

## PENINGKATAN NILAI TAMBAH SUMBER DAYA MINERAL DI INDONESIA, PELUANG DAN TANTANGAN

Eddy A. Basuki<sup>1)</sup>, Syoni Supriyanto<sup>1)</sup>, Sunara Purwadaria<sup>1)</sup> Rudianto Ekawan<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Metalurgi, FTTM, ITB

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, FTTM, ITB

### ABSTRAK

*Meskipun pemakaian logam di beberapa negara berkembang, termasuk Indonesia, masih relatif rendah, namun potensi untuk peningkatan kebutuhan logam diperkirakan sangat tinggi karena umumnya pengembangan negara memerlukan logam dalam jumlah banyak. Hal ini akan menyebabkan industri pertambangan berlomba meningkatkan produktivitasnya. Memang benar bahwa sector pertambangan dapat memberikan kontribusi terhadap GDP, ekspor dan pendapatan untuk negara. Akan tetapi yang lebih penting adalah memastikan keberhasilan industri pertambangan dalam menghantarkan manfaat yang berkelanjutan bagi masyarakat dan negara yang berimplikasi terhadap kemakmuran. Umumnya perhatian lebih ditujukan pada pentingnya peran pemerintah dalam memanfaatkan dan mengelola industri pertambangan sebagai sarana untuk pembangunan yang lebih luas. Untuk itu konsep dan road map nilai tambah diperlukan dengan melibatkan paling tidak Departemen ESDM dan Departemen Industri. Agar dapat menghasilkan nilai yang setinggi mungkin terhadap pemanfaatan sumber daya mineral, terutama bijih kadar rendah, diperlukan teknologi yang tepat dan efisien. Oleh sebab itu, Industri yang melakukan kajian dan penelitian tentang nilai tambah harus diberikan insentif.*

### ABSTRACT

*Even though the current low levels of metals use in some developing countries, including Indonesia, can be easily identified, the potential for continued strong growth in metals demand is predicted very high, as the major country development require metals in large amount. This will induce the mining industries to increase their productivity. It is indeed believe that mining sector can make a substantial contribuion to GDP, export and government revenues for the country. However, success in ensuring that mining industry brings sustainable benefits to communities and countries is much more important because of its implications for the welfare of the communities and countries. The concern is focused on the importance of governance role in determining how well the country utilizes its mining industries as a vehicle for broader development. Therefore, comprehensive value added road map and concept are required involving at least both Department of ESDM and Department of Industry. In addition, general policy on mineral conservation and effective utilization of these resources is essential. In order to recover as high as possible the values from mineral resources utilization, especially low grade ores, an appropriate and efficient technology is required. Consequently, Incentives should be given to any industry that involves the study and research on mineral resources value added.*

### 1. PENDAHULUAN

Beberapa komoditi logam yang menonjol dalam memberikan kontribusi kegiatan penambangan dan metalurgi di Indonesia terhadap pendapatan negara dan pendorong bagi kegiatan di sektor lain, diantaranya tembaga, nikel, emas dan timah. Namun demikian, dengan semakin meningkatnya kebutuhan dunia akan bahan baku untuk produk bahan jadi, beberapa mineral logam yang sebelumnya kurang mendapat perhatian, sekarang menjadi cukup penting, seperti misalnya timbal dan seng sulfat. Selain itu, mineral dan logam jarana, mineral industri juga menunjukkan peningkatan kebutuhan yang signifikan. Hal ini tidak lepas dari peran sumber daya mineral sebagai sumber bahan material untuk kebutuhan hidup manusia yang dari hari ke hari cenderung meningkat terutama di beberapa negara seperti Cina, India dan negara-negara lain di Asia Tenggara dan Amerika Tengah dan Selatan.



