

BAB IV

DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 BENEFISIASI BIJIH LOGAM TANAH JARANG

Unsur –unsur pada logam tanah jarang merupakan material yang *lithophilic* oleh karena itu unsur-unsur tersebut sangatlah mudah terkonsentrasi dalam bentuk senyawa oksidanya yang berupa karbonat, silikat, titanotantaloniobat, fosfat, ataupun dalam bentuk senyawa kompleks lainnya^[9].

Pembentukan mineral tersebut terpengaruh oleh perbedaan dalam radius ionik, faktor kristalo-kimia (seperti bilangan koordinasi, basasitas, kemampuan untuk mempertahankan bentuknya agar seragam(isomorfik), kecenderungan untuk membentuk ion kompleks, serta perbedaan dalam kondisi teroksidasi)^[9].

Faktor-faktor inilah yang dapat membedakan unsur-unsur logam tanah jarang (LTJ) tersebut dibagi dalam tiga kelompok besar, diantaranya sebagai berikut^[9] :

- Mineral dengan kandungan unsur *lanthanum* sampai *neodymium*, *samarium*, *cerium* dan *europium*. *Cerium* merupakan unsur utama dalam kandungan mineral tersebut, namun dalam beberapa kasus juga terdapat unsur *lanthanum* ataupun *neodymium* yang bertindak sebagai unsur logam tanah jarang (LTJ) yang utama. Jenis mineral dari kelompok ini adalah *bastnaesite* $(\text{Ce},\text{x},\text{y},\text{z})\text{FCO}_3$ dengan kandungan *rare earth oxide* (REO) maksimum 75%, *monazite* $(\text{Ce},\text{x},\text{y},\text{z})\text{PO}_4$ REO maksimum 65% dan *allanite* $(\text{Ca},\text{Ce},\text{x},\text{y},\text{z})_2(\text{Fe},\text{Al})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$ REO maksimum 28%.
- Mineral dengan kandungan unsur *gadolinium* sampai *lutetium* dan *yttrium* sebagai unsur utamanya. Kelompok mineral ini disebut dengan *xenotime* $(\text{Y},\text{x},\text{y},\text{z})\text{PO}_4$ dengan kandungan *rare earth oxide* (REO) maksimum 62% dan *gadolinite* $(\text{Y},\text{x},\text{y},\text{z})_2\text{FeBe}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$ dengan REO maksimum 48%. Kandungan nilai REO dari beberapa jenis mineral seperti *bastnaesite*, *monazite* serta *xenotime* dapat dilihat pada tabel 4.1

- Mineral kompleks (mineral lain-lain), yakni yang mengandung unsur-unsur *yttrium* dan *cerium*, namun mengandung unsur-unsur utama yang akan dapat membentuk oksida, seperti *titanium*, *niobium*, *tantalum*, *uranium*, dan *thorium*.

Contohnya adalah mineral-mineral berikut;

- *Euxenite*(Y,Ce)(Nb,Ta,Ti)₂O₆,
- *Samarskite*(Y,Ce)₄(Nb,Ta,Ti)₂O₆,
- *Fergusonite*(Y)(Nb,Ti,Ta)O₄
- *Betafite*(U,Ca,Y,Ce)₂(Nb,Ta,Ti)₂O₆(OH)

Mineral-mineral dari kelompok satu dan dua terdapat dalam batuan *pegmatite* dan metamorfik, sedangkan untuk mineral yang ketiga dapat ditemukan dalam batuan *pegmatite* saja ^[9].

Tabel 4.1 Kandungan *rare earth oxide* (% total REO) pada jenis mineral ^[9] :

	<i>Monazite</i>		<i>Bastnaesite</i>		<i>Xenotime</i>	<i>Apatite</i>
	Australia	China	USA	China	Malaysia	CIS
<i>cerium</i>						
<i>earth</i>						
La ₂ O ₃	94.940	92.090	99.547	98.600	10.500	90.100
CeO ₂	23.900	23.350	33.200	23.000	0.500	25.100
Pr ₆ O ₁₁	46.030	45.690	49.100	50.000	5.000	45.000
Nd ₂ O ₃	5.050	4.160	4.340	6.200	0.700	3.900
Sm ₂ O ₃	17.380	15.740	12.000	18.500	2.200	14.000
Eu ₂ O ₃	2.530	3.050	0.789	0.800	1.900	1.600
<i>yttrium</i>	0.050	0.100	0.118	0.200	0.200	0.500
<i>earth</i>	5.060	7.910	0.315	1.400	89.500	7.250
Gd ₂ O ₃	1.490	2.030	0.166	0.700	4.000	1.500
Tb ₄ O ₇	0.040	0.100	0.016	0.100	1.000	0.100
Dy ₂ O ₃	0.690	1.020	0.031	0.100	8.700	1.000
Ho ₂ O ₃	0.050	0.100	0.005	<i>trace</i>	2.100	0.100
Er ₂ O ₃	0.210	0.510	0.004	<i>trace</i>	5.400	0.150
Tm ₂ O ₃	0.010	0.510	0.001	<i>trace</i>	0.900	0.020
Yb ₂ O ₃	0.120	0.510	0.001	<i>trace</i>	6.200	0.080

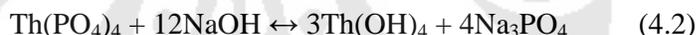
Lu ₂ O ₃	0.040	0.100	<i>trace</i>	<i>trace</i>	0.400	<i>trace</i>
Y ₂ O ₃	2.410	3.030	0.091	0.500	60.800	4.300
<i>Total</i>	100.000	100.000	99.862	100.000	100.000	97.350

Proses benefisiasi dengan menggunakan larutan alkali, seperti NaOH akan menghasilkan berupa hidroksida logam tanah jarang (RE(OH)₃) dan *thorium* (Th), yang kemudian akan bisa dilarutkan dengan menggunakan asam klorida (HCl) maupun asam nitrat(HNO₃). Sedangkan proses benefisiasi dengan menggunakan asam sulfur (H₂S) maupun asam klorida (HCl) akan mengubah unsur logam tanah jarang (LTJ) dapat terlarut dalam sulfat ataupun klorida ^[9].

4.1.1 Benefisiasi Mineral *Monazite*

4.1.1.1 Proses Digesti dengan Menggunakan Larutan Alkali (NaOH)

Proses benefisiasi ini dilakukan pada kondisi yang cukup panas dengan konsentrasi larutan alkali (NaOH) yang diberikan adalah sekitar 50-70 %. Dengan reaksinya adalah sebagai berikut :



Persamaan reaksi di atas dapat berlangsung dalam temperatur yang tinggi dalam suatu ruangan yang tertutup (dengan komposisi larutan alkali (NaOH) yang diberikan adalah 60%, dengan perbandingan rasio massa adalah 1:1) ^[9].

Namun reaksi di atas dapat disederhanakan juga prosesnya, yakni pada kondisi temperatur yang lebih rendah (yakni sekitar 120°C) dan tekanan normal namun dengan catatan konsentrasi larutan alkali yang diberikan lebih banyak, sehingga nanti rasio perbandingan massa-nya pun ikut berubah ^[9].

Hidroksida dihasilkan dengan cara memberikan air yang panas, sedangkan trisodium fosfat (Na₃PO₄) bertindak sebagai larutan, lalu tambahkan larutan hidroksida alkali yang telah disaring, nantinya akan didapatkan produk berupa larutan trisodium fosfat (Na₃PO₄), dan juga endapan hidroksida *rare earth* RE(OH)₃ nantinya akan mengendap berupa kristal-kristal ^[9].

Endapan ini dicuci, kemudian dilarutkan dengan menggunakan asam klorida (HCl) atau bisa juga dengan menggunakan asam nitrat (HNO₃) dalam kondisi asam dengan pH yang dibiarkan tetap (yakni pH-nya adalah 4). Maka hasilnya berupa pemisahan yang sebagian, (yakni kandungan *rare earth* akan dipisahkan dengan kandungan *thorium*) yang berupa larutan thorium hidroksida Th(OH)₄ disamping juga berupa *rare earth hydroxide* RE(OH)₃ ^[9].

4.1.1.2 Proses Digesti dengan Menggunakan Asam Sulfur (H₂S)

Selain dengan menggunakan larutan alkali (NaOH), *monazite* dapat juga di-digesti dengan menggunakan asam sulfur (H₂S) 98% pada temperatur 200-230 °C. Pada proses ini akan terbentuk *rare earth* sulfat RE₂(SO₄)₃, untuk kemudian dikeluarkan kristal *rare earth*-nya yang dikenal dengan reaksi higroskopis (yang menggunakan air dingin), yang mana nantinya akan didapatkan juga larutan thorium sulfat Th₂(SO₄)₄ yang mengendap (bergantung pada kondisi reaksinya) ^[9].

4.2 DATA DESAIN SIRKUIT BENEFISIASI LOGAM TANAH JARANG

Setelah kita mendapatkan data-data berupa proses benefisiasi logam tanah jarang tersebut, maka salah satu faktor yang terpenting dalam penelitian dengan metode adopsi ini adalah dengan cara mengambil data-data sekunder tentang desain sirkuit benefisiasi logam tanah jarang yang telah dilakukan oleh beberapa perusahaan di Australia, India, USA, Canada, dan Malaysia, kemudian diperbandingkan satu sama lain, yang meliputi pembahasan berupa data-data kuantitatif, sehingga nantinya akan didapatkan data yang cukup representatif (mewakikan) untuk dapat diambil sebagai rujukan dari metode adopsi tersebut. Beberapa sirkuit yang telah diproduksi oleh perusahaan pembuatan produk logam tanah jarang (LTJ) diantaranya adalah sebagai berikut :

4.2.1 Great Western Minerals Group, Ltd. Hoidas Lake, Saskatchewan, Canada

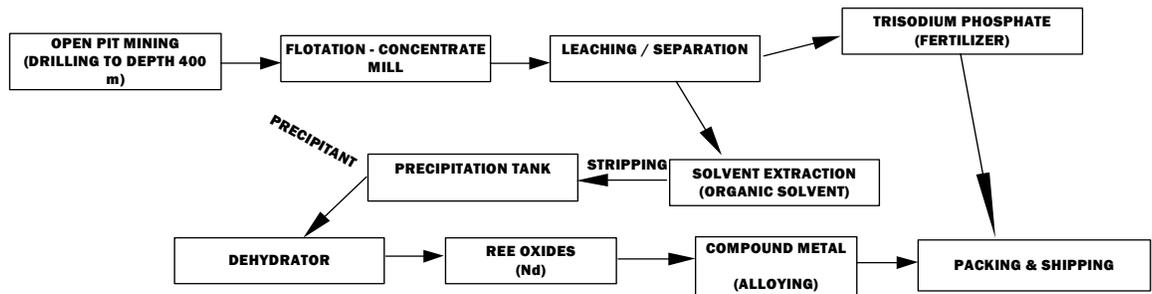
Great Western Group, Ltd adalah perusahaan pertambangan yang bergerak dalam hal memproduksi logam tanah jarang (LTJ) baik berupa konsentrat logam

tanah jarang (REO) ataupun unsur logam tanah jarang (REE), unsur logam tanah jarang yang diproduksi adalah *neodymium* (Nd), dengan areal penambangannya meliputi daerah di Hoidas lake, Canada dan juga daerah di Deep Sands, USA ^[10].

Berdasarkan survey dari Wardrop Engineering, mineral logam tanah jarang yang dihasilkan, seperti *basnaesite*, *monazite*, *allanite* dan *xenotime*, dengan total produksi *rare earth oxide* (TREO) adalah 4.000 ton ^[10].

Proses pengolahannya adalah dari *run of mine ore* (penambangan langsung), melalui beberapa tahapan proses pengolahan mineral (seperti *crushing*, *grinding*, *size control*, *size reduction*) maka akan didapatkan ukuran umpan (*feed ore*) berkisar antara 1mm-50 μ m. yang akan diumpankan ke dalam *flotation concentrate mill*, untuk kemudian dilakukan benefisiasi berupa *leaching / separation* (untuk mendapatkan konsentrat *rare earth oxide* (REO)). Produk konsentrat ini sudah bisa dikemas, dengan terlebih dahulu menambahkan *tri-sodium phosphate* (Na_3PO_4) (zat yang bertindak sebagai *fertilizer*) ^[10].

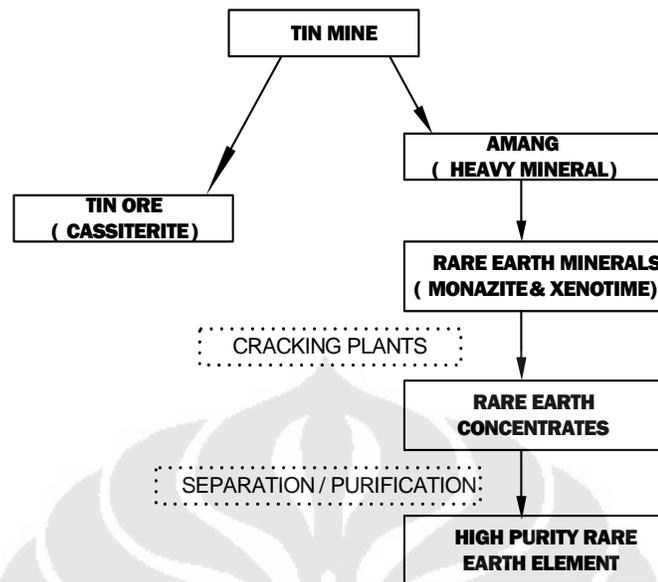
Adapun selain produknya berupa konsentrat, di Great Western Minerals Group, produknya yang lain adalah berupa unsur logam tanah jarang (REE), yakni *neodymium* (Nd) yang di-ekstraksi dengan menggunakan teknik *solvent extraction* (dengan menggunakan *organic solvent* sebagai *extractant*-nya), setelah dapat dipisahkan antara unsur-unsur logam tanah jarang tertentu (yakni antara unsur-unsur Nd dengan yang lainnya) maka dilakukan proses pengendapan (*precipitation*) pada *precipitation tank*, untuk dipisahkan antara endapan (*precipitate*) dengan unsur logam tanah jarang-nya untuk kemudian dimasukkan ke dalam *dehydrator*, untuk kemudian dibentuk oksida *neodymium* (Nd_2O_3), lalu dilakukan proses *material handling* untuk dilakukan *compounding* (untuk produk spesial *alloy*), yang siap untuk di-*packing & shipping*. Detail proses tersebut dapat dilihat pada diagram alir skematis seperti yang tertera pada gambar di bawah ini ^[10].



Gambar 4.1 Diagram Alir Proses Benefisiasi Logam Tanah Jarang pada Great Western Minerals Group, Ltd ^[10]

4.2.2 Asian Rare Earth (ARE) & Malaysian Rare Earth Corporation (MAREC), Bukit Merah, Malaysia

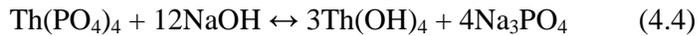
Perusahaan yang mengolah mineral logam tanah jarang di Malaysia diantaranya adalah Asian Rare Earth (ARE) & Malaysian Rare Earth Corporation (MAREC), yang berlokasi di Bukit Merah Industrial Estate, yang berjarak sekitar 7 km dari Ipoh, ibukota dari negara bagian Perak yang sangat kaya akan timah-nya tersebut. ARE merupakan perusahaan *cracking* mineral logam tanah jarang (LTJ), yakni *monazite*. Proses *cracking* mineral tersebut didapatkan dari proses penambangan mineral *cassiterite*, sebagai mineral utama dalam memproduksi logam timah, prosesnya dimulai dengan memisahkan *tin ore* (bijih timah) dengan mineral logam-logam berat (dikenal dengan nama Amang), metode pemisahannya dengan menggunakan *magnetic separator*. Setelah proses tersebut dijalankan maka akan didapatkan mineral-mineral logam tanah jarang seperti *xenotime* dan *monazite*. Urutan prosesnya dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini ^[11].



Gambar 4.2 Diagram Alir Pengolahan Logam Tanah Jarang di Malaysia ^[11]

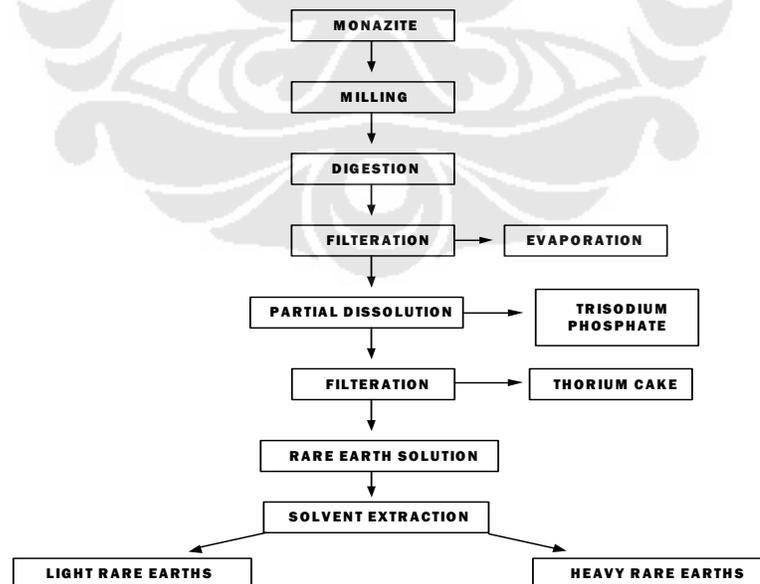
Disamping memproduksi logam tanah jarang ringan (kelompok *cerium*), maupun logam tanah jarang berat (kelompok *yttrium*), ARE juga memproduksi *tri-sodium phosphate* (Na_3PO_4) sebagai produk sampingan dari proses tersebut. Dengan waktu kerja operasional yang *full*, maka ARE mampu memproduksi 4200 ton *light rare earth*, 550 ton *heavy rare earth* dan juga 4400 ton *tri-sodium phosphate* (Na_3PO_4) per tahun, yang memenuhi total produksi *rare earth* sebesar 50-55 %, yang nantinya di ekspor ke Jepang guna di lakukan pemrosesan lebih lanjut, yang meliputi pemisahan (*separation*) dan pemurnian (*purification*) oleh Mitsubishi Chemical Industries, Ltd ^[11].

Proses pembuatan konsentrat ini yakni dengan cara melakukan digesti pada mineral logam tanah jarang (LTJ) tersebut (*monazite*) dengan menggunakan soda api (NaOH). Soda api (NaOH) utamanya dilakukan untuk dapat memisahkan fosfat dari tanah jarang dan juga *thorium*, pada kondisi yang demikian seperti ini unsur logam tanah jarang dan *thorium* yang bergabung dengan senyawa fosfat ini dapat bereaksi, sehingga akan terbentuk persenyawaan hidroksida seperti yang ditunjukkan oleh reaksi berikut ini ^[11]:



Senyawa fosfat ini kemudian dipisahkan dari hidroksidanya dengan cara melarutkan air di dalamnya, sehingga nantinya akan mengubahnya menjadi *tri-sodium phosphate* (Na_3PO_4). *Thorium* dan unsur logam tanah jarang dipisahkan dengan menggunakan metode *partial dissolution*, yakni dengan ditambahkan sejumlah larutan HCl dengan konsentrasi tertentu, maka tanah jarang akan terlarut dalam HCl sedangkan bagian yang tak terlarut (*thorium*) akan disaring, sehingga akan membentuk suatu fasa yang dikenal dengan nama *thorium cake* ^[11].

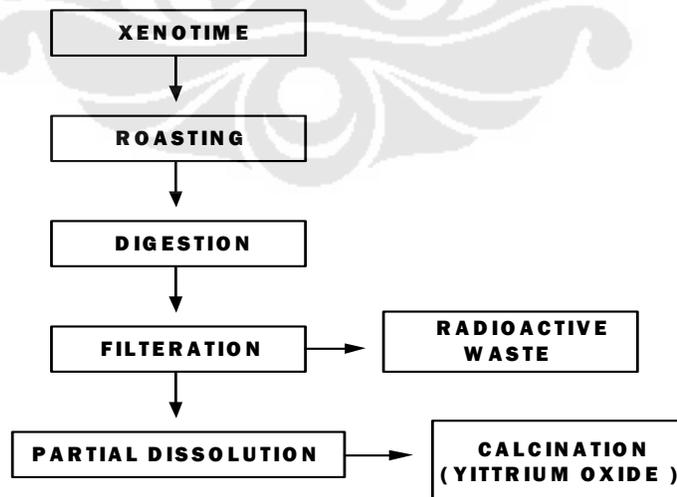
Sedangkan untuk pemisahan antara *heavy rare earth* dengan *light rare earth elements* dengan teknik *solvent extraction* yang menggunakan dilusi *di-ethyl-hexyl phosphoric acid* (DEHPA) dalam kerosin (minyak tanah) sebagai medium ekstraktan. Tahapan selanjutnya adalah dengan memasukkannya ke dalam *continous-counter current decantation* (CCD) *mixer-settler*. Pada hasilnya akan didapatkan produk akhir berupa endapan karbonat *heavy* maupun *light rare earth*. Secara skematis proses ini dapat dilihat melalui diagram alir seperti di bawah ini ^[11].



Gambar 4.3 Diagram Alir Proses Pengolahan Mineral *Monazite* oleh Asian Rare Earth (ARE) Malaysia. ^[11]

MAREC merupakan perusahaan yang mengolah mineral *xenotime* untuk dijadikan konsentrat *rare earth oxide* (REO) berupa *yttrium Oxide* (Y_2O_3), karena kapasitas produksinya lebih kecil dibandingkan dengan ARE, maka MAREC hanya mampu memproduksi 200 ton konsentrat *yttrium oxide* (kadar Y_2O_3 60%) per tahun dengan digesti menggunakan asam sulfur (H_2S)^[11].

Pada proses ini mineral *xenotime* di-*milling* terlebih dahulu untuk mendapatkan ukuran partikel yang sesuai sebelum dimasukkan ke dalam furnace untuk di-*roasting*, hal ini dilakukan untuk menjamin kondisi *yttrium* tetap baik untuk pemrosesan selanjutnya. Pada proses digesti, dengan menambahkan asam sulfat, *xenotime* (YPO_4) diubah menjadi *water-soluble yttrium sulfate*. Dengan air dingin yang diberikan sebagai medium untuk *leaching*, diharapkan *recovery* pada tahapan selanjutnya bisa maksimal sehingga nanti *yttrium* akan mengendap sebagai *yttrium oxalate*, yaitu dengan menambahkan asam oksalat terlebih dahulu, selanjutnya *yttrium oxalate* yang telah mengendap ini di kalsinasi dengan temperatur kurang lebih $600^\circ C$ sehingga akan menjadi *yttrium oxide*. Proses pengolahan ini dapat dilihat melalui skematis pada diagram alir seperti yang tertera di bawah ini^[11].



Gambar 4.4 Diagram Alir Proses Pengolahan Mineral *Xenotime* oleh Malaysian Rare Earth Corporation (MAREC) Malaysia^[11]

4.2.3 Molycorp , Inc. Mountain Pass, California, United States.

Molycorp, Inc pada awalnya hanyalah merupakan perusahaan yang memproduksi dan menjual *molybdenum*, akan tetapi seiring dengan ditemukannya mineral-mineral penyusun unsur-unsur logam tanah jarang di tahun 1949 dari sebuah daerah pegunungan yang bernama Clark Mountain di California, maka pada tahun 1952 produksi logam tanah jarang mulai digalakkan oleh Molycorp, Inc^[12].

Produksi tersebut dimulai dengan memanfaatkan bekas pabrik penambangan emas dahulu, yang dilengkapi dengan seperangkat alat *milling* yaitu *ball mill* yang cukup baru dan seperangkat sel-sel *flotation* bekas penambangan *Molybdenum* yang dimulai pada daerah-daerah yang mengandung lebih dari 15 % kandungan *rare earth oxide* (REO). Beroperasi di wilayah Mountain Pass, California yang memiliki kandungan unsur-unsur logam tanah jarang yang melimpah dengan mineral utama penyusunnya adalah *precambrian bastnaesite*.^[12]

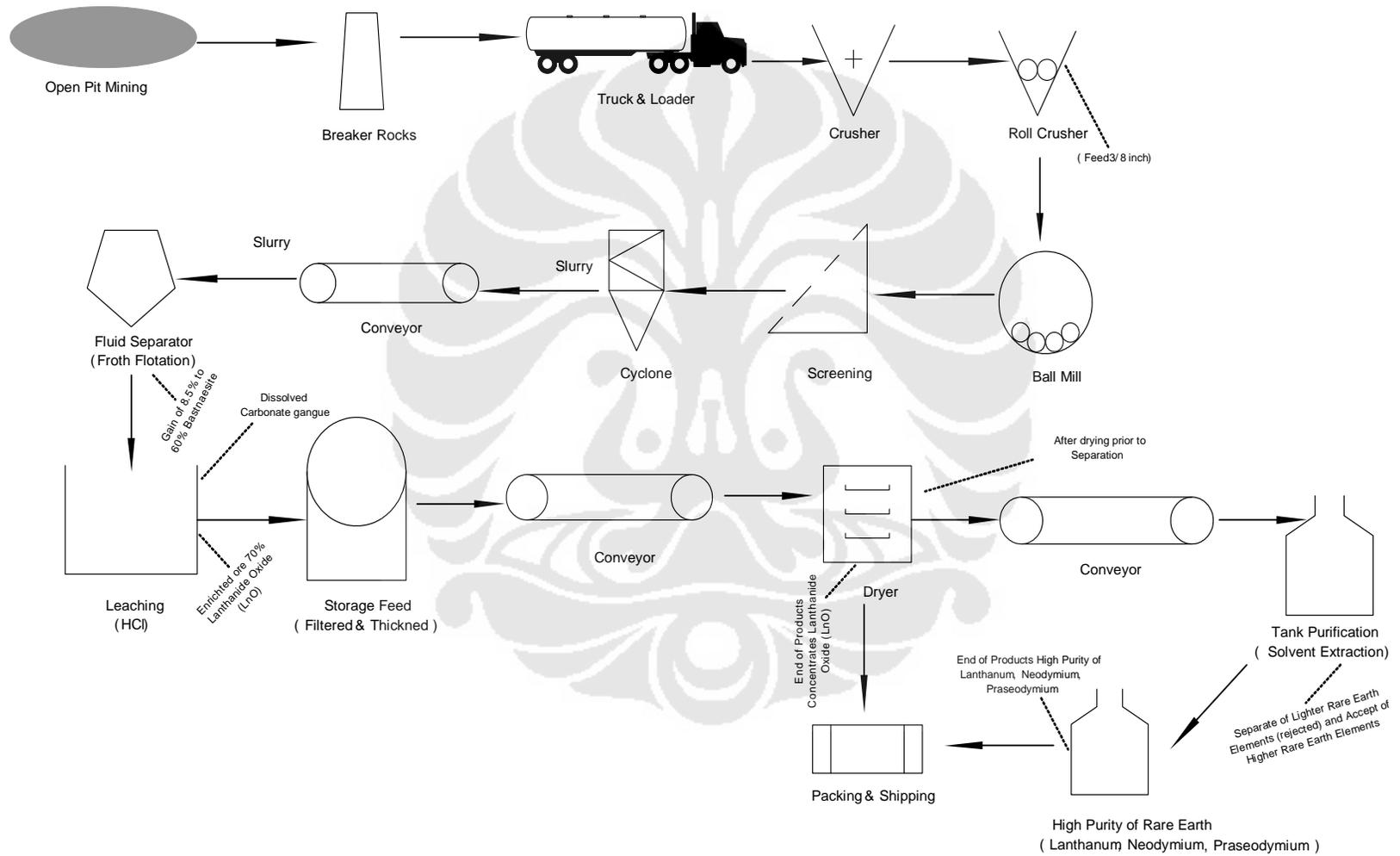
Proses ini dimulai dengan kegiatan menambang terlebih dahulu yakni pada area *surface mining* dengan melakukan *open pit mining* menggunakan truk yang mengangkut 85 ton bijih, memuat 13 kubik dalam tiap kotak bebannya, upaya penghalusan bijih akan dilakukan, yakni setelah bijih di tambang langsung (*run of mine*) akan dibawa menuju *crushing plant* yang akan mereduksi ukuran bijih menjadi hingga 3/8 inci, lalu kemudian dimasukkan ke dalam *ball mill*, maka bijih akan mendapatkan ukuran yang lebih halus lagi (*fine grinding*), yang akan masuk menjadi umpan (*feed*) pada proses flotasi untuk mendapatkan konsentrat oksida logam tanah jarang (REO) dari bijih *bastnaesite*, yang mengandung kadar 8,5 % hingga mencapai 60 % oksida (REO)^[12].

Pada proses yang dilakukan oleh Molycorp, Inc yang dihasilkan oksida adalah dari golongan lantanida (LnO). Setelah dilakukan flotasi maka akan didapatkan oksida lantanida (LnO) yang bisa mencapai kadar 70% dengan proses *leaching* menggunakan asam klorida (HCl). Penggunaan asam klorida ini dilakukan guna melarutkan karbonat yang bertindak sebagai *gangue*. Konsentrat tadi dikumpulkan (*thickened*), kemudian disaring (*filtered*) lalu setelah itu dikeringkan (*dried*) guna dibungkus untuk di *packing*, atau juga bisa dikirimkan

melalui *belt conveyor* untuk dimasukkan ke dalam *separation unit* untuk dilakukan proses pemurnian unsur-unsur logam secara lebih lanjut ^[12].

Proses pemurnian juga dilakukan oleh Molycorp, Inc meskipun pada tahap konsentrat saja sebenarnya sudah bisa mendatangkan keuntungan ekonomis, akan tetapi membuat unsur-unsur logam tanah jarang menjadi lebih murni akan bisa meningkatkan nilai tambah dari bijih-bijih konsentrat yang dihasilkan. *High purity* pada proses separasi ini adalah dengan melakukan *solvent extraction* ^[12].

Yakni dengan memisahkan fraksi-fraksi (fraksi berat dan ringan) yang terdapat pada lantanida oksida tersebut, dimana pada bagian yang tidak dapat terlarut dengan zat pengestraksi (ekstraktan) akan mengumpulkan fraksi-fraksi berat dari logam tanah jarang (seperti *europium*) sedangkan yang ringan akan mengendap (fraksi ringan adalah *lanthanum*) akan tersaring, lalu dikeringkan dan dibungkus sebagai konsentrat *lanthanum* atau bila ingin dimurnikan lebih jauh kembali maka akan bisa didapatkan *high purity lanthanum, praseodymium* atau *neodymium*. Kini dengan peralatan serta investasi yang cukup baik Molycorp, Inc berhasil memproduksi total tidak kurang dari 5000 ton per tahun kebutuhan logam tanah jarang bagi seluruh dunia ^[12].



Gambar 4.5 Flowsheet Pengolahan Mineral *Bastnaesite* oleh Molycorp, Inc California, USA ^[12].

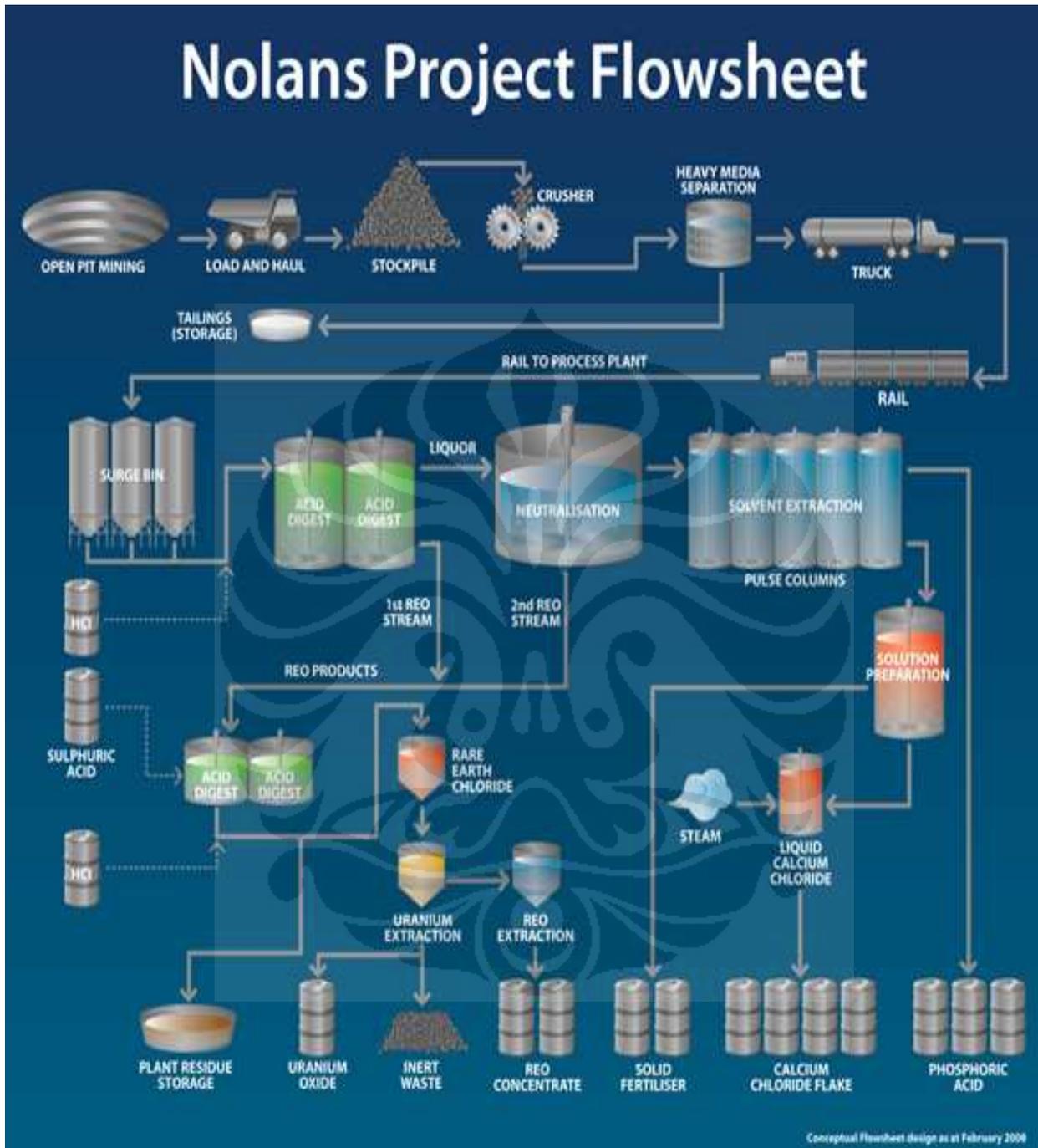
Tabel 4.2 Persentasi Kandungan Lantanida Oksida (LnO) yang di dapat pada area penambangan Mountain Pass, California oleh Molycorp Corporation. ^[12]

<i>Elements</i>	<i>Lanthanide Oxide Equivalent (LnO)</i>
<i>Cerium (Ce)</i>	49.0 %
<i>Lanthanum (La)</i>	33.0 %
<i>Neodymium (Nd)</i>	13.0 %
<i>Praseodymium (Pr)</i>	4.0 %
<i>Samarium (Sm)</i>	0.5 %
<i>Gadolinium (Gd)</i>	0.2 %
<i>Europium (Eu)</i>	0.1 %
<i>Others</i>	0.2 %

4.2.4 Arafura Resources, Nolans Bore Project, Aileron Province, Australia

Nolans Bore Project merupakan usaha kontrak bersama antara Arafura Resources Company dengan Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO) dengan daerah proyek di Propinsi Aileron yang masuk dalam daerah Arunta, Australia. Berdasarkan data analisa geologi, mineral – mineral yang terdapat di daerah tersebut mengandung unsur-unsur logam tanah jarang (REE), fosfat dan juga kandungan *uranium* serta *thorium* dalam batuan-batuan *granitic gneiss* dengan kandungan mineral-mineralnya antara lain *bastnaesite*, *monazite*, *thorite* dan *allanite* yang mengandung sekitar 65-75 % kandungan logam tanah jarang (REE) dan *uranium* ^[13].

Perencanaan untuk proses benefisiasi meliputi jaringan proses pengolahan mineral terpadu dengan melakukan metode penambangan terbuka (*open pit mining*) sebagai transportasi menggunakan truk-truk, rail bond vehicles dan *conveyor* dengan hasil yang didapat kurang lebih sekitar 1 juta ton barang tambang pertahun dengan total REO per tahun adalah 10.000 ton. Untuk lebih jelasnya proses tersebut dapat dijelaskan pada gambar diagram alir di bawah ini ^[13].



Gambar 4.6 Flowsheet Pengolahan Mineral Logam Tanah (*Bastnaesite*, *Allanite*, *Monazite*) oleh Arafura Resources, di Nolans Bore Australia ^[13].

4.2.5 Indian Rare Earth Limited (IREL), Aluva, India

Indian Rare Earth, Limited atau yang dikenal sebagai IREL, merupakan salah satu perusahaan terkemuka milik pemerintah India, yang sangat *concern* meneliti dan mengembangkan logam-logam tanah jarang sebagai suatu hasil proses yang dapat meningkatkan nilai tambah dari mineral-mineral tersebut. Terletak di sebuah tempat yang cukup kaya dengan mineral-mineral tambang, bernama Aluva, dengan mineral *monazite* sebagai mineral utama deposit logam tanah jarang. IREL memiliki suatu unit riset dan pengembangan yang cukup lengkap dengan teknologi yang sangat moderen pula, dimana pada IREL terdiri dari beberapa unit divisi, yakni divisi *mineral research and development centre (MRDC)* di daerah Kollam, *technical service division (TSD)* yakni OSCOM di daerah Chatrapur, serta *rare earth division* di Aluva^[14].

Masing-masing divisi dari MRDC adalah menangani proyek pengolahan mineral yang meliputi proses benefisiasi pasir tambang (dalam hal ini *monazite*) untuk dilakukan proses *mineral separation*, peralatan yang menunjang untuk dilakukan proses tersebut meliputi, *magnetic, gravity, hydraulic* dan *electrostatic separator, flotation cell, grinding mill, vacuum filter, microscope* dan peralatan instrumentasi analitik, seperti *ICP, UV-spectrometer*. Kemudian pada unit TSD, OSCOM dilengkapi dengan peralatan-peralatan instrumentasi analitik seperti, *X-ray diffractrometer, thermal analyser, atomic absorption spectrometer, UV spectrometer, particle size analyzer*^[14].

Kemudian unit *rare earth division* di Aluva selain mengembangkan proses-proses untuk mendapatkan logam-logam tanah jarang, juga melakukan proses benefisiasi untuk mendapatkan *rutile* sintetik, stabilisasi seluruh dan sebagian *zirconia, batu permata zirconia*. Dengan melakukan proses-proses teknik *Solvent Extraction* dan prinsip-prinsip yang didasari pada pertukaran ion (*ion exchange*), maka persentasi *rare earth chemical* yang didapatkan akan memiliki tingkat kemurnian yang cukup baik.

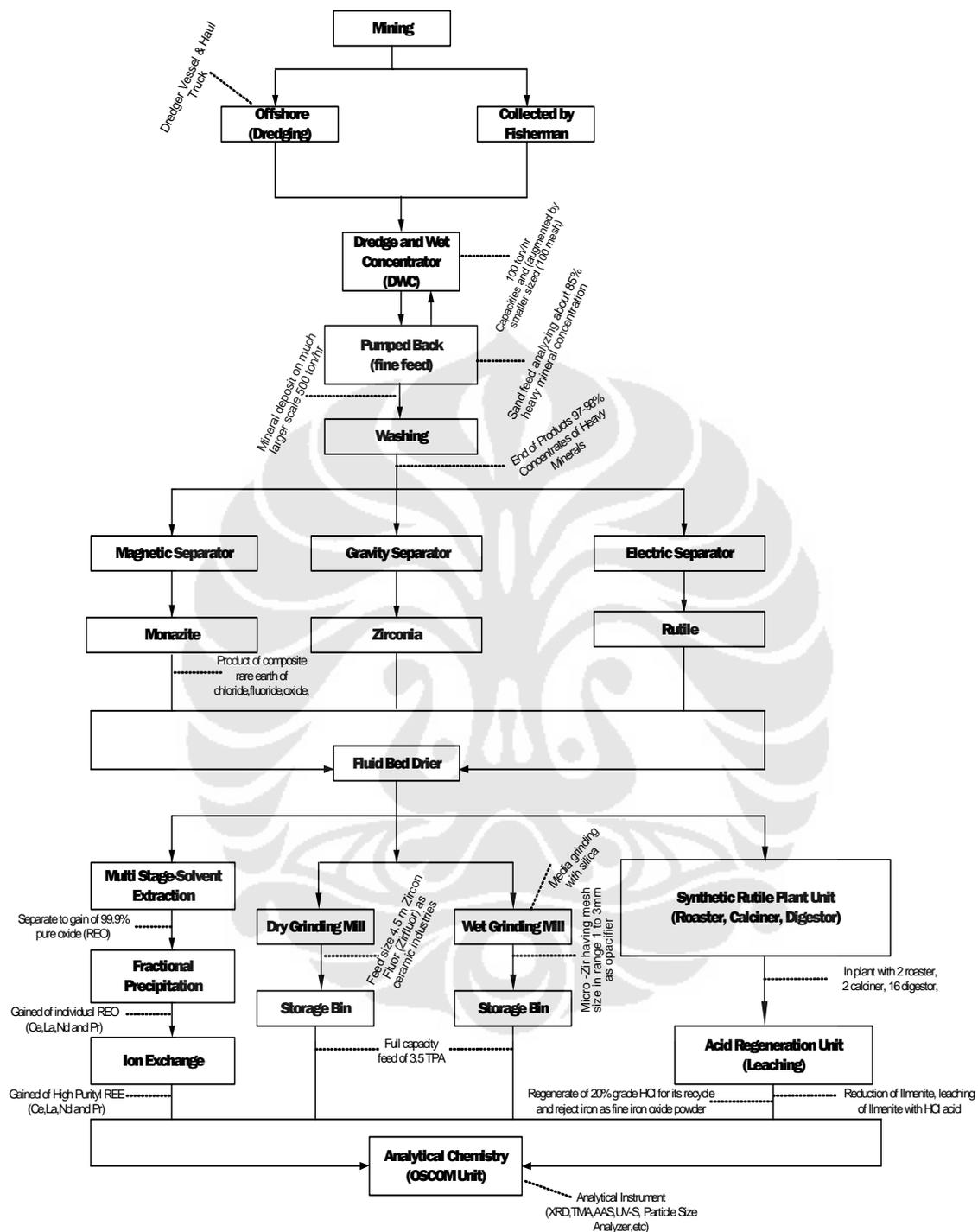
Proses penambangan di IREL merupakan salah satu penambangan langsung (*run of mine*), dengan melakukan penambangan terbuka (*open pit mining*) dengan melakukan *dredging* (pengerukan) pada tanah alluvial yang terletak di daerah pantai Aluva, dengan kandungan mineral-mineral yang

terdapat pada daerah tambang tersebut berupa *monazite*, *ilmenite*, *zirconia*. Mineral-mineral tersebut harus dibebaskan terlebih dahulu dari pengotor-pengotornya, karena mineral tersebut tercampur satu sama lain dalam bentuk pasir pantai ^[14].

Upaya pembebasannya dengan cara melakukan *wet mining* disemprot dengan menggunakan air untuk kemudian dimasukkan ke dalam *dredge wet concentrator (DWC)*, metodenya dengan mengumpulkan pasir-pasir pantai tersebut yang telah dikeruk oleh kapal maupun oleh para nelayan yang mengumpulkan pasir-pasir pantai tersebut yang berada di kawasan penambangan tersebut. Proses DWC ini menghasilkan umpan pasir pantai 100 ton per jam dengan kandungan konsentrasi mineral berat yang berhasil dipisahkan adalah sekitar 85% ^[14].

Setelah itu umpan yang telah didapatkan tadi, akan dipompa kembali menggunakan *dredging* (diperhalus kembali) untuk selanjutnya di dapatkan material dengan skala ukuran yang lebih kecil yakni sekitar 100 mesh dengan kapasitas umpan 500 ton per jam. Mineral tersebut dicuci untuk mendapatkan konsentrasi akhir sekitar 97-98 % mineral berat, dengan menggunakan *fluid bed drier* dan memanfaatkan sifat-sifat magnetik, elektrik, maupun perbedaan berat jenis mineral-mineral tersebut untuk memisahkannya (yakni sebagai *ore* ataupun unsur tersendiri, seperti *monazite*, *rutile*, dan *zircon*) ^[14].

Monazite yang didapatkan memiliki kandungan 97-98% dari zat-zat pengotornya, dimana pada *monazite* ini mengandung logam-logam tanah jarang yang berikatan, sehingga logam-logam tanah jarang ini bercampur ada yang membentuk ikatan dengan klorida, oksida dan fluorida, yang selanjutnya ingin dibentuk menjadi logam tanah jarang dengan membentuk oksida (REO) dengan tingkat 99,9% oksida murni dari unsur-unsur logam tanah jarang seperti Ce, La, Nd dan Pr dengan menggunakan teknik *multi-stage solvent extraction* dan *fractional precipitation*. hasil produk yang didapatkan dari proses benefisiasi ini sekitar 5000 TPA (ton per tahun) *rare earth oxide (REO)* ^[14].



Gambar 4.7 Flow Diagram Pengolahan Mineral Bastnaesite oleh Indian Rare Earth Limited (IREL) Aluva, India ^[14]

4.3 PENENTUAN DESAIN SIRKUIT BENEFISIASI LOGAM TANAH JARANG

Proses penentuan dalam hal pemilihan desain sirkuit pada proses pengolahan logam tanah jarang, didasarkan pada pertimbangan dalam aspek-aspek yang melingkupi sebagai berikut :

1. Kelengkapan Data

Memuat data-data yang sangat diperlukan dalam hal penentuan desain sirkuit pengolahan, yang meliputi antara lain, proses-proses yang digunakan, reagen (zat-zat pereaksi apa saja yang dipakai, untuk *leaching* misalnya), pemilihan peralatan kapasitas mesin, yakni mampu memuat berapa tonase umpan, kondisi umpan yang dapat dihasilkan (menyangkut masalah efisiensi)

2. Ukuran umpan

Dalam hal penentuan ukuran umpan yang dimaksud adalah, sasaran pemilihan umpan yang dapat masuk untuk selanjutnya diproses pada tahapan-tahapan dalam sirkuit benefisiasi, dalam penelitian ini sasaran umpan yang didapatkan adalah berupa pasir mineral logam berat dari logam tanah jarang, hasil pengolahan mineral *cassiterite* (pengolahan logam timah) oleh PT Timah, Tbk. Ukuran umpan yang bisa diproses adalah sekitar 100-200 mesh (150-75 *micron*) pasir yang telah digerus halus menggunakan *ball mill*. Untuk selanjutnya dicerna (di-digesti), bisa dengan menggunakan larutan alkali, asam sulfur, asam sulfat, atau asam klorida).

3. Kecepatan produksi (laju aliran umpan)

Laju aliran umpan ini menyetujui upaya untuk mendapatkan berapa jenis umpan yang mampu dihasilkan dalam suatu kapasitas mesin (produk) yang nantinya akan menunjang kelancaran suatu proses, hal ini akan terkait sekali dengan efisiensi produk yang dihasilkan.

4. Kemampuan untuk dioperasikan di Indonesia

Proses desain sirkuit yang didapatkan (adopsi) dengan mengambil proses-proses yang telah ada, seyogianya harus dapat diterapkan dan dioperasikan di Indonesia, dengan merujuk kepada pertimbangan-pertimbangan yang telah ditentukan seperti yang telah dijelaskan di atas.

4.4 PENENTUAN PERALATAN DESAIN SIRKUIT BENEFISIASI LOGAM TANAH JARANG

Peralatan yang dipakai dalam desain sirkuit benefisiasi logam tanah jarang adalah peralatan-peralatan yang umum digunakan dalam industri pertambangan khususnya pengolahan timah, pertama kali yang dilakukan pada proses ini antara lain dengan cara menambang yakni dengan penambangan darat (tanah *aluvial*) maupun dengan penambangan laut, untuk meningkatkan kadarnya maka barang tambang tersebut harus dibebaskan dari unsur-unsur pengotornya (liberasi) seperti partikel-partikel batu, kayu dan sebagainya, dengan cara mencucinya.

Proses pencucian ini memanfaatkan perbedaan sifat-sifat dari butiran-butiran mineral yaitu berdasarkan perbedaan berat jenis, konduktivitas listrik, serta kemagnetan, yang nantinya akan didapatkan mineral-mineral ikutan antara lain *ilmenite*, *zirconia*, *xenotime*, *monazite*. *Xenotime* dan *monazite* inilah yang dijadikan sebagai sumber bahan baku dari logam-logam tanah jarang, yang nantinya akan dilakukan proses benefisiasi untuk meningkatkan nilai dari mineral-mineral tersebut. Proses pencucian ini meliputi dua proses yakni proses basah dan proses kering ^[15].

Peralatan yang digunakan pada proses basah, diantaranya adalah :

- *Ore Bin* (tempat menampung bijih timah (*cassiterite*) hasil penambangan).
- *Harz Jig* (merupakan alat untuk melakukan proses pemisahan bijih timah (*cassiterite*) dalam medium *liquid* berat yang bergantung dari kesanggupan partikel untuk menerobos suatu lapisan yang *semi-stationary* yang disebabkan oleh berat jenis).

- *Jig Yuba Trapezium* (tempat meletakkan *tailing* (sisa yang tidak terpisah) dari *harz jig* untuk kemudian dipisahkan kembali).
- *Rotary Dryer* (tempat menampung konsentrat bijih timah SnO₂ dari *harz jig* dengan kadar 70% Sn dan *tailing* dari *jig yuba trapezium* selanjutnya akan masuk ke proses kering).

Peralatan yang digunakan pada proses kering, diantaranya adalah :

- *Rotary Drayer I* (tempat meletakkan *tailing* hasil proses basah untuk dikeringkan).
- *Round Screen* (tempat memisahkan material berdasarkan ukuran partikel).
- *Air Table* (tempat untuk mengolah mineral ikutan agar didapatkan ukuran yang seragam).
- *High Tension Separator* (alat untuk memisahkan mineral ikutan berdasarkan sifat konduktifitas listrik, akan didapatkan mineral-mineral ikutan seperti *ilmenite*, *monazite*, *zircon*, *xenotime*).
- *Magnetic Separator* (alat untuk memisahkan mineral ikutan berdasarkan sifat magnetik, yakni pada mineral konduktor *cassiterite* akan berada di zona non magnetik dan *ilmenite* di zona magnetik. Sedangkan pada mineral non-konduktor *zircon* dan *quartz* akan masuk ke zona non magnetik dan *xenotime*, *monazite* akan masuk ke zona magnetik.

Setelah didapatkan mineral-mineral ikutan seperti *monazite*, *xenotime* maka tahapan proses selanjutnya adalah benefisiasi mineral logam tanah jarang, yang meliputi proses-proses dan peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

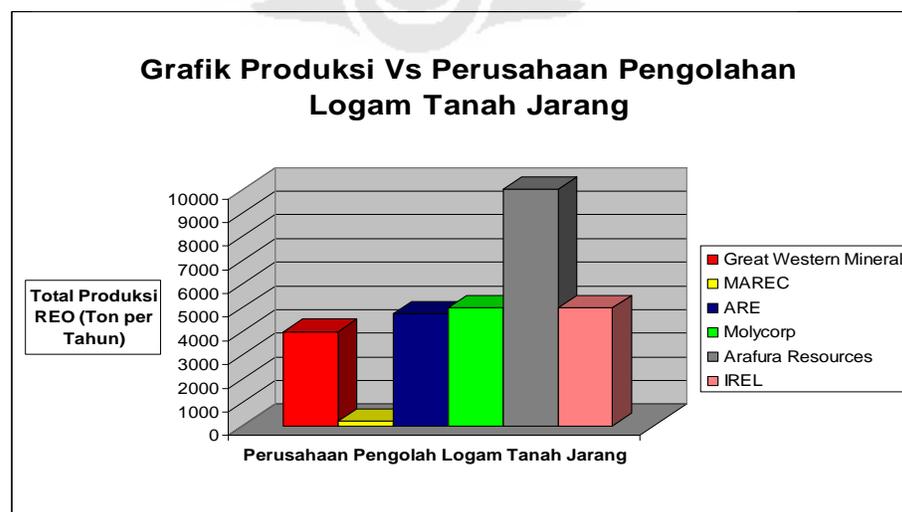
- *Surge Bin* (tempat meletakkan mineral logam tanah jarang (*xenotime* dan *monazite* yang telah dipisahkan tadi oleh *heavy medium separator* menggunakan *high tension separator*) untuk selanjutnya diproses lebih lanjut).

- *Digestion Tank* (proses awal untuk mendapatkan konsentrat logam tanah jarang).
- *Neutralization Tank* (netralisasi kandungan logam tanah jarang oksida apabila ingin mendapatkan kandungan logam tanah jarang yang lebih tinggi).
- *Solvent Extraction Tank* (pemisahan logam tanah jarang oksida dengan pelarut-pelarutnya seperti asam fosfor, garam kalsium klorida).

4.5 PEMBAHASAN PENENTUAN DESAIN SIRKUIT BENEFISIASI LOGAM TANAH JARANG

Berdasarkan data-data sekunder yang telah diperoleh di atas maka untuk itu kita mencoba mengestimasi berdasarkan persyaratan-persyaratan yang telah ditentukan di atas, seperti kelengkapan data desain sirkuit proses pengolahan logam tanah jarang, dimana data-data tersebut diambil dari enam perusahaan pengolah logam tanah jarang yang sudah berkembang dan menjalankan aktivitasnya (yakni USA, Canada, Malaysia, Australia, India). Sehingga nanti akan didapatkan grafik yang mendukung untuk kelengkapan data, seperti laju aliran umpan yang dihasilkan oleh perusahaan tersebut, sehingga bisa memproduksi logam tanah jarang oksida (REO) seperti yang terdapat pada grafik di bawah ini.

Gambar 4.8 Grafik Kapasitas Produksi Vs Perusahaan Pengolah Logam Tanah Jarang



4.6 PEMBAHASAN PENENTUAN PERALATAN DESAIN SIRKUIT BENEFISIASI LOGAM TANAH JARANG

Pembahasan mengenai penentuan peralatan dari desain sirkuit benefisiasi logam tanah jarang didasarkan pada pemilihan peralatan yang akan digunakan, meliputi persyaratan-persyaratan seperti kemampuan untuk dirawat (*easy maintenance*), efisiensi *cost*, mempunyai kehilangan produk (*loss*) yang minimal menghasilkan polusi yang kecil bagi lingkungan. Maka peralatan yang ditentukan adalah sebagai berikut :

- Untuk Proses Pengolahan Mineral ^[15] :
 1. Pada eksplorasi di darat dengan penambangan langsung *open pit mining* akan mendapatkan sejumlah bijih *cassiterite* & kapal keruk (*dredging vessel*) dari eksplorasi laut yang akan di tampung ke dalam *ore bin* yang memiliki kapasitas 8 ton.
 2. *Harz Jig* merupakan alat untuk melakukan proses pemisahan bijih *cassiterite* dalam *medium liquid* berat yang bergantung dari kesanggupan partikel bijih untuk menerobos suatu lapisan yang *semi-stationary* yang disebabkan oleh perbedaan berat jenis dan ukuran masing-masing butiran mineral dengan cara mengalirkan air melalui *bed material*, *Harz Jig* ini memiliki kapasitas 5-6 ton per jam.
 3. *Jig Yuba Trapezium* merupakan alat yang digunakan untuk mengolah *tailing* guna mendapatkan bijih timah, dan juga memisahkan bijih mineral ikutan dari *Harz Jig*, bijih timah diambil sedangkan mineral-mineral ikutannya dipisahkan kembali, *Jig Yuba Trapezium* ini memiliki kapasitas 3,5 ton per jam.
 4. *Rotary Dryer* merupakan alat yang berfungsi untuk mengeringkan bijih *cassiterite* yang masih basah dengan kapasitas 1,5–2 ton per jam dengan temperatur 136°C.
 5. *Bucket Elevator* merupakan alat yang berfungsi untuk memindahkan suatu alat ke proses yang lainnya dengan kapasitas bervariasi mulai dari 2-5 ton per jam sampai dengan 12-35 ton per

jam, dengan kecepatan mulai dari 190 sampai 230 RPM (radius per meter).

6. *High Tension Separator* merupakan alat yang digunakan untuk memisahkan mineral-mineral berdasarkan sifat konduktivitas listriknya. Alat ini dilengkapi dengan rotor yang diselubungi kawat listrik, yang berfungsi untuk menarik atau menangkap mineral yang bersifat konduktor. Sedangkan untuk mineral yang non-konduktor tidak akan terpengaruh dengan medan magnet dan akan jatuh ke zona non-konduktor mengikuti putaran motor. Alat ini memiliki kapasitas bervariasi mulai dari 150-250 sampai 300-350 kg/jam. Produk yang dihasilkan adalah berupa mineral-mineral konduktor seperti *cassiterite*, *ilmenite*, *pyrite*, *hematite*, *siderite*. Dan mineral-mineral non-konduktor seperti *zircon*, *monazite*, *xenotime* dan *quartz*.

7. *Magnetic Separator* digunakan untuk memisahkan mineral berdasarkan sifat-sifat magnetiknya, dimana pada mineral-mineral konduktor, *cassiterite* akan berada di zona non magnetik dan *ilmenite* akan berada di zona magnetik. Sedangkan untuk mineral non konduktor *zircon* dan *quartz* akan masuk ke zona non magnetik dan *xenotime*, *monazite* akan masuk ke zona magnetik. Kapasitas mesin ini mencapai 350-550 kg/jam dengan ukuran umpan sebesar 10 mesh. Selanjutnya mineral-mineral tersebut dimasukkan ke dalam *flotation cell*, untuk dilakukan proses benefisiasi lebih lanjut.

▪ Untuk Proses Benefisiasi :

1. *Ball Mill* merupakan alat yang terdiri dari bola-bola baja yang dikonsumsi sekitar 0,1-1kg bola per ton bijih. Kapasitas maksimalnya bisa 8 ton bijih. Digunakan untuk menghaluskan pasir *xenotime*, *monazite* yang telah dipisahkan melalui *magnetic separator* tadi untuk selanjutnya dibawa menuju tangki operasi (*surge bin*).

2. *Surge Bin* merupakan tangki penampung sementara umpan yang telah dihaluskan tadi, untuk menuju tangki digesti, sebagai tahapan awal untuk pembuatan konsentrat mineral logam tanah jarang.
3. *Digestion Tank I* merupakan tangki untuk dilakukan pelumatan (digesti) mineral logam tanah jarang (*xenotime, monazite*) dengan dimasukkan larutan HCl ke dalamnya maka selanjutnya akan terjadi proses pelarutan (*partial dissolution*).
4. *Neutralization Tank* berfungsi sebagai penampung REO (konsentrat logam tanah jarang) yang telah dipisahkan, setelah itu dimasukkan ke dalam *neutralization tank* untuk selanjutnya dilakukan *solvent extraction* untuk memisahkan dengan pelarutnya, nantinya akan dihasilkan *solution* (berupa asam fosfor dan kalsium klorida *flake*).
5. *Digestion Tank II* tempat melangsungkan digesti dari umpan bijih yang telah diproses melalui *neutralization tank* dengan hasil berupa REO I dan REO II, dimana pada tangki tersebut diberikan larutan HCl dan gas H₂S (98%).
6. Hasil umpan dari *digestion tank* berupa *rare earth chloride* yang disimpan dalam tangki untuk selanjutnya dilakukan pemisahan antara kandungan unsur-unsur radioaktif yakni (*thorium dan uranium*) dengan *rare earth concentrate*.
7. Hasil produk dari *digestion tank II* berupa residu, yang ditampung dalam *plant residue storage*, kemudian *uranium & thorium extraction* (dilakukan proses ekstraksi lagi menghasilkan *uranium & thorium oxide* dan yang tidak bereaksi atau *inert* akan dipisahkan sebagai *waste*) sedangkan hasil yang lainnya adalah *rare earth extraction* kemudian dilakukan ekstraksi kembali untuk memisahkan antara logam tanah jarang ringan dan berat (*light & heavy rare earth*).

Peralatan tambahan yang digunakan pada desain sirkuit pengolahan logam tanah jarang diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Pompa, yang berfungsi untuk mendorong umpan (*feed*) ke dalam *ore bin*, memompa *tailing* dan memompa konsentrat dari suatu alat dalam suatu proses ke proses yang lain.
2. *Header tank* yaitu alat untuk memompa air kerja dan solar
3. *Cyclone* berfungsi membuang sebagian air atau lumpur (*slurry*) agar tidak mengganggu proses berikutnya, pemakaiannya tergantung dari kapasitas pompa.
4. *Rail Bond vehicles* merupakan mode transportasi hasil pemisahan bijih *cassiterite* dengan bijih *xenotime* dan *monazite* untuk masuk ke dalam tahapan proses selanjutnya.
5. *Chlorinating tank* merupakan tangki penyimpanan dari bijih (*xenotime* & *monazite*) yang telah dipisahkan dengan melakukan digesti, sehingga menjadi *rare earth chloride* yang terpisah dari zat-zat radioaktif seperti *thorium* & *uranium*.
6. *Continous-Counter Current Decantation (CCD)* merupakan alat yang berfungsi sebagai pemisah (*separator*) antara leaching yang mengandung larutan (*solution*) dan leaching yang mengandung *residue*. Atau dikenal juga sebagai penyaring (*thickener*).

4.7 ANALISA KELAYAKAN PADA DESAIN SIRKUIT BENEFISIASI LOGAM TANAH JARANG

Analisa kelayakan yang penting dan berguna bagi pemilihan desain sirkuit proses pengolahan tanah jarang yang meliputi studi feasibilitas, peluang dan *market review* dari pengolahan logam tanah jarang yang sudah dilakukan oleh beberapa perusahaan yang telah berlangsung (*proven*) dengan memiliki hasil-hasil berupa konsentrat logam tanah jarang (REO) yang bernilai jual tinggi.

4.7.1 Kebutuhan Dunia akan Logam Tanah Jarang

Karena sifat-sifatnya yang unik, seperti dalam hal sifat-sifat kimiawinya, sifat katalis, elektrik, magnetik, metalurgi, dan sifat optiknya

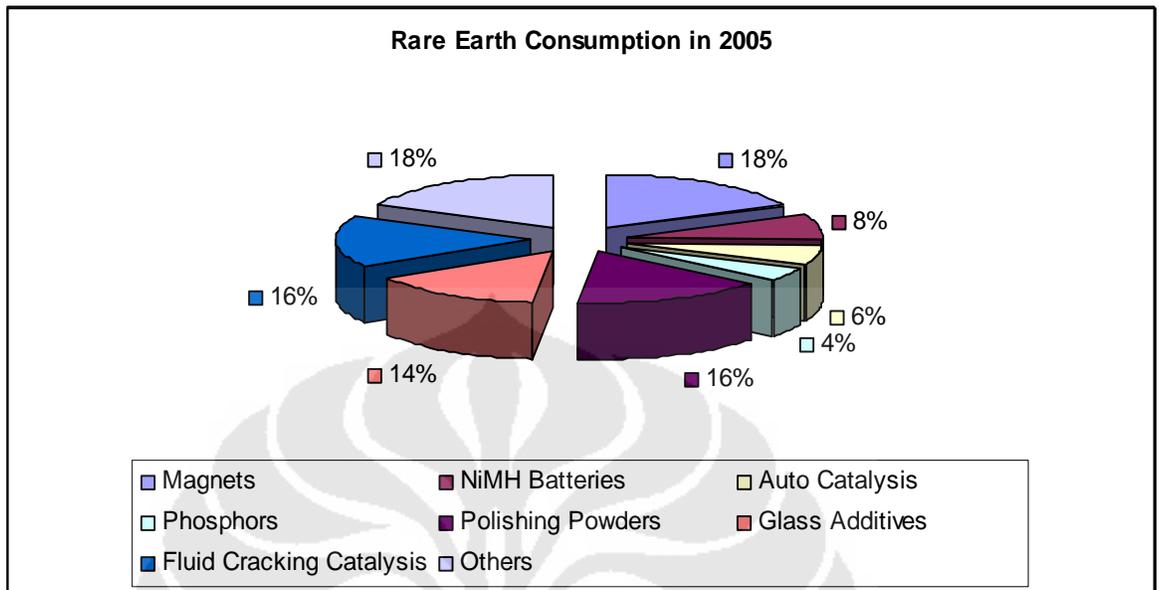
yang memiliki keistimewaan-keistimewaan seperti efisiensi yang tinggi, performa yang lebih baik, serta lebih ramah lingkungan menjadikan unsur-unsur logam tanah jarang ini memainkan peranan yang sangat penting bagi perkembangan *advanced technology* di masa depan. Oleh karena itu tidaklah mengherankan lagi bahwa *demand* dari unsur-unsur logam tanah jarang ini akan terus meningkat setiap tahun yang berarti bahwa perkembangan teknologi dalam pengolahan mineral-mineral logam tanah jarang menjadi unsur-unsur serta paduannya memiliki *trend* yang positif. Berikut ini disajikan tabel permintaan logam tanah jarang pada tahun 2005 dan juga tabel prediksi konsumsi logam tanah jarang pada tahun 2010 sebagai perbandingan akan peningkatan permintaan akan logam tanah jarang. *Diagram pie* dari konsumsi logam tanah jarang pada tahun 2005 dan *diagram pie* estimasi konsumsi logam tanah jarang pada tahun 2010 juga disertakan, sebagai analisis perbandingan pemakaian logam tanah jarang.

Tabel 4.3 Rangkuman *Demand* akan Logam Tanah Jarang pada tahun 2005 ^[16]

<i>Rare Earth Application</i>	<i>Rare Earth Elements</i>	2005 <i>Rare Earth Elements</i>
<i>Magnets</i>	Nd , Pr, Dy, Tb, Sm	17,150 tons
<i>NiMH Batteries</i>	La , Ce, Pr, Nd	7,200 tons
<i>Auto Catalysis</i>	Ce , La, Nd	5,830 tons
<i>Fluid Cracking Catalysis</i>	La , Ce, Pr, Nd	15,400 tons
<i>Phosphors</i>	Eu , Y, Tb , La, Dy, Ce, Pr, Gd	4,007 tons
<i>Polishing Powders</i>	Ce , La , Pr , mixed	15,150 tons
<i>Glass Additives</i>	Ce , La , Nd, Er, Gd, Yb	13,590 tons
<i>Others</i>		16,935 tons
Total		95,262 tons

Tanda Bold: Menunjukkan unsur utama yang digunakan pada aplikasi kebutuhan tersebut

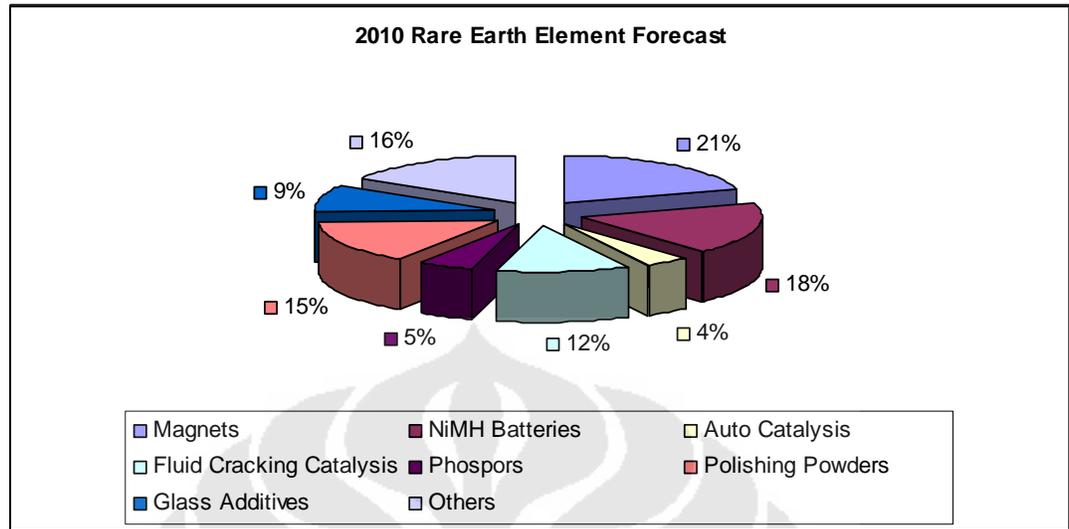
Gambar 4. 9 Diagram Pie Konsumsi LTJ pada Tahun 2005 ^[16]



Tabel 4.4 Perkiraan *Demand* akan Logam Tanah Jarang pada tahun 2010 ^[16]

<i>Rare Earth Application</i>	<i>Rare Earth Elements</i>	<i>2010 Rare Earth Elements Forecast</i>	<i>Incremental Percentage</i>
<i>Magnets</i>	Nd, Pr, Dy, Tb, Sm	31,100 tons	12.64 %
<i>NiMH Batteries</i>	La, Ce, Pr, Nd	27,300 tons	30.55 %
<i>Auto Catalysis</i>	Ce, La, Nd	5,960 tons	0.58 %
<i>Fluid Cracking Catalysis</i>	La, Ce, Pr, Nd	18,400 tons	3.20 %
<i>Phosphors</i>	Eu, Y, Tb, La, Dy, Ce, Pr, Gd	7,512 tons	13.00 %
<i>Polishing Powders</i>	Ce, La, Pr, mixed	23,500 tons	9.2 %
<i>Glass Additives</i>	Ce, La, Nd, Er, Gd, Yb	13,990 tons	0.57 %
<i>Others</i>		24,950 tons	8 %
Total		152,712 tons	10.01 %

Gambar 4.10 Diagram Pie Estimasi Konsumsi LTJ pada tahun 2010 ^[16]



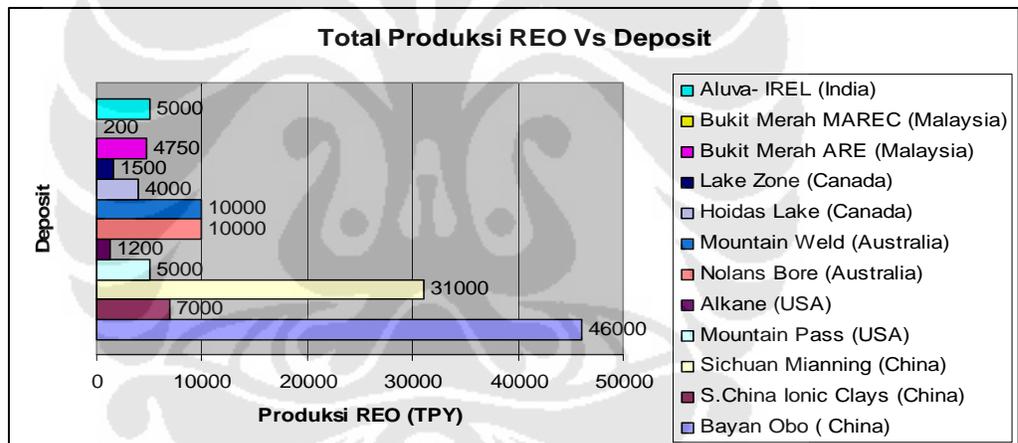
4.7.2 Negara-negara Penghasil Konsentrat Logam Tanah Jarang

Beberapa negara telah memanfaatkan dan mengolah logam tanah jarang tersebut. Bahkan China telah menjadi salah satu produsen terbesar dalam pengolahan logam tanah jarang yang telah berhasil mensuplai kebutuhan logam tanah jarang di hampir 74 negara dengan total produksi REO pada tahun 2005 sebesar 49.000 ton (atau sekitar 90%) kebutuhan logam tanah jarang dunia telah disuplai dari daerah-daerah perrtambangan milik China. Dengan cadangan kandungan logam tanah jarang yang masih sangat besar ini dan juga masih akan meningkatnya permintaan akan logam tanah jarang pada masa yang akan datang, maka China masih merupakan salah satu negara terkuat dalam penghasil logam tanah jarang ini.

Tabel 4. 5 Negara-negara penghasil Konsentrat Logam Tanah Jarang ^[17]

Deposit	Produksi (TPY Total REO)
Bayan Obo (China)	46000
S.China Ionic Clays (China)	7000
Sichuan Mianning (China)	31000
Mountain Pass(USA)	5000
Alkane (USA)	1200
Nolans Bore (Australia)	10000
Mountain Weld (Australia)	10000
Hoidas Lake(Canada)	4000
Lake Zone (Canada)	1500
Bukit Merah ARE (Malaysia)	4750
Bukit Merah MAREC (Malaysia)	200
Aluva -IREL(India)	5000

Gambar 4.11 Grafik Deposit Penghasil REO vs Total Produksi (TPY) ^[17]



Tabel 4.6 Cadangan Global Logam Tanah Jarang (Metrik Ton) ^[18]

Negara	Cadangan	Estimasi tingkat <i>recovery</i>	<i>net recoverable reserves</i>
China	43.000.000	10% sampai 50%	4.650.000
Amerika Serikat	13.000.000	NA	0
India	1.100.000	75%	825.000
Australia	5.200.000	63%	577.000
Brazil	109.000	NA	0
Russia dan CIS	19.000.000	<i>Unknown</i>	<i>unknown</i>
Canada	940.000	NA	0
Afrika Selatan	390.000	NA	0
Malaysia	30.000	NA	0
Vietnam	9.000.000	NA	0
Negara-negara lain	9.000.000	NA	0
Total	100.769.000		6.052.000

Tabel cadangan ini merupakan hasil studi feasibilitas yang dilaporkan oleh BCC yang didasarkan oleh kemampuan minimum dari logam tanah jarang berdasarkan sifat fisik dan kimianya untuk didapatkan potensi ekonomis dari logam tanah jarang tersebut.

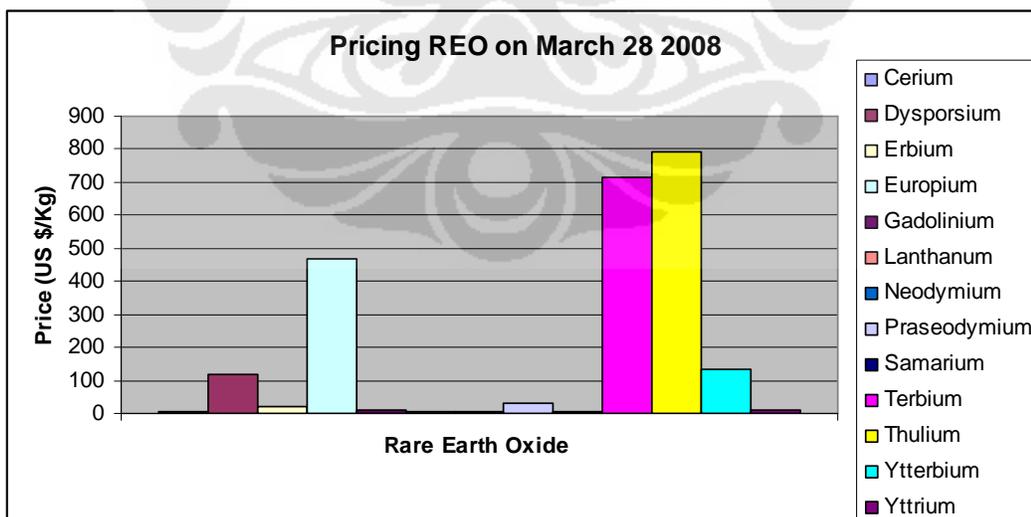
4.7.3 Harga Oksida-oksida Logam Tanah Jarang

Seiring dengan meningkatnya permintaan dengan tren positif yang terjadi, maka logam tanah jarang ini memiliki tingkat harga yang bervariasi dilihat dari *scarcity* (kelangkaannya) dan juga tingkat kemurnian dari suatu unsur logam tanah jarang. Kemurnian ini dapat ditentukan dan diperoleh berdasarkan persentase total REO dan kandungan unsur logam tanah jarang yang lain (bertindak sebagai *impurities*). Sebagai contohnya harga-harga oksida logam tanah jarang ini mulai dari harga yang terendah yakni *cerium oxide* (4.1 US \$ / Kg) hingga harga yang paling tinggi yakni thulium oxide (790 US \$ / Kg) pada 28 Maret 2008. Harga-harga tersebut dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 4. 7 Harga Oksida Logam Tanah Jarang pada 28 Maret 2008 ^[18]

Rare Earth Oxide	US\$ / Kg
Cerium	4.1
Dysprosium	116.5
Erbium	19.72
Europium	470
Gadolinium	12.67
Lanthanum	7.4
Neodymium	35
Praseodymium	30.5
Samarium	5.1
Terbium	715
Thulium	790
Ytterbium	132
Yttrium	10.71

Gambar 4.12 Grafik Harga REO pada 28 Maret 2008 ^[18]



4.7.4 Pemanfaatan Logam Tanah Jarang

Pemanfaatan logam tanah jarang dalam pertumbuhan industri *advanced technology* sangat cepat sekali, hal ini telah dibuktikan dengan

naiknya permintaan akan unsur-unsur logam tanah jarang yang menurut laporan dari *BCC report*, sebuah badan yang bertugas untuk melakukan riset dalam hal perkembangan pasar untuk komoditi unsur-unsur logam tanah jarang yang bekerja untuk Lynas Corporation, menyatakan bahwa kecenderungan pemakaian unsur-unsur logam tanah jarang sebagai bahan alternatif untuk pengembangan teknologi masa depan (*advanced technology*) akan meningkat hingga mencapai 10 % pada tahun 2010 nanti. Adapun pemanfaatan unsur-unsur logam tanah jarang ini adalah sebagai berikut :

1. Magnet : aplikasinya pada produk-produk motor listrik pada mobil *hybrid*, *Power steering* elektrik, *air conditioners* (AC), *generator*, *hard disk drive* (HDD).
2. Baterai Ni-MH : aplikasi pada produk-produk baterai mobil *hybrid*, baterai *rechargeable*.
3. Otokatalis : aplikasi sebagai aditif untuk bahan bakar *Diesel* yang berfungsi sebagai standar peningkatan emisi global.
4. *Fluid-cracking* katalis : aplikasi pada produksi minyak untuk meningkatkan kegunaan minyak mentah.
5. Fosfor : aplikasi pada industri televisi dan *screen*, contohnya adalah plasma TV, LCD TV, monitor. Hasil yang didapatkan adalah energi yang dikonsumsi cukup rendah (efisien) sedangkan warna nyala yang dihasilkan lebih terang.
6. *Polishing Powders* : aplikasi pada plasma TV, *display silicon wafer* dan *chip*.
7. *Glass additive* : aplikasi pada kaca optik, kamera digital, bahan untuk serat optik (*fiber optic*).

4.7.5 Mineral Logam Tanah Jarang sebagai Hasil Ikutan Pengolahan *Cassiterite*

Disamping karena cadangan mineral *cassiterite* yang semakin berkurang maka untuk mewujudkan *sustainable industry* adalah dengan cara mengolah mineral-mineral ikutan tersebut menjadi produk yang bisa bernilai lagi. Pembuatan oksida logam tanah jarang merupakan suatu

prospek yang sangat baik, karena tren penggunaan unsur ini yang positif sebagai material *alloy* dalam *advanced technology*. Karena kandungan mineral *monazite* yang dihasilkan lebih besar dari hasil pengolahan mineral *cassiterite*, maka proses benefisiasi mineral *monazite* pun perlu untuk dilakukan dengan estimasi mineral *monazite* yang dihasilkannya adalah 958,503 ton per bulan atau 11.502,036 ton per tahun, jumlah yang cukup besar dan sangat potensial apabila diproses lebih lanjut lagi.

Berikut ini disajikan data *stock* hasil pencucian *cassiterite* dari Pusat Pencucian Bijih Timah (PPBT) PT Timah, Tbk yang diambil pada akhir bulan Oktober 2008 dengan kandungan REO untuk *high grade* (65,71%) dan *lower grade* (62,10%)^[19].

Tabel 4.8 Data *Stock* Mineral Ikutan sampai 31 Oktober 2008^[19]

NO	MINERAL	STOCK AWAL	JUMLAH PRODUKSI	JUMLAH	DIKELUARKAN	STOCK AKHIR
1	Monazite HG					
	Jumlah (drum)	0	0	0	0	0
	Berat ore (ton)	408.820	0	408.820	0	408.820
	Kadar Min (%)	78.31	0	78.31	0	78.31
	Berat Min (ton)	320.163	0	320.163	0	320.163
	Monazite LG					
	Jumlah (drum)	(13Jb+117d)	0	(13Jb+117d)	0	(13Jb+117d)
	Berat ore (ton)	549.683	0	549.683	0	549.683
	Kadar Min (%)	35.09	0	35.09	0	35.09
	Berat Min (ton)	192.894	0	192.894	0	192.894
2	Xenotime					
	Jumlah (kpl)	345	0	345	0	345
	Berat ore (ton)	88.389	0	88.389	0	88.389
	Kadar Min (%)	65.04	0	65.04	0	65.04
	Berat Min (ton)	57.488	0	57.488	0	57.488

4.8 DESAIN SIRKUIT BENEFISIASI LOGAM TANAH JARANG YANG DIPILIH (MONAZITE)

Berdasarkan pertimbangan dan analisa yang ditentukan seperti kelengkapan data, kapasitas produksi, produk sampingan yang dihasilkan sehingga dapat menguntungkan pemerintah Indonesia, maka penentuan desain

sirkuit pengolahan logam tanah jarang adalah dengan mengadopsi desain sirkuit proses pengolahan logam tanah jarang yang dilakukan oleh Arafura Resources Company, Australia karena perusahaan tersebut juga mengolah mineral *monazite* sebagai mineral utama logam tanah jarang yang telah memiliki kelengkapan data dalam hal pemrosesannya selain juga karena kapasitas produksi REO yang cukup besar tentu saja (sekitar 10.000 TPY). Adapun penjelasan dari tiap prosesnya adalah sebagai berikut :

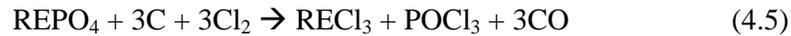
1. Umpan yang digunakan adalah mineral *monazite* hasil dari pengolahan mineral *cassiterite* yang telah dipisahkan menggunakan *magnetic separator*.
2. Mineral *monazite* ini dalam bentuk pasir yang sangat halus (sudah di-*milling* dengan menggunakan *ball mill*) dengan ukuran sekitar 100-200 mesh (150-75 *micron*).
3. Umpan tersebut ditransportasikan menggunakan *rail bond vehicles*, yang didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan antara lain ; rendah beban (karena tidak menggunakan truk-truk sebagai alat transportasinya), rendah *cost* (tidak ada biaya angkut), rendah polusi (emisi gas buangan dan debu dari truk), keamanan lebih terjamin, lebih fleksibel.
4. Umpan di tampung di tempat penyimpanan sementara (*surge bin*) untuk selanjutnya dimasukkan ke dalam tangki digesti (*digestion tank I*) yang didigesti dengan menggunakan asam klorida (HCl) yang akan menghasilkan dua jenis zat yakni *liquor* (selanjutnya akan dimasukkan ke dalam *neutralization tank*) untuk dilakukan penetralan asam (menghasilkan produk berupa 2nd REO *stream*) dan *non-liquor* (produk berupa 1st REO *stream*).
5. *Liquor* hasil dari *neutralization tank* akan masuk ke dalam tangki ekstraksi (menggunakan *pulsed columns* sebagai *collector*-nya) dengan metode *solvent extraction* yang akan diekstraksi untuk mendapatkan larutan-larutan yang cukup potensial untuk diklorinasi, larutan yang siap pakai ini dengan ditambahkan uap (*steam*) akan menghasilkan *liquid calcium chloride*, *liquid calcium chloride* tersebut dikeringkan (*dewatering*) untuk selanjutnya akan dihasilkan *calcium chloride flakes*

sebagai produknya. Sedangkan larutan yang dipersiapkan tadi dibiarkan mengendap akan menghasilkan *solid fertilizer* sebagai produknya. Selain kedua jenis zat tersebut, hasil dari ekstraksi dengan metode *solvent extraction* yang menggunakan *pulsed columns* sebagai *collector*-nya juga akan menghasilkan asam fosfor (hasil dari reaksi asam korida dengan *monazite*) sebagai produknya. Jadi dengan proses *solvent extraction* tadi akan dihasilkan tiga jenis zat yang sangat potensial menghasilkan nilai tambah bagi perusahaan.

6. Produk berupa 1st REO *steam* dan 2nd REO *steam* tadi selanjutnya didigesti kembali pada *digestion tank II* yang ditambahkan dengan asam sulfur (H_2S 98%) pada temperatur sekitar 200-230°C disamping dengan HCl tentunya (reaksi ini membutuhkan air, dengan produk sampingan berupa air dingin hasil dari fosfat yang bereaksi dengan garam-garam klorida). Setelah dilakukan proses tersebut akan terjadi klorinasi (pembentukan garam-garam logam tanah jarang *-rare earth chloride-*). Zat-zat lain yang tidak ikut bereaksi dengan penambahan asam sulfur (H_2S) dan HCl akan mengendap, selanjutnya di *tapping* untuk kemudian dipisahkan dan dimasukkan ke dalam tangki penyimpanan (*plant residue storage*).
7. *Rare earth chloride* yang dihasilkan selanjutnya direaksikan dengan asam sulfat, agar terjadi reaksi yakni *rare earth* akan terlarut bersama sulfat, sedangkan unsur-unsur yang mengandung radioaktif seperti *uranium* dan *thorium* akan mengendap dalam bentuk senyawa sulfat.
8. Zat-zat ini yakni yang mengandung *thorium* atau *uranium* dilakukan proses ekstraksi guna memisahkan antara *rare earth* dengan *uranium* atau *thorium* menggunakan ekstraksi dengan *ion exchange* yang sudah terlebih dahulu di *leaching* dengan menggunakan H_2SO_4 dan telah di *thickening* dengan menggunakan CCD (*Continous Counter Current Decantation*) yang siap masuk ke dalam kolom penukar ion dengan menggunakan ekstraktn berupa DEHPA [*di-(2-ethylhexylphosphoricacid)*] yang menggunakan *mixer settler* sebagai *collector*-nya. Maka akan menghasilkan oksida *uranium* atau *thorium*, sedangkan bagian yang tidak

bereaksi akan mengendap menjadi *waste* yang disimpan dalam tangki penyimpanan.

9. *Rare earth* yang dihasilkan dari pemisahan dengan unsur-unsur radioaktif yang sudah diklorinasi, dengan reaksi seperti di bawah ini:



Selanjutnya dimasukkan ke dalam tangki untuk dilakukan reaksi pemisahan (*solvent extraction*) untuk mendapatkan oksida-oksida logam tanah jarang (REO). Proses ini merupakan prinsip dari hidrometalurgi yang menggunakan sistem *solid-liquid* yang menggunakan *chelating agent* berupa DTPA (*diethylenetriaminepentaacetic acid*) atau HEDTA [*n*-(*hydroxyethyl*) *ethylenediaminetriacetic acid*]. Penggunaan DTPA atau HEDTA ini sangat sesuai untuk proses ekstraksi untuk mendapatkan konsentrat logam tanah jarang (REO) karena proses ini dapat menghasilkan konsentrat logam tanah jarang dengan tingkat kemurnian yang tinggi, karena DTPA atau HEDTA memiliki nilai solubilitas yang cukup baik yang dapat menjangkau reaksi dengan konsentrasi $2-2,5 \times 10^{-2}$ mol/L pada temperatur kamar (25°C).

Liquid-liquid extraction, dikenal juga sebagai *solvent extraction* atau *partitioning*, merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memisahkan suatu senyawa atau larutan yang berdasarkan atas nilai relatif kelarutan (*relative solubilities*) dalam dua jenis cairan berbeda yang tidak saling melarutkan (*immiscible liquids*), biasanya adalah air ataupun pelarut organik. Jenis ekstraksi ini melibatkan suatu fasa *liquid* antara satu dengan fasa *liquid* yang lain ^[20].

Dengan kata lain, pemisahan ini terjadi akibat adanya salah satu substrat yang bercampur dengan sebagian substrat yang lain, untuk kemudian salah satunya terlarut dalam suatu jenis pelarut yang cocok sedangkan substrat yang lain tidak larut (dikenal dengan *partially dissolution*), sehingga nantinya akan didapatkan perbedaan fasa antara yang larut dengan yang tak terlarut.

Ion exchange merupakan merupakan suatu proses pertukaran ion-ion antara dua elektrolit dengan suatu kompleks larutan atau antara satu larutan elektrolit dengan suatu kompleks larutan. Dalam banyak hal istilah tersebut

digunakan untuk menjelaskan proses-proses pemurnian, pemisahan dan pembebasan zat yang mengandung air (aqueous) atau ion-ion yang lain dengan suatu larutan yang didalamnya telah terdapat padatan polimer ataupun mineral yang berfungsi sebagai kolom penukar ion ^[21].

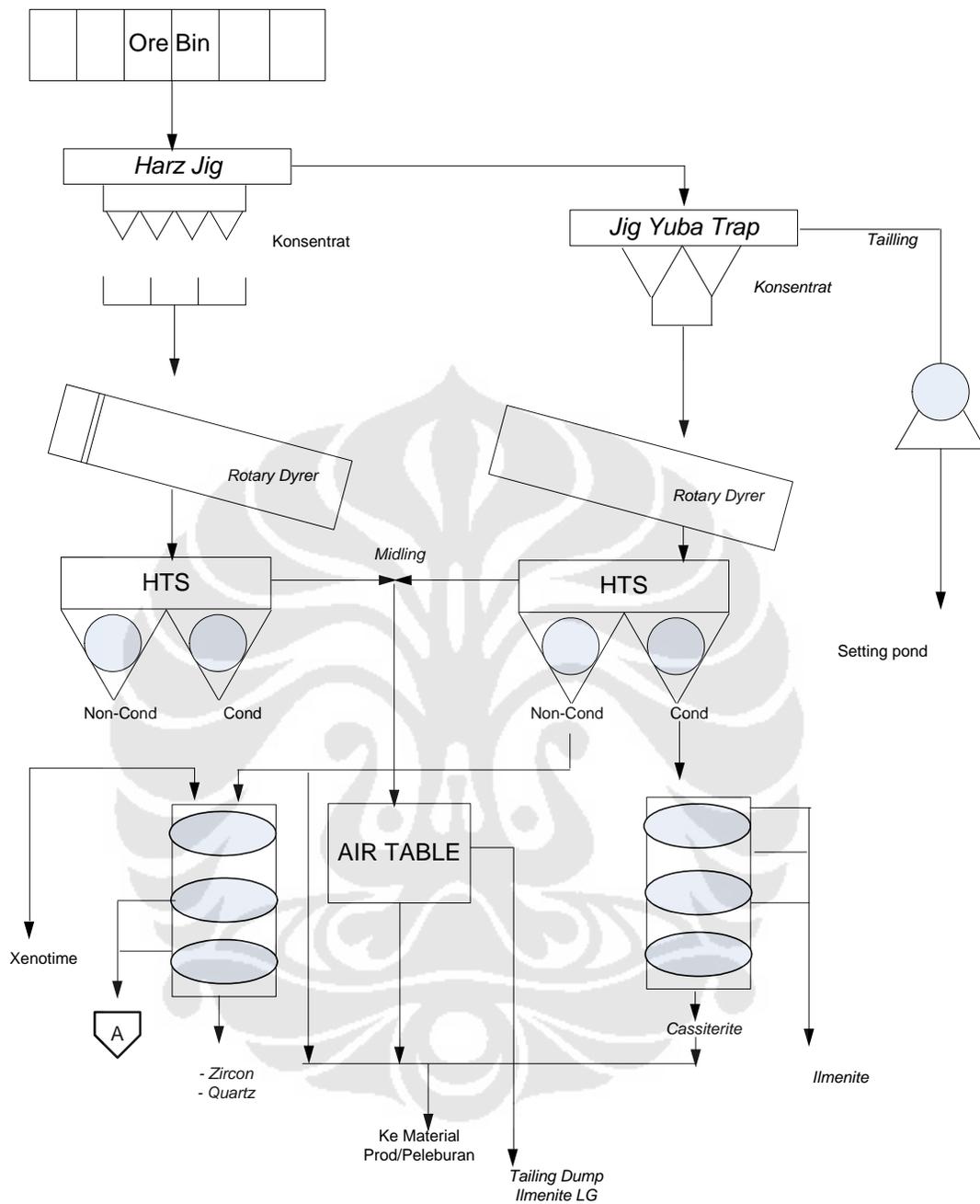
Jenis-jenis zat yang dapat berfungsi sebagai Penukar ion, diantaranya adalah resin, zeolit, *montmorillonite*, lempung, dan tanah humus ^[21].

Kolom penukar ion yang dapat menukar ion-ion yang bermuatan positif dikenal dengan nama *cation exchangers* sedangkan yang dapat menukar ion-ion yang bermuatan negative dikenal dengan nama *anion exchangers*, namun adapula jenis yang dapat menukar ion-ion keduanya, dikenal dengan nama *amphoteric exchangers*.

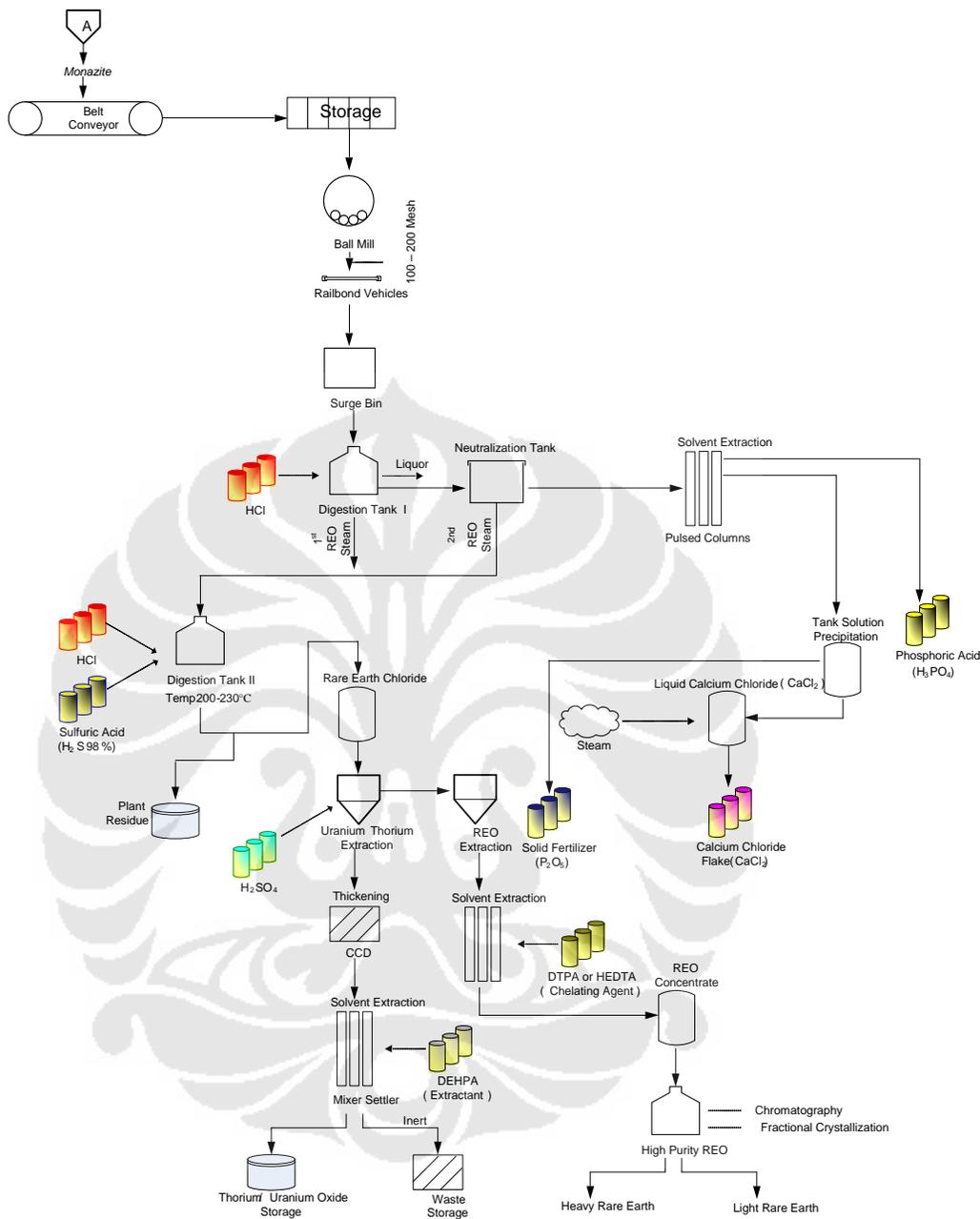
Kolom penukar ion hanya dapat bekerja berdasarkan jenis-jenis ion tertentu saja, artinya ada kecocokan antara ion-ion yang akan ditukarnya. Berikut ini merupakan jenis-jenis ion yang dapat ditukar oleh kolom penukar ion ^[21] :

- H^+ (proton) and OH^- (hidroksida)
- Ion bermuatan tunggal seperti , Na^+ , K^+ atau Cl^-
- Ion bermuatan ganda seperti Ca^{2+} atau Mg^{2+}
- Ion anorganik yang bermuatan banyak seperti SO_4^{2-} atau PO_4^{3-}
- Basa organik, biasanya molekul-molekul yang mengandung gugus fungsional amino ($-NR_2H^+$)
- Asam organik, biasanya molekul-molekul yang mengandung gugus fungsional asam karboksilat ($-COO^-$)
- Biomolekul yang dapat terionisasi, seperti asam amino, peptida, protein dan sebagainya.

Kromatografi merupakan suatu metode pemisahan antara unsur-unsur yang didasarkan pada perbedaan kecepatan migrasinya. Pada proses penukaran ion (*ion exchange*), biasanya terdapat dua fasa yaitu fasa yang diam (*stationer*) dan fasa yang bergerak (*mobile*) ^[22].



Gambar 4.13 Proses Pencucian Bijih & Pemisahan Bijih



Gambar 4.14 Rancangan Desain Sirkuit Benefisiensi *Monazite*