UNIVERSITAS GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Pemurnian Timah Aluvial Terintegrasi Recovery Rare Earth Element dan Thorium dengan Bahan Baku 2.000.000 Ton/Tahun
Difa Fairuz Zain, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.E., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Kebutuhan global terhadap logam timah murni, unsur tanah jarang (*rare earth elements*), dan bahan bakar nuklir alternatif seperti torium terus mengalami peningkatan seiring dengan berkembangnya industri semikonduktor, kendaraan listrik, dan teknologi energi bersih. Indonesia sebagai salah satu negara dengan cadangan timah terbesar di dunia memiliki potensi besar untuk mengolah bijih timah aluvial beserta mineral ikutannya (monasit dan xenotim) serta limbah terak timah (*tin slag*) menjadi produk bernilai ekonomi tinggi. Oleh karena itu, prarancangan pabrik terintegrasi pengolahan timah, logam tanah jarang, dan torium dilakukan untuk mengoptimalkan potensi sumber daya mineral tersebut dan mendukung hilirisasi industri di Indonesia.

Pabrik ini direncanakan dibangun di Kecamatan Mentok, Kabupaten Bangka Barat, Kepulauan Bangka Belitung, dan mempekerjakan 1.388 karyawan. Pabrik dirancang untuk memproduksi *Tin Ingot* 99,99% sebesar 28.000 ton/tahun, *Tin Ingot* 99,85% sebesar 7.000 ton/tahun, *REE Oxide Concentrate* sebesar 27.000 ton/tahun, dan *Thorium Oxide* sebesar 1.600 ton/tahun. Proses produksi dimulai dengan mengekstraksi bahan baku timah aluvial melalui penambangan laut (kapal keruk) dan darat (*borehole mining*), dilanjutkan dengan pengonsentrasian menggunakan sistem pemisahan gravitasi, magnetik, dan elektrostatik untuk memisahkan kasiterit, monasit, dan xenotim. Kasiterit dilebur di dalam *reverberatory furnace* pada suhu 1300–1400°C menjadi timah kasar, yang kemudian dimurnikan melalui tahap *eutectic-refining*, *pyro-refining*, dan *electro-refining* hingga mencapai kemurnian 99,99%. Sementara itu, mineral ikutan dan tin slag diproses melalui tahapan *roasting*, *quenching*, pelindian (*leaching*) menggunakan asam sulfat, presipitasi, dan ekstraksi cair-cair untuk memisahkan unsur tanah jarang dan torium. Proses diakhiri dengan kalsinasi pada suhu 900°C untuk menghasilkan produk berupa *REE oxide concentrate* dan *thorium oxide*.

Proses produksi dilakukan secara kontinyu selama 24 jam dan 330 hari per tahun. Kebutuhan utilitas air dipenuhi oleh unit pengolahan air laut (*Seawater Reverse Osmosis* dan *Brackish Water Reverse Osmosis*) untuk menyuplai *make-up water* proses dan pendingin, serta kebutuhan listrik sebesar 20.592,7 kW yang menunjang operasional unit pengonsentrasian, smelter, pengolahan terak, hingga sintesis produk akhir.

Pembangunan pabrik ini membutuhkan *fixed capital investment* sebesar Rp13.974.240.058.581,50 dan *working capital* sebesar Rp4.169.048.179.255,71. Evaluasi ekonomi menunjukkan bahwa pabrik ini menguntungkan dari segi finansial dan layak untuk didirikan, dengan nilai *Break Even Point* (BEP) sebesar 43.,88%, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 10,25%, *Pay Out Time* (POT) *after tax* sebesar 3,02 tahun, dan *Return on Investment*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Pemurnian Timah Aluvial Terintegrasi Recovery Rare Earth Element dan Thorium
dengan Bahan Baku 2.000.000 Ton/Tahun**
Difa Fairuz Zain, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.E., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

(ROI) *after tax* sebesar 33,25% (serta ROI *before tax* sebesar 66,51%). *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) yang diperoleh adalah sebesar 26,06%, menunjukkan bahwa proyek ini secara ekonomi sangat menarik karena berada di atas nilai ambang batas minimum pengembalian modal (MARR) sebesar 12-18%.

Kata Kunci: *Rare Earth Element*, *Thorium*, Timah Aluvial, *Tin Ingot*, *Tin Slag*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Pemurnian Timah Aluvial Terintegrasi Recovery Rare Earth Element dan Thorium
dengan Bahan Baku 2.000.000 Ton/Tahun**
Difa Fairuz Zain, Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.E., D.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

The global demand for pure tin metal, rare earth elements, and alternative nuclear fuels such as thorium continues to increase along with the rapid development of the semiconductor industry, electric vehicles, and clean energy technologies. Indonesia, as one of the countries with the largest tin reserves in the world, has a significant potential to process alluvial tin ore and its associated minerals (monazite and xenotime) as well as tin slag into high-economic-value products. Therefore, the preliminary design of an integrated plant for processing tin, rare earth metals, and thorium is conducted to optimize the potential of these mineral resources and support downstream industries in Indonesia.

The plant is planned to be established in Mentok District, West Bangka Regency, Bangka Belitung Islands, and will employ 1,388 people. The plant is designed to produce 28,000 tons/year of 99.99% Tin Ingot, 7,000 tons/year of 99.85% Tin Ingot, 27,000 tons/year of REE Oxide Concentrate, and 1,600 tons/year of Thorium Oxide. The production process begins with extracting alluvial tin raw materials through offshore and borehole mining, followed by concentration using gravity, magnetic, and electrostatic separation systems to separate cassiterite, monazite, and xenotime. Cassiterite is smelted in a reverberatory furnace at 1300–1400°C into crude tin, which is then purified through eutectic-refining, pyro-refining, and electro-refining stages to reach a purity of 99.99%. Meanwhile, the associated minerals and tin slag are processed through roasting, quenching, leaching using sulfuric acid, precipitation, and liquid-liquid extraction to selectively separate rare earth elements and thorium. The process is concluded with calcination at 900°C to produce REE oxide concentrate and thorium oxide.

The production process runs continuously for 24 hours and 330 days per year. Utility requirements are met by a seawater reverse osmosis (SWRO and BWRO) unit to supply process water, alongside a power distribution system that provides the plant's total electrical requirement of 20,592.7 kW for all processing units, smelting, and supporting facilities.

The construction of this plant requires a fixed capital investment of Rp13,974,240,058,581.50 and a working capital of Rp4.169.048.179.255,71. Economic evaluation shows that this plant is financially profitable and feasible to build, with a Break Even Point (BEP) of 43,88%, Shut Down Point (SDP) of 10,25%, Pay Out Time (POT) after tax of 3,02 years, and Return on Investment (ROI) after tax of 33,25% (ROI before tax is 66,51%). The Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) obtained is 26,06%, indicating that this project is economically highly attractive as it exceeds the minimum acceptable rate of return (MARR).

Keywords: *Rare Earth Element, Thorium, Tin Alluvial, Tin Ingot, Tin Slag*