Kebutuhan dasar manusia dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok besar, yaitu: material, spiritual dan energi. Khusus mengenai kebutuhan akan material, bahan ini dapat diperoleh dari alam dari dua sumber utama, yaitu dari sumber yang ditanam dan dari sumber yang ditambang. Bila material dari sumber yang ditanam, seperti kayu dan karet, merupakan *renewable material*, maka bahan hasil tambang, seperti logam dan mineral, yang dalam pemakaiannya hampir selalu memerlukan pengolahan, berkecenderungan untuk berubah kembali ke bentuk alamiahnya namun sulit untuk ditambang kembali, sehingga material seperti ini dikatakan *non renewable material*. Oleh sebab itu, mengingat pemakaian bahan yang bersumber dari bahan tambang sangat besar dan selalu berkecenderungan terus meningkat, seperti misalnya baja, besi cor, paduan-paduan nikel, timah, aluminium dan tembaga yang diperlukan untuk mendukung berbagai keperluan pembangunan infrastruktur, transportasi, komunikasi bahkan untuk keperluan rumah tangga, maka pemanfaatan bahan ini harus mempertimbangkan aspek efisiensi, konservasi dan keberlanjutan.

Pada dasarnya bahan tambang dapat dikelompokkan menjadi lima yaitu:

1. Bahan tambang berupa bijih, yang umumnya sebagai sumber material logam, seperti besi (Fe), nikel (Ni), aluminium (Al), tembaga (Cu), timah (Sn) dan Titanium (Ti), logam refraktori (Mo, Ta, Nb, V) dan logam tanah jarang (Zr, Y, Ce, Ta).
2. Mineral Industri dan Bahan Galian Konstruksi, yang umumnya sebagai sumber utama bahan kimia, farmasi, elektronik, penjernih, fertilizer, keramik, semen dan beton.
3. Batubara, yang umumnya sebagai sumber energi dan sumber untuk material polimer.
4. Minyak dan gas, yang umumnya sebagai sumber energi dan sumber untuk material polimer.
5. Geothermal, yang umumnya sebagai sumber energi.

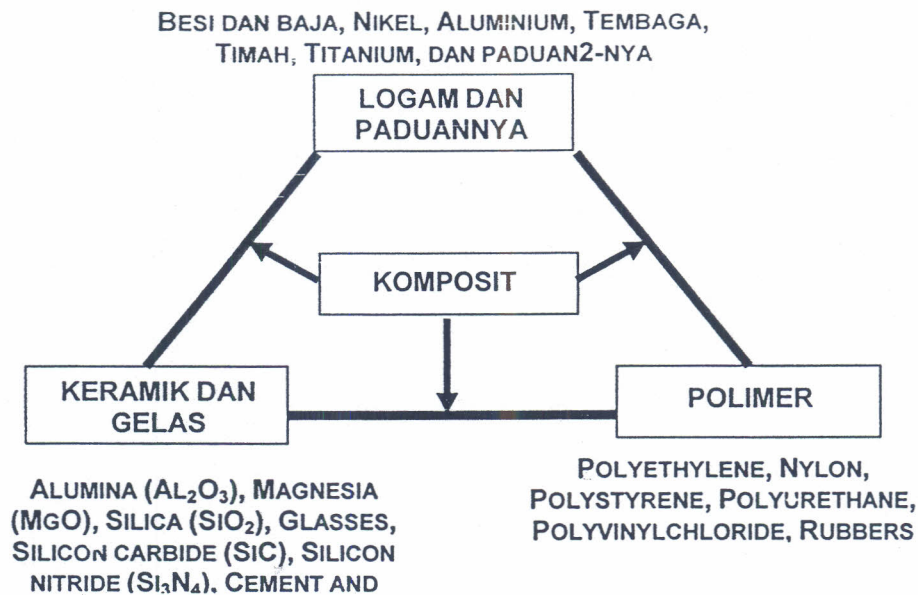
Sumber bahan tambang tersebut hampir kesemuanya dapat ditemukan di Indonesia, dalam berbagai kategori, baik terduga, tereka, terukur dan tertambang. Dalam makalah ini diskusi/penelaahan hanya dibatasi pada komoditi tambang utama, yaitu nikel, aluminium, besi, timah, tembaga dan beberapa mineral industri.

## 2. PENINGKATAN NILAI TAMBAH HASIL TAMBANG

Karena umumnya bahan tambang belum cukup siap untuk dimanfaatkan dalam pemakaian sehari-hari maka bahan tambang tersebut perlu diolah lebih lanjut menjadi material teknik (*engineering materials*) yang merupakan produk setengah jadi dan merupakan bahan dasar bagi produksi barang jadi. Tiga kelompok material teknik yang bahan dasarnya diolah dari hasil tambang adalah: (1) logam dan paduannya, (2) keramik dan gelas, dan (3) polimer, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Karena tiga kelompok material teknik ini memiliki karakteristik yang khas, seperti logam yang kuat dan kokoh, keramik yang keras dan getas serta polimer yang lunak dan ulet, maka kombinasi dua atau lebih dari ketiga komponen material teknik ini membentuk kelompok material komposit. Dengan demikian jelas bahwa untuk dapat menjadi barang jadi, bahan tambang memerlukan rantai proses yang cukup panjang dengan masing-masing tahap proses merupakan proses peningkatan nilai tambah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Pengertian nilai tambah yang umum dikenal di kalangan yang menggunakan parameter ekonomi sebagai acuan adalah perbedaan antara nilai output dan nilai input atau peningkatan harga material yang dihasilkan dari proses pengolahan mineral dan logam persatuan berat logam/mineral. Sementara itu, kalau pengertian nilai tambah juga dikaitkan dengan kepentingan lain yang lebih luas, seperti bukan saja peningkatan GDP tetapi juga peningkatan lapangan kerja baru, *multiplier effect* sektor lain, penguasaan IPTEK,

kemudahan dan kecepatan proses, serta peningkatan ketahanan nasional, maka setiap manfaat ekonomi, sosial dan peradaban yang dihasilkan dari kegiatan produksi (pengolahan mineral dan logam lebih lanjut) dikategorikan sebagai peningkatan nilai tambah.

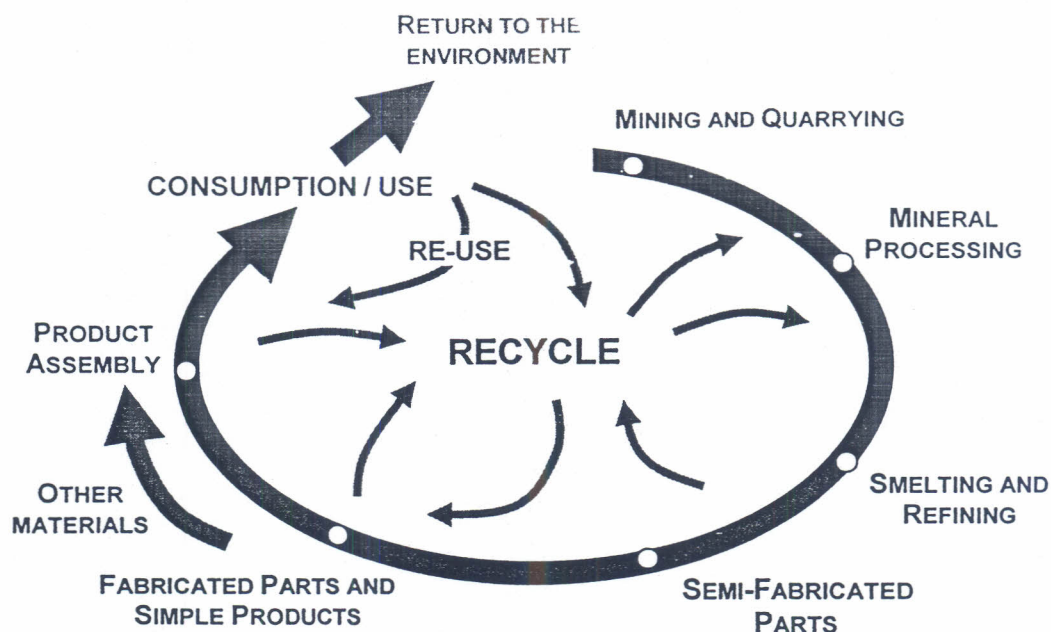


**Gambar 1. Kelompok material teknik yang diperoleh dari bahan tambang dan digunakan sebagai material dasar untuk produksi barang jadi**

Isu peningkatan nilai tambah hasil tambang telah lama bergaung meskipun hanya dikalangan terbatas. Kesadaran bahan tambang perlu diolah terlebih dahulu, agar terjadi peningkatan nilai tambah yang setinggi-tingginya di dalam negeri, dan tidak diekspor begitu saja seolah "menjual tanah air", sebenarnya telah lama disadari. Namun demikian kesadaran pentingnya peningkatan nilai tambah hasil tambang ini semakin menguat akhir-akhir ini. Membidik peluang ini agar terjadi peningkatan pendapatan daerah maupun pusat, peningkatan kesempatan kerja, dorongan terhadap terciptanya peluang usaha di sektor lain, penguasaan ilmu dan teknologi, mengurangi ketergantungan luar negeri dalam penyediaan bahan baku untuk industri hilir, yang bahan dasarnya tersedia sebagai bahan tambang di Indonesia, dirasakan sangat mendesak. Beberapa kalangan telah dengan tegas mengatakan untuk secepatnya melarang ekspor bahan tambang secara langsung ke luar negeri, karena ujung-ujung hanya akan memberikan manfaat yang besar di pihak pengimpor karena mendapat kesempatan melakukan usaha peningkatan nilai tambah di negaranya, sementara Indonesia hanya mendapatkan penghasilan dari penjualan bahan tambang saja. Namun demikian, usaha peningkatan nilai tambah hasil tambang di Indonesia tampaknya belum sepenuhnya dapat berjalan dengan baik karena beberapa kendala, diantaranya yang penting:

1. Belum terbangunnya kesadaran akan manfaat dan pentingnya usaha peningkatan nilai tambah bahan tambang di dalam negeri di semua pemangku kepentingan.
2. Belum ada kajian yang komprehensif mengenai rantai kebutuhan dan penyediaan bahan untuk produksi barang jadi di Indonesia.
3. Belum ada kajian mengenai peluang yang dapat dilakukan bagi bahan tambang di Indonesia untuk ditingkatkan nilai tambahnya.





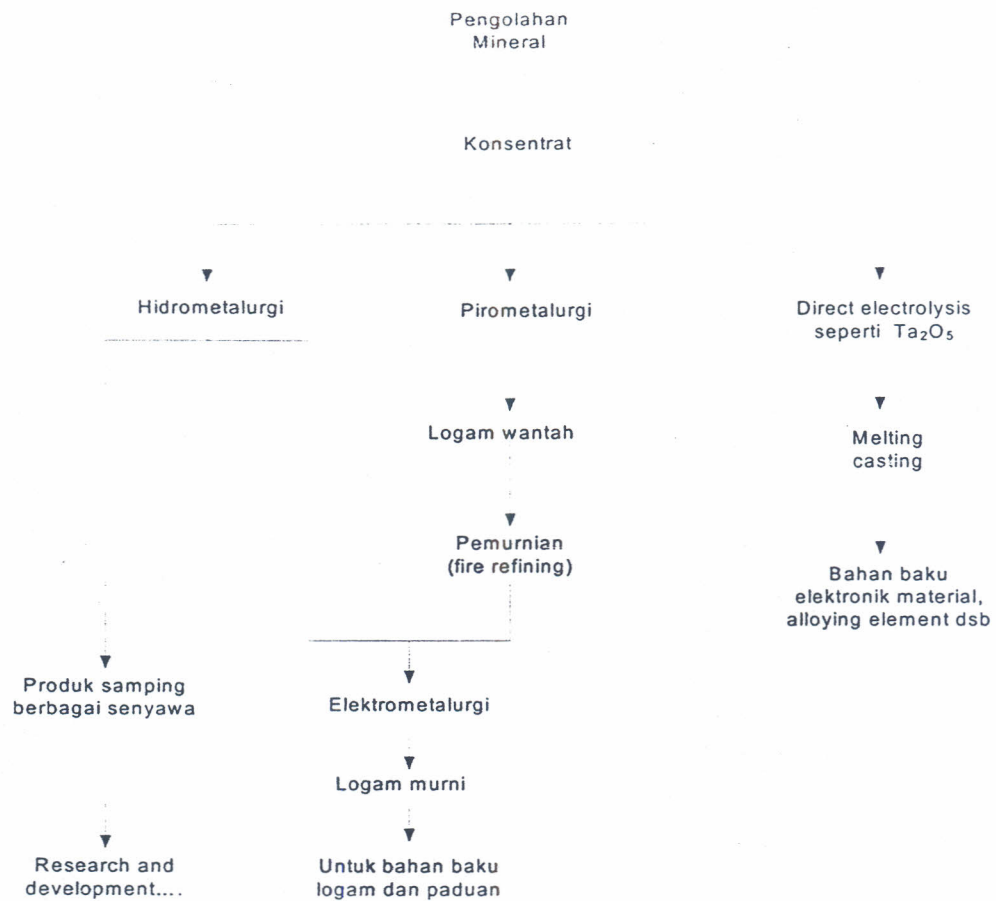
Gambar 2. *Life cycle* dari proses dan produksi berbasis mineral dan logam

### 3. RANTAI PRODUKSI DAN KEMUNGKINAN PENINGKATAN NILAI TAMBAH HASIL TAMBANG INDONESIA

Upaya peningkatan nilai tambah produk tambang adalah upaya untuk memproses lebih lanjut dari produk-produk industri pertambangan di Indonesia, untuk menghasilkan produk antara atau diversifikasi produk-produk yang sudah ada, sehingga meningkatkan pendapatan devisa bagi negara. Dalam konteks *issue* industri pertambangan terkait dengan masalah menjual tanah-air belum ada sentuhan kemampuan teknologi bangsa ini, padahal banyak potensi variatif kandungan unsur/mineral lain didalamnya. Selama ini banyak kandungan unsur-unsur berharga atau produk-produk *derivative* lainnya yang dinikmati negara pengimport *raw-material* kita, meskipun memang skala ekonominya harus menjadi pertimbangan.

Proses *added-value* ini tidak terlepas dari alur proses pengolahan dan ekstraksi bahan galian bijih yang telah cukup lama dikenal dalam kegiatan industri metalurgi. Secara skematis jalur utama proses pengolahan bahan galian bijih ditunjukkan dalam Gambar 3, dimana pada pandangan konvensional semua jalur proses diarahkan menjadi hasil akhir logam murni atau paduannya. Masing-masing tahap pemrosesan tersebut memiliki tingkat pertambahan kualitas dari produk yang dihasilkan. Meskipun hanya pengolahan mineral seperti pencucian dan pengayakan (*screening*) pada mineral aluvial, bisa dimungkinkan terjadi peningkatan nilai tambahnya karena pengurangan kandungan clay-nya dan mineral berharga terkonsentrasi pada fraksi ukuran tertentu. Peran sampling dan analisisnya sangat menentukan dalam merancang langkah-langkah pengolahan yang tepat. Proses ekstraksi lebih lanjut yang melibatkan proses kimia dan/atau suhu tinggi pada umumnya memerlukan investasi yang tinggi sehingga perlu dipertimbangkan keekonomiannya apabila skala produksinya tidak cukup tinggi.





**Gambar 3. Jalur Utama Proses Pengolahan Bahan Galian**

Penurunan kualitas/kadar cadangan bijih, seperti bijih laterit, membuka peluang proses-proses metalurgi yang telah lama kurang berperan, yaitu hidrometalurgi untuk mencari inovasi proses agar cadangannya masih dapat dimanfaatkan dan menghasilkan devisa. Cadangan bijih jenis laterit, seperti besi laterit yang jumlahnya amat besar, sangat diharapkan peran *upgrading* mineral ini hingga siap masuk proses hidrometalurgi. Tahap pemurniannya akan memakai proses pirometalurgi, yang memerlukan suhu tinggi secara operasional, dan kontrol lebih rumit. Untuk beberapa produk *intermediate* proses hidrometalurgi, alur proses yang harus dilalui tidak harus keseluruhan proses utama namun pada tahap produk yang diinginkan terbentuk seperti endapan hidroksida atau oxy-chloride, diambil untuk dikalsinasi di suhu tinggi menghasilkan serbuk oksida murni. Kontrol saat pengendapan tadi harus lebih ketat apabila diinginkan ukuran partikel endapan lebih halus lagi, bahkan bisa menghasilkan serbuk berukuran nano. Dalam sub-bab berikut akan ditelaah mengenai kondisi peningkatan nilai tambah yang ada pada masing-masing komoditi hasil tambang mineral di Indonesia.

### 3.1. Nikel

Bijih nikel secara garis besar dikelompokkan menjadi dua, yaitu bijih nikel oksida dan bijih nikel sulfida. Awalnya, bijih nikel oksida merupakan sumber utama produksi nikel akhir abad 19 yang mengolah deposit laterit kadar tinggi di New Caledonia, Pasifik Selatan.

Saat itu sudah ada peleburan bijih sulfida skala kecil di Norwegia. Kemudian dengan penemuan dan pengembangan deposit nikel sulfida di Ontario, Kanada, fokus ekstraksