Litbang Dalam Negeri untuk diterapkan pada pembangunan industri berbasis LTJ;
6. Mendorong penetapan SNI (Standar Nasional Indonesia) produk industri berbasis LTJ;
7. Memberikan insentif untuk pengembangan industri hilir yang memanfaatkan LTJ (Logam paduan, Elektronika, Baterai Hibrida, Magnet Permanen, Energi Baru Terbarukan, Baterai *Smartphone*, Industri Kimia, Industri Katalis, Industri Semikonduktor, Industri Sistem Kendali, Industri Motor Listrik, Industri Komunikasi dan Telematika, Industri Infrastruktur Telekomunikasi, Industri Pertahanan dan Keamanan);

8. Menetapkan kebijakan memprioritaskan penggunaan hasil produksi dalam negeri untuk pembangunan infrastruktur, kebutuhan migas dan kebutuhan pembangunan lainnya;
9. Menetapkan kebijakan energi untuk diprioritaskan bagi industri LTJ;
10. Mendorong terbentuknya kebijakan harmonisasi tarif industri LTJ;
11. Menerapkan secara konsisten dan optimal kebijakan pengamanan perdagangan (instrumen *sefeguard*, anti dumping, anti subsidi, dan lain-lain) dalam melindungi industri dalam negeri;

6.1.2.2. Jangka Panjang (2016 – 2025)

1. Membangun dan mengembangkan teknologi LTJ yang bersumber dari (i) Hilirisasi Industri Pertambangan (Emas, Perak, Bauksit, Timah, Tembaga, Bijih Besi, Pasir Besi, Mangan, Nikel);
2. Membangun industri LTJ dengan teknologi yang *proven*.
3. Membangun Kawasan industri LTJ yang dikombinasikan dengan Lokasi Pertambangan.
4. Mendorong sinergi yang kuat antara industri baja nasional dengan industri hulu dan hilirnya serta lembaga terkait lainnya, termasuk sinergi antar lembaga penelitian dan pengembangan;

Pengembangan industri baja perlu ditunjang oleh infrastruktur ekonomi yang memadai seperti teknologi, SDM, infrastruktur dan pasar. Kerangka pengembangan industri baja secara lengkap dapat dilihat pada gambar 6.2.

Keberhasilan pendekatan klaster dalam pengembangan industri baja sangat bergantung pada efektifitas hubungan kerjasama antara pemerintah dan dunia usaha (*Public-Private Partnership*) dan keterkaitannya. Untuk mengefektifkan kerjasama dan koordinasi tersebut diperlukan adanya kelembagaan yang mendorong komunikasi secara rutin dan berkesinambungan.

Secara rinci, peran dari masing-masing pemangku kepentingan dan kerangka keterkaitan industri berbasis LTJ dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Pengembangan klaster industri baja akan dilakukan di beberapa daerah, dimana secara rinci lokasi pengembangan klaster tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.3.

Tabel 6.1. Kerangka Pengembangan Industri Logam Tanah Jarang

<p><u>Industri Inti</u></p> <p>Logam Tanah Jarang</p>	<p><u>Industri Pendukung</u></p> <p>Gas Alam; Listrik; Air; Batu Kapur; Semen/Bata Tahan Api; Besi-Pellet; Ferro Alloy; Workshop</p>	<p><u>Industri Terkait</u></p> <p>Alat Angkut; Material Konstruksi; Komponen Otomotif; Mesin/Peralatan Pabrik; Peralatan Pengeboran Minyak; Kemasan/Kontainer.</p>	<p><u>Industri Hilir</u></p> <p>Logam Alloy, Elektronik, Baterai Hibrid, Magnet Permanent, Energi Baru Terbarukan, Baterai Smartphone, Industri Kimia, Industri Katalis, Industri Semi Konduktor, Industri Sistem Kontrol, Industri Motor Listrik, Industri Komunikasi dan Telematika, Industri Infrastruktur Telekomunikasi, Industri Pertahanan dan Keamanan</p>
<p><u>Sasaran Jangka Menengah 2010 – 2015</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Terbangunnya Industri LTJ baru dan lembaga penunjang Ind LTJ; 2. Penerapan Hasil Litbang untuk Industri LTJ; 3. Terbangunnya media pertukaran informasi untuk mendorong sinergi antara industri LTJ nasional dengan industri hulu dan hilirnya serta lembaga terkait lainnya. 4. Meningkatnya penggunaan produk berbasis LTJ dalam negeri. 5. Stimulasi Mesin untuk Industri berbasis LTJ 		<p><u>Sasaran Jangka Panjang 2016 – 2025</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tumbuhnya industri iron making berbasis batubara (coal base) atau gas dan bijih besi lokal dengan kapasitas 5 juta ton/tahun; 2. Berkembangnya industri LTJ hulu dan Hilir 3. Terintegrasinya industri peleburan LTJ dengan Industri Hilir Pertambangan 	
<p><u>Pokok-pokok Rencana Aksi Jangka Menengah (2015 – 2020)</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Memperkuat kemitraan antara industri LTJ hulu dan hilir guna memenuhi kebutuhan bahan baku industri hilir; 2. Membangun sinergitas antara Industri Hilir Pertambangan dengan Industri berbasis LTJ untuk mendorong Daya saing Industri, diantaranya melalui penetapan bahan baku LTJ dan Tailing Industri Pertambangan untuk memenuhi kebutuhan Produksi Industri LTJ; 3. Mendorong pembangunan Industri LTJ dan Industri Hilir LTJ melalui insentif mesin/peralatan produksi; 4. Mendorong aliansi strategis industri LTJ dengan sumber-sumber 		<p><u>Pokok-pokok Rencana Aksi Jangka Panjang (2016 – 2030)</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Membangun dan mengembangkan teknologi LTJ yang bersumber dari (i) Hilirisasi Industri Pertambangan (Emas, Perak, Bauksit, Timah, Tembaga, Bijih Besi, Pasir Besi, Mangan, Nikel); 2. Membangun industri LTJ dengan teknologi yang proven. 3. Membangun Kawasan industri LTJ yang dikombinasikan dengan Lokasi Pertambangan. 	

<p>teknologi yang berbasis bahan baku lokal;</p> <ol style="list-style-type: none">5. Memfasilitasi Hasil Litbang Dalam Negeri untuk diterapkan pada pembangunan industri berbasis LTJ;6. Mendorong penetapan SNI (Standar Nasional Indonesia) produk industri berbasis LTJ;7. Memberikan insentif untuk pengembangan industri hilir yang memanfaatkan LTJ (Logam Alloy, Elektronika, Baterai Hibrid, Magnet Permanent, Energi Baru Terbarukan, Baterai Smartphone, Industri Kimia, Industri Katalis, Industri Semi Konduktor, Industri Sistem Kontrol, Industri Motor Listrik, Industri Komunikasi dan Telematika, Industri Infrastruktur Telekomunikasi, Industri Pertahanan dan Keamanan);8. Menetapkan kebijakan memprioritaskan penggunaan hasil produksi dalam negeri untuk pembangunan infrastruktur, kebutuhan migas dan kebutuhan pembangunan lainnya;9. Menetapkan kebijakan energi untuk diprioritaskan bagi industri LTJ;10. Mendorong terbentuknya kebijakan harmonisasi tarif industri LTJ;11. Menerapkan secara konsisten dan optimal kebijakan pengamanan perdagangan (instrumen safeguard, anti dumping, anti subsidi, dan lain-lain) dalam melindungi industri dalam negeri;	<ol style="list-style-type: none">4. Mendorong sinergi yang kuat antara industri baja nasional dengan industri hulu dan hilirnya serta lembaga terkait lainnya, termasuk sinergi antar lembaga penelitian dan pengembangan;

<u>Unsur Penunjang</u>	
<p><u>Periodesasi peningkatan Teknologi</u></p> <ul style="list-style-type: none">a. Internalisasi dan <i>Securing Resources</i> (2015 – 2020) ;b. Materialization (2020 – 2025)c. Circulation technology and infrastructure (recycle/reuse) (2016 – 2025) <p><u>Pasar</u></p> <ul style="list-style-type: none">a. Peningkatan market share dalam negeri;b. Pengembangan pasar luar negeri;	<p><u>SDM</u></p> <ul style="list-style-type: none">a. Peningkatan dan Konsorsium Litbang Lintas K/L;b. Pelatihan penguasaan teknologi dan manajemen;c. Kerjasama dengan Perguruan Tinggi untuk menghasilkan lulusan siap pakai industri baja. <p><u>Infrastruktur</u></p> <ul style="list-style-type: none">a. Memberikan insentif bagi investor baru dan perluasan industri LTJ hilir dan LTJ hulu serta industri penunjangnya baik industri bahan baku maupun workshop;b. Memberikan tax holiday bagi pendirian maupun perluasan Kawasan industri LTJ hulu.

Gambar 6.2. Lokasi Pengembangan Industri Berbasis LTJ

Tabel 6.2. Peran Pemangku Kepentingan dalam Pengembangan Industri Logam Tanah Jarang

Rencana Aksi 2015 - 2020	Pemerintah Pusat					Pemerintah Daerah	Swasta					Perguruan Tinggi dan Litbang										Forum		
	Kemaperin	KESDM	Kemendag	Kemristek	KLH		Dep. PU	Prop	Kab/Kota	Asosiasi	PT. Timah	PT. Antam	Industri Hilir	Bank	PT/Univ	Pustek-BPKIM	BBLM	BBK	B4T	BATAN	Bapeten	LPI	Daya Saing	Working Group
1. Memperkuat kemitraan antara industri LTJ hulu dan hilir guna memenuhi kebutuhan bahan baku industri hilir;	0	0	0	0			0			0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. Membangun sinergi antara Industri Hilir Pertambangan dengan Industri berbasis LTJ untuk mendorong Daya saing Industri, diantaranya melalui penetapan bahan baku LTJ dan <i>Tailing</i> Industri Pertambangan untuk memenuhi kebutuhan Produksi Industri LTJ;	0	0	0	0								0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3. Mendorong pembangunan Industri LTJ dan Industri Hilir LTJ melalui insentif mesin/peralatan produksi;	0	0				0									0							0	0	
4. Mendorong aliansi strategis industri LTJ dengan sumber-sumber teknologi yang berbasis bahan baku lokal;	0	0	0	0										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6.2. Optimalisasi Peran BPKIMI melalui Balai Besar dan dan Balai Riset Industri dan Standardisasi

6.2.1. Kelembagaan BPKIMI

Badan Pengkajian Kebijakan, Iklim dan Mutu Industri (BPKIMI) mempunyai peran sebagai pusat rujukan kebijakan industri baik nasional maupun internasional, yang sangat vital dalam upaya pengembangan industri nasional, melalui kebijakan-kebijakan pengembangan industri. BPKIMI didukung oleh pusat-pusat yang mencakup semua aspek keindustrian, yaitu:

- Pusat Standardisasi berperan dalam perumusan, penyiapan penerapan, pengembangan, dan kerjasama di bidang standardisasi industri.
- Pusat Pengkajian Kebijakan Dan Iklim Usaha Industri berperan dalam pengkajian dan perumusan kebijakan iklim usaha industri yang mencakup fasilitas (insentif fiskal dan non fiskal), kebijakan-kebijakan sektor industri, juga aspek perpajakan dan tarif.
- Pusat Pengkajian Industri Hijau dan Lingkungan Hidup berperan dalam pengkajian dan perumusan kebijakan terkait industri hijau dan lingkungan hidup.
- Pusat Pengkajian Teknologi dan HKI yang berperan dalam pengkajian dan perumusan terkait teknologi industri dan hak kekayaan intelektual.

Di samping pusat-pusat tersebut, 11 unit Balai Besar dan 11 Balai Riset dan Standardisasi Industri (Baristand Industri) mempunyai peranan yang penting sebagai unit pelayanan teknis dan perwakilan Kementerian Perindustrian di

daerah. Masing-masing unit tersebut memiliki kompetensi masing-masing seperti tercantum pada tabel di bawah.

Tabel 6.3. Kompetensi Inti Balai Besar

Tabel 6.4. Kompetensi Inti Balai Besar

6.2.2. Usulan Peran Balai Besar dalam pengembangan LTJ

Saat ini pemakaian logam tanah jarang banyak telah banyak dikembangkan pada teknologi tinggi yang mengarah kepada teknologi hijau untuk menghasilkan energi terbarukan seperti pada aplikasi untuk kendaraan listrik (*hybrid*) dan turbin angin, *fuel cell* dll. Selain itu logam tanah jarang juga dimanfaatkan untuk industri teknologi informasi (IT) seperti *smarthphone*, *tablet pc*, komputer dan telepon selular. Bahkan logam tanah jarang sudah mulai dimanfaatkan di industri logam sebagai material paduan untuk menghasilkan logam yang lebih baik. Juga logam tanah jarang dapat dimanfaatkan pada industri petrokimia, pengolahan air dan lain-lain yang dimanfaatkan sebagai katalis, dan lain-lain. Logam tanah jarang dapat dimanfaatkan dalam bentuk oksida, logam maupun paduannya.

Indonesia dengan sumber daya alam logam tanah jarang yang cukup banyak sehingga memiliki potensi untuk mengembangkan industri logam tanah jarang seperti industri pembuatan $RE(OH)_3$ (*rare earth hydroxide*), industri pembuatan REO (oksida tanah jarang), industri pembuatan unsur tanah jarang (LTJ), industri pembuatan paduan tanah jarang dan industri pembuatan produk akhir yang menggunakan paduan/unsur/oksida tanah jarang.

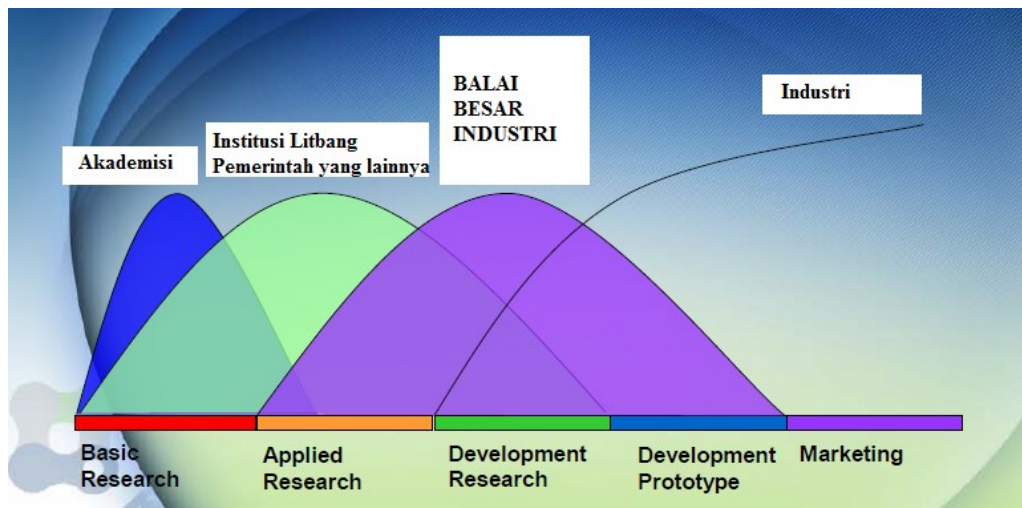
Dalam melakukan pengembangan tanah jarang untuk mendukung industri di Indonesia perlu adanya sinergi antara lembaga litbang, akademisi, instansi pemerintah sebagai pembuat kebijakan dan pihak industri. Sebagai tahap awal saat ini telah dibentuk konsorsium tanah jarang yang merupakan gabungan beberapa instansi dan lembaga sehingga pengembangan yang dilakukan lebih cepat dan terarah. Dalam konsorsium LTJ ini, BPKIMI melalui Balai Besar Logam dan Mesin (BBLM) berperan dalam pengembangan paduan logam tanah jarang, yang diarahkan pada pengembangan magnet permanen untuk aplikasi energy dan mobil listrik. Dari pengembangan ini diharapkan dapat menunjang program mobil listrik pemerintah dan pembuatan generator/alternator dalam rangka

penyediaan energi terbarukan. Dalam hal ini BBLM juga menjalin kerjasama dengan Konsorsium Magnet untuk pengembangan magnet permanen.

Selain melalui konsorsium LTJ, Balai Besar Barang dan Bahan Teknik (B4T) juga mengembangkan baterai dalam rangka meningkatkan kinerja baterai dengan cara memodifikasi sistem *hardware*, *software* serta komposisi kimia material baterai. Diharapkan kedepannya didapatkan baterai yang dapat diaplikasikan pada mobil listrik dengan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan baterai yang ada saat ini yang berbasis sumber daya alam di Indonesia.

Selain kerjasama di dalam negeri perlu juga dilakukan kerjasama internasional dan pembentukan jaringan dengan pihak luar negeri dalam hal pengolahan dan pemanfaatan unsur tanah jarang. Saat ini sudah ada MOU antara Kemenperin – KIRAM (Korea Institute Rare Metal) – dan Universitas Indonesia dalam rangka *sharing knowledge* pengembangan tanah jarang. Dari kerjasama ini diperoleh gambaran pengembangan logam jarang di Korea. Gambar di bawah ini diperoleh dari tahapan pengembangan teknologi yang dimiliki KITECH (Korean Institute of Industrial Technology) yang mungkin bisa dijadikan referensi untuk pengembangan industri logam tanah jarang di Indonesia. Berdasarkan gambar tersebut dijelaskan tahapan pengembangan teknologi yang dimulai dari:

1. Riset dasar (basic research).
2. Riset terapan (applied research).
3. Riset pengembangan (applied research).
4. Pengembangan prototipe.
5. Komersialisasi produk/teknologi.



**Gambar 6.3. Tahapan pengembangan teknologi
(diadopsi dari KITECH)**

Dalam hal ini Balai Besar di bawah koordinasi BPKIMI dapat berperanaktif dalam mengembangkan industri LTJ melalui riset terapan, pengembangan riset dan prototype dari produk/komponen berbasis LTJ. Dari hasil pengembangan, Balai Besar harus menjalin kerjasama dengan industri sehingga prototipe yang dihasilkan dapat diaplikasikan di industri dan dikomersialisasikan.

6.2.3. Potensi

Dalam konsorsium LTJ, Balai Besar Logam dan Mesin berada dalam *working group* logam paduan tanah jarang, yang pada saat ini masih diarahkan pada pengembangan paduan tanah jarang untuk aplikasi magnet permanen. Pengembangan tanah jarang pada saat ini masih dititikberatkan pada proses hulu yaitu meliputi proses pemisahan radioaktif dari mineral tanah jarang (PT Timah-BATAN), proses pemisahan menjadi oksida logam tanah jarang (BATAN), proses pemisahan menjadi logam tanah jarang (Tekmira). Untuk pengembangan kearah hiliri/industri dilakukan oleh BBLM (serbuk magnet

permanen), BPPT (*fuel cell*), cat anti radar, aplikasi metalurgi dll. Sedangkan penggunaan logam tanah jarang juga memiliki potensi pada bidang elektronika (LCD, fosfor), baterai, katalis dll, yang masih terbuka untuk dikembangkan balai besar yang lainnya seperti Balai Besar Bahan dan Barang Teknik, Balai Besar Keramik dan Balai Besar Kimia Kemasan. Dari pengembangan yang dilakukan balai-balai besar diharapkan dapat dilakukan diversifikasi produk berbasis LTJ untuk dapat diaplikasikan ke industri.

Dalam rangka mempercepat pengembangan industri LTJ, diusulkan dibentuk *center of excellence* (COE) industri LTJ yang terdiri dari para pemangku kepentingan seperti Kementerian Perindustrian, Kementerian ESDM, beserta lembaga-lembaga litbang dan akedemisi dan industri. Diharapkan COE ini dapat merumuskan teknologi-teknologi inti pengolahan logam tanah jarang di Indonesia, sehingga riset dan pengembangan lebih terarah dan lebih cepat diaplikasikan di industri. Pengembangan teknologi inti pengolahan logam tanah jarang dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Pengembangan Teknologi Pengolahan Mineral yang meliputi teknologi pemisahan radioaktif dari mineral, teknologi ekstraksi (oksida dan logam), teknologi pemurnian dan peleburan.
2. Pengembangan Teknologi Material yang meliputi teknologi proses dan teknologi material.
3. Pengembangan Produk/Komponen berbasis logam tanah jarang hingga aplikasi di industri.
4. Pengembangan sumber alternative logam tanah jarang yang meliputi proses daur ulang dari limbah elektronik.

6.2.4. Kendala dan Permasalahan

Kendala yang dihadapi dalam pengembangan industri LTJ meliputi kelembagaan konsorsium masih bersifat swadaya antara lembaga-lembaga

penelitian sehingga baru sebatas *mapping* kegiatan penelitian dan komunikasi antara peneliti LTJ. Keberadaan konsorsium LTJ perlu diberikan payung hukum sehingga dalam pelaksanaan penelitian dan pengembangan ada jaminan hukum. Selain itu kendala yang dihadapi adalah ketebatasan SDM dan peralatan yang dimiliki lembaga litbang khususnya balai besar. Teknologi pengolahan LTJ memerlukan peralatan riset yang memadai sehingga dapat mendukung riset pengembangan LTJ.

7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

- 1) Logam tanah jarang terdiri dari tujuh belas unsur yang setiap unsurnya dapat dilihat pada tabel periodik. Dari tujuh belas unsur tersebut terdiri dari lima belas unsur yang merupakan kelompok lantanida ditambah dengan skandium serta itrium. Di Indonesia LTJ ditemukan dalam bentuk mineral. Lima mineral utama yang banyak dimanfaatkan adalah Basnesit, Monasit, Xenotim, Zirkon dan Apatit.
- 2) Penggunaan LTJ sebagai penambah atau pelengkap material lainnya dapat meningkatkan kualitas produk. Kedepan LTJ akan menjadi material unggulan untuk meningkatkan daya saing produk industri sehingga permintaannya meningkat terus tiap tahunnya.
- 3) LTJ merupakan mineral ikutan yang bersenyawa secara kompleks dengan bahan tambang, seperti pada tambang biji besi, bauksit, biji timah, biji tembaga, biji nikel, biji emas, biji perak, dll. Dimana tambang tersebut terdapat di Indonesia.
- 4) Penyebaran LTJ di Indonesia terdapat di sepanjang pantai kepulauan Bangka-Belitung (Mineral ikutan dari bijih timah (Cassiterit). Zirkon banyak terdapat di Kalimantan Tengah biasanya sebagai mineral ikutan dari

- penambangan bijih emas aluvial. Potensi Indonesia mengandung LTJ cukup tinggi, namun *belum banyak data tentang* LTJ.
- 5) Indonesia belum termasuk sebagai negara produsen LTJ, walaupun mempunyai cukup banyak pertambangan seperti pertambangan biji besi, bauksit, biji timah, biji tembaga, biji nikel, biji emas, biji perak, dll. Sebelum adanya Undang-undang Minerba umumnya hasil tambang tersebut diekspor dalam bentuk mentah */raw material*, belum ada sentuhan proses industri awal. LTJ di Indonesia masih dianggap sebagai *tailstock* yang merupakan barang tidak bermanfaat yang memiliki nilai ekonomi rendah.
 - 6) Di Indonesia baru ada 2 jenis industri yang mengolah hasil tambang yaitu mengolah pasir timah menjadi Ingot Timah dan mengolah biji tembaga menjadi Copper Cathode. *Slag* atau *Tailing* yang mengandung LTJ belum diproses lebih lanjut, sehingga *Slag* atau *Tailing* dibiarkan terbuang atau dianggap sebagai *waste*.
 - 7) Penggunaan LTJ sangat erat kaitannya dengan produk industri teknologi tinggi, seperti sektor industri elektronika, industri katalis, industri keramik, industri kaca, industri otomotif, industri magnet, industri energi baru terbarukan, dan lain-lain.
 - 8) Untuk mengembangkan industri LTJ di Indonesia telah dibentuk konsorsium yang melibatkan PT. Timah, PTBGN-BATAN, PSTA-BATAN, TEKMIRA, BBLM, BPPT, UNPAD, dan UI. Sampai saat ini konsorsium sudah mengembangkan *pilot plant* dengan kapasitas 5 kg/hari dan akan dikembangkan hingga 50 kg/hari yang berlokasi di Tanjung Ular, Bangka. Rencananya akan dimanfaatkan menjadi produk hilir berteknologi tinggi.
 - 9) Cina sebagai produsen utama LTJ di dunia yang menguasai 97 % suplai, mulai membatasi eksponnya dan hanya dimanfaatkan untuk industri dalam negeri dalam rangka peningkatan nilai tambah. Akibatnya negara-negara yang pengimpor LTJ Cina mengalami kesulitan bahan baku tersebut. Hal ini

dapat dijadikan peluang Indonesia untuk mengembangkan industri LTJ yang berbasis sumber daya alam sendiri.

- 10) Pemerintah Indonesia melalui Undang Undang no 4 tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batu Bara, pada Pasal 102 mengatur bahwa Pemegang IUP dan IUPK wajib meningkatkan nilai tambah sumber daya mineral dan/atau batubara dalam pelaksanaan penambangan, pengolahan dan pemurnian, serta pemanfaatan mineral dan batubara, dan Pasal 103 mengatur bahwa Pemegang IUP dan IUPK Operasi Produksi wajib melakukan pengolahan dan pemurnian hasil penambangan di dalam negeri. Undang-undang ini memberi peluang kepada Indonesia sebagai industri penghasil produk hasil tambang juga menjadi penghasil material LTJ.

7.2. Saran

- 1) LTJ merupakan material masa depan, dengan kebutuhan yang meningkat. Di sisi lain suplai dunia mengalami penurunan, padahal Indonesia memiliki potensi pengembangan LTJ. Maka sebaiknya Indonesia mengusahakan sendiri pengolahan LTJ.
- 2) Apabila tidak ada pihak Swasta yang berminat untuk berinvestasi pada pengolahan LTJ, maka Pemerintah harus turun tangan untuk melakukan investasi melalui BUMN.
- 3) Balai Besar Industri dan instansi terkait harus melakukan penelitian-penelitian untuk mendukung program pengembangan pemanfaatan LTJ untuk industri.
- 4) Memaksimalkan seluruh *stockpile* serta *resource* mineral yang memiliki potensi kandungan LTJ untuk dapat diolah menjadi LTJ melalui

penyusunan regulasi, inventarisasi cadangan sumber daya LTJ, teknologi proses pembuatan produk berbasis LTJ.

- 5) Pemerintah perlu mengantisipasi faktor-faktor yang mungkin menjadi penghambat dalam pembangunan Industri Berbasis logam tanah jarang (LTJ), antara lain : Jaminan ketersediaan bahan baku mineral, ketersediaan infrastruktur (seperti jalan, pelabuhan, energi)
- 6) Kajian atau tulisan yang disajikan ini diharapkan dapat dijadikan awal dari kajian atau studi kelayakan lebih lanjut dan mendalam yang mengarah terwujudnya usaha-usaha pengolahan dan pembangunan industri LTJ.
- 7) Menindaklanjuti dukungan pengembangan pilot plant di Tanjung Ular, Bangka, sekaligus pengembangan Kawasan Industri berbasis LTJ disekitar *pilot plant* dimaksud.

DAFTAR PUSTAKA

1. Atmawinata, Achdiat, ***Pengembangan Industri Rare-Earth Elements (REE) di Indonesia***, Presentasi, 26 Oktober 2011
2. Husein H. Bahti, Yayah Mulyasih, Anni Anggraeni, ***Extraction and chromatographic studies on rare-earth elements (REEs) from their minerals: the prospect of REEs production in Indonesia?***, Jurnal, 25 November 2011
3. Kingsworth, D, ***Rare Earth Elements 101***, April 2012;
4. Morisson & Tang, ***China's Rare Earth Industry and Export Regime: Economic and Trade Implications for the United States***. Congressional Research Services, April 30, 2012.
5. Grasso, Valerie B, ***Rare Earth Elements in National Defense: Background, Oversight Issue, and Options for Congress***. Congressional Research Services, September 5, 2012.
6. Yan, Chun-Hua. ***How to Make the Separation of Rare Earth More Green and Efficient***. Lab of Rare Earth Separation & Inorganic Materials State Key Lab of Rare Earth Materials Chemistry and Applications Peking University, Beijing 100871, China.
7. Asnani, C., & Patra, R. (2013). ***Rare Earth from Monazite - Indian Experience***. Conference of Metallurgist 2013 (pp. 167-172). Montreal: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum.
8. Harjanto, S., Virdhian, S., & Afrilinda, E. (2013). ***CHARACTERIZATION OF INDONESIA RARE EARTH MINERALS AND THEIR POTENTIAL PROCESSING TECHNIQUES***. Conference of Metallurgist 2013 (pp. 99-108). Montreal: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum.
9. Humphries, M. (2012). ***Rare Earth Elements THE Global Supply Chain***. USA: CRS Report for Congress.
10. Irawan, S. (2013). ***Rare Earth Element Mineral Processing in PT Timah Tbk***. Workshop on Rare Earth Element Mineral Processing and Refining in Indonesia. Bandung.
11. Johari, & Kuntjara, U. (1991). ***The Occurrence of Rare Earth Mineral in Indonesia***. Material Science Forum, 645-661.

12. Kamitani, M. (1991). *Proceedings of International Conference on Rare Earth for Electronic Use*, (pp. 181-191).
13. Kanazawa, Y., & Kamitani, M. (2006). *Rare earth minerals and resources in the world*. Journal of Alloy and Compound 408-412, 1339-1343.
14. Ratman, N. (1986). *Metalliferous Mineralisation Related to the Geological Environment in Western Irian Jaya*. Buletin of GDRC No. 12 .
15. Rifandriah et.al., E. (2004). *Penentuan Kondisi Dekomposisi Optimal Bijih Uranium Rirang Kalan*. PPGN-BATAN.
16. Suharji et.al. (2006). *Peningkatan Kualitas Estimasi Cadangan Uranium dan Unsur Tanah Jarang Sebagai Asosiasinya di Sektor Rirang Hulu, Kalimantan Barat*.
17. Suhkyat, R. (2019). *Potential and Distribution of Indonesia Mineral Resources and Deposits*. Seminar on Acceleration Attempts to Increase Domestic Minerals Added Value.
18. Suwargi, E., & Nugroho, D. (1991). *Hasil Penelitian Logam Jarang di Pegunungan Tiga Puluh Riau*. Direktorat Sumberdaya Mineral.
19. Suwargi, E., Pardiarto, B., & Ishlah, T. (2010). *Potensi Tanah Jarang di Indonesia*. Buletin Sumber Daya Geologi Volume 5 Nomor 3, 131-140.
20. Yasuo Kanazawa, M. K. (2006). *Rare earth minerals and resources in the world*. Journal of Alloy and Compound 408-412, 1339-1343.
21. Arif, A. (2004). *Keberadaan Pasir Titan di Indonesia dan Kemungkinan Pemanfaatannya ke Depan*. Metalurgi vol. 19 No.2, 35-43.
22. Asnani, C., & Patra, R. (2013). *Rare Earth from Monazite - Indian Experience*. Conference of Metallurgist 2013 (pp. 167-172). Montreal: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum.
23. C.K. Asnani, R. P. (2013). *Rare Earth from Monazite - Indian Experience*. Conference of Metallurgist 2013 (pp. 167-172). Montreal: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum.
24. Damayanti, R. (2014). *Potensi Pengembangan REE Indonesia. FGD Potensi penerapan unsur tanah jarang indonesia dalam rangka mendukung industri nasional*. Bandung: Kementerian Perindustrian.
25. Harjanto et.al, S. (2013). *CHARACTERIZATION OF INDONESIA RARE EARTH MINERALS AND THEIR POTENTIAL PROCESSING TECHNIQUES*. Conference of Metallurgist 2013 (pp. 99-108). Montreal: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum.
26. Humphries, M. (2012). *Rare Earth Elements THE Global Supply Chain*. USA: CRS Report for Congress.
27. Irawan, S. (2013). *Rare Earth Element Mineral Processing in PT Timah Tbk*. Workshop on Rare Earth Element Mineral Processing and Refining in Indonesia. Bandung.
28. Johari, & Kuntjara, U. (1991). *The Occurrence of Rare Earth Mineral in Indonesia*. Material Science Forum, 645-661.

29. Kamitani, M. (1991). *Proceedings of International Conference on Rare Earth for Electronic Use*, (pp. 181-191). ^{Telaahan Penguatan Struktur Industri}
30. Kanazawa, Y., & Kamitani, M. (2006). *Rare earth minerals and resources in the world*. Journal of Alloy and Compound 408-412, 1339-1343.
31. PPTM, P. P. (1984). *Penelitian Pembuatan Pellet dari Pasir Besi Yogyakarta untuk Bahan Baku bagi PT Krakatau Steel*. Kementerian Energy dan Sumber Daya Mineral.
32. Ratman, N. (1986). *Metalliferous Mineralisation Related to the Geological Environment in Western Irian Jaya*. Buletin of GDRC No. 12 .
33. Rifandriah et.al., E. (2004). *Penentuan Kondisi Dekomposisi Optimal Bijih Uranium Rirang Kalan*. PPGN-BATAN.
34. Schwart et.al, M. (1995). *The Southeast Asian tin belt. Earth Science Review Volume 38, Issues 2-4*, 95-293.
35. Setyawati et.al, D. (2013). *EKSTRAKSI TITANIUM DIOKSIDA (TiO₂) DARI PASIR BESI DENGAN METODE HIDROMETALURGI*. Semirata Universitas Lampung, (pp. 465-468). Bandar Lampung.
36. Suharji et.al. (2006). *Peningkatan Kualitas Estimasi Cadangan Uranium dan Unsur Tanah Jarang Sebagai Asosiasinya di Sektor Rirang Hulu, Kalimantan Barat*.
37. Suhkyat, R. (2013). *Potential and Distribution of Indonesia Mineral Resources and Deposits*. Seminar on Acceleration Attempts to Increase Domestic Minerals Added Value.
38. Suwargi, E., & Nugroho, D. (1991). *Hasil Penelitian Logam Jarang di Pegunungan Tiga Puluh Riau*. Direktorat Sumberdaya Mineral.
39. Suwargi, E., Pardiarto, B., & Ishlah, T. (2010). *Potensi Tanah Jarang di Indonesia*. Buletin Sumber Daya Geologi Volume 5 Nomor 3, 131-140.
40. Yasuo Kanazawa, M. K. (2006). *Rare earth minerals and resources in the world*. Journal of Alloy and Compound 408-412, 1339-1343.

**FOTO KEGIATAN
KUNJUNGAN KERJA TIM RARE EARTH ELEMENTS
TAHUN 2014**



Ruang Rapat PT.Timah di Muntok Pangkal Pinang



Kantor PT.Timah di Muntok Pangkal Pinang



Gudang Penyimpanan Timah di PT.Timah di Muntok



Mesin Produksi Bahan Baku Timah di Muntok Pangkal Pinang



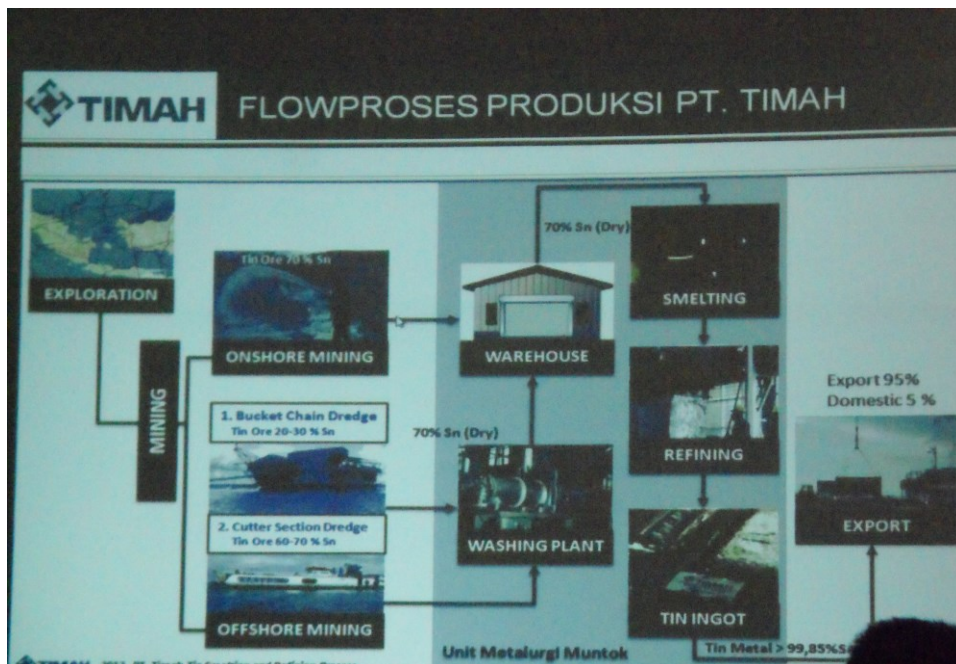
Penyimpanan Monasit di PT.Timah



Mesin Produksi Pengolah bahan baku Timah di PT.Timah di Muntok

TIMAH UNIT METALURGI MUNTOK	
Area	Aktifitas Utama
1. Pencucian Bijih Timah (PPBT)	1. Penerimaan Bijih 2. Proses Pengolahan 3. Pengangkutan ke GMP 4. Pengelolaan Mineral ikutan
2. Peleburan & Pemurnian (Pabrik)	1. Proses Peleburan 2. Proses Pemurnian dan Pencetakan 3. Penimbangan dan Pemartaian 4. Pengelolaan Material Sirkulasi
3. Kegiatan Ekspor (Dermaga)	1. Stuffing 2. Loading/Unloading Muatan Kapal
4. Keteknikan	1. Perawatan sarana pendukung 2. Balai Karya 3. PLTD
5. Laboratorium	1. QC Proses Produksi 2. QC Produk

Skema Aktifitas Produksi PT.Timah



Gambar Skema Proses Produksi PT.Timah



Lokasi Pilot Project Pabrik Mini Plant Pengolah Monasit menjadi Rare Earth Hydroxide



Kantor Pusat PT.ANTAM dalam Rangka Penjajakan survey Industri



Ruang Rapat PT.Atam dalam Rangka penjajakan Survey Industri



Kantor Badan Tenaga Atom Nasional



Ruang Rapat Batan Presentasi oleh Kepala Batan



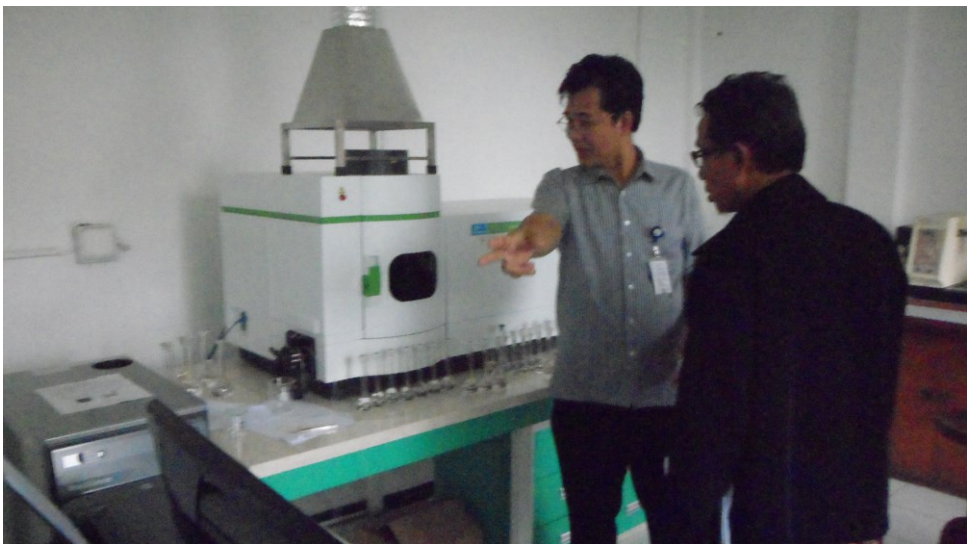
Gambar Skema Blok Diagram Pengolahan Monasit



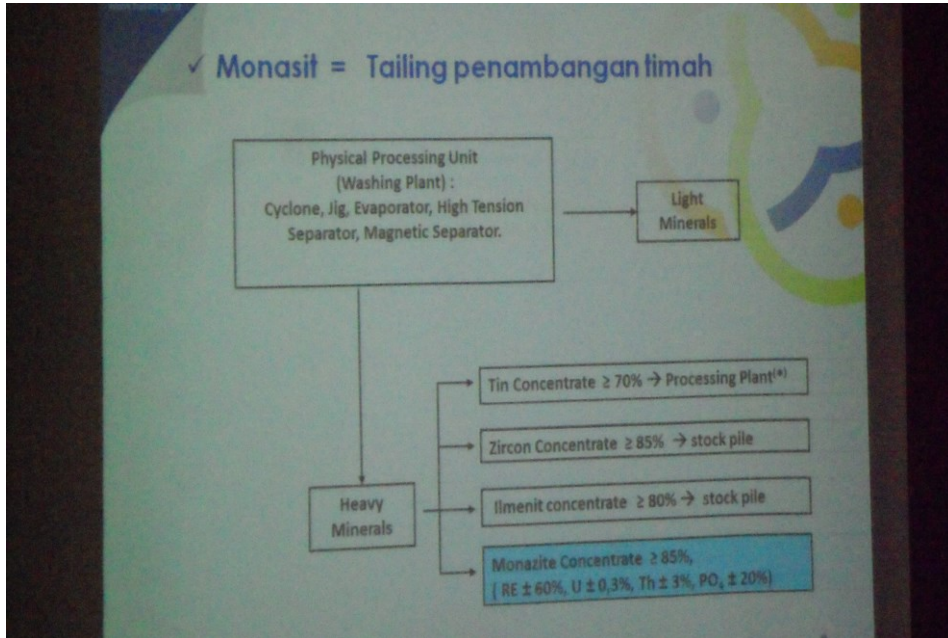
Ruang Laboratorium Batan dengan Perlatannya



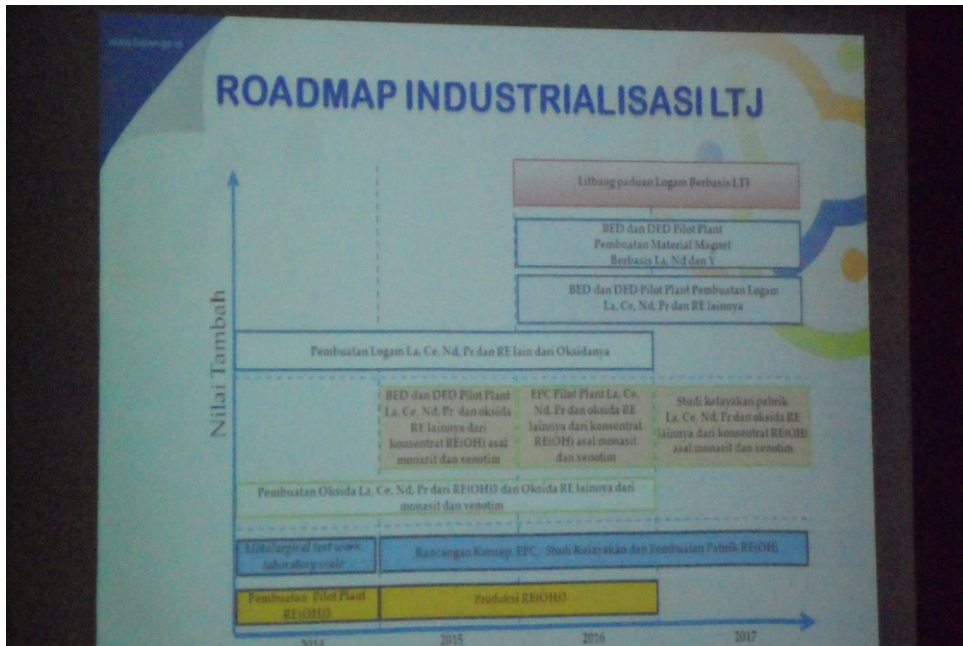
Peralatan Laboratorium Batan



Peralatan analisis Laboratorium Batan



Skema Gambar Alur Monasit



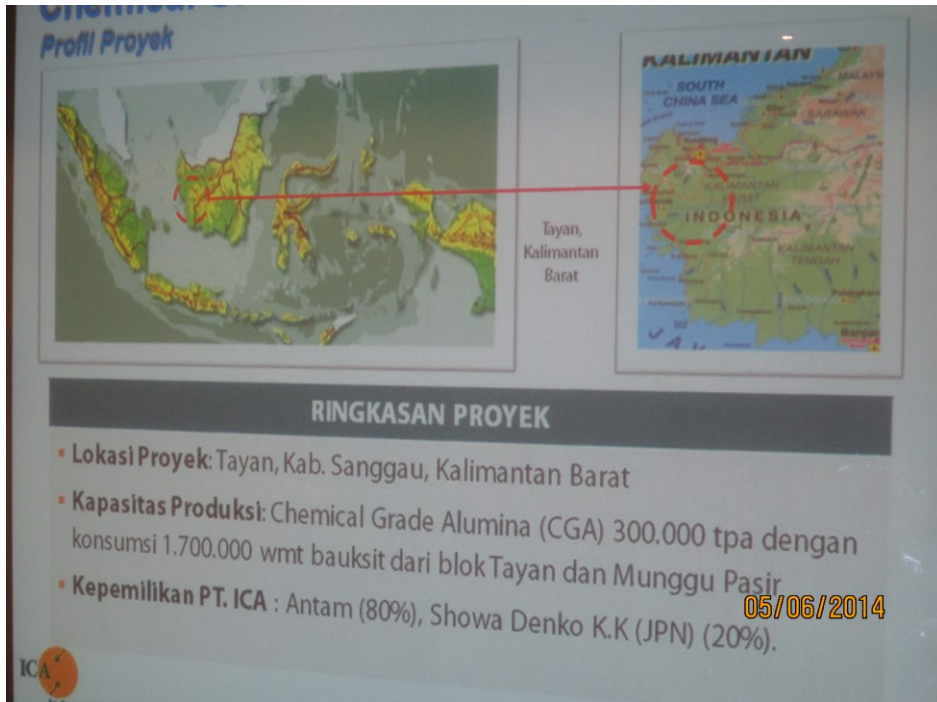
Skema Gambar Roadmap Industrialisasi LTJ Batan



Kantor Indonesia Chemical Alumina PT. Antam di Tayan Kalbar



Lokasi Penambangan PT. Antam di Tayan Kalbar



Gambar lokasi Proyek PT.ICA di Tayan Kalbar



Lokasi Pabrik PT.ICA Antam di Tayan Kalbar



Lokasi produksi penambangan PT.Antam



Lokasi produksi penambangan PT.Antam



Rapat FGD di Aston Hotel Ciampelas Bandung



Rapat FGD di Aston Hotel Ciampelas Bandung



Rapat FGD di Santika Hotel Bintaro



Rapat FGD di Santika Bintaro Hotel di Bintaro

LAMPIRAN

1. Presentasi Unit Metalurgi Muntok oleh PT.Timah.
2. Presentasi Strategi, Kebijakan Dan Penerapan Pengembangan Rare Earth Element Bagi Industri Berbasis Timah Oleh Kementerian Perindustrian RI di Hotel Santika Bandung , 13-14 Juni 2014.
3. Presentasi UU nomor 3 Tahun 2014 Tentang Perindustrian Oleh Prof.Dr.Dradjad Irianto.
4. Presentasi Keterkaitan UU Nomor 4 omor 2009 dengan UU Nomor 3 Tahun 2014 Oleh Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jenderal Mineral Dan Batubara.
5. Presentasi Potensi dan Pengembangan Sumber Daya REE di Indonesia Oleh Ir. Armin Tampubolon, M.Sc , Koordinator KP Mineral Logam ,Badan Geologi.
6. Presentasi Pengembangan Industri Elektronika dan Energi Melalui Pemanfaatan Rare Earth Elements (REE) oleh Dr. Jarot Raharjo Pusat Teknologi Material di Gedung 224 Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan.
7. Presentasi Pengembangan Industri Otomotif Hybrid Melalui Pemanfaatan Rare Earth Elements (REE) oleh Dr. Ir. Bambang Prihandoko, MT , Ketua Konsorsium Nasional Riset Baterai Lithium, Pusat Penelitian Fisika LIPI.
8. Presentasi Potensi dan Strategi Pemanfaatan Rare Earth Elements (REEs) oleh Prof. Dr. Ir. Bambang Sunendar P, M.Eng.
9. Presentasi Potensi Pengembangan Rare Earth Elements (REE) Indonesia oleh Ibu.Retno D, TEKMIIRA.
10. Presentasi Pengembangan Industri Elektronika Dan Energi Melalui Pemanfaatan Rare Earth Elements (REE) oleh Dr. Jarot Raharjo.
11. Presentasi Pengembangan Industri Magnet Permanen Melalui Pemanfaatan Rare Earth Element (REE) oleh Prijo Sardjono.
12. Presentasi Strategi Pengembangan Material Maju Berbasis Rare Earth Element, Melalui Pemanfaatan Teknologi Dalam Negeri : Studi Kasus Pengolahan Monasit di Bangka oleh Erni Rifandriyah Arief, FGD Kementerian Perindustrian, Bandung, 13 – 14 Juni 2014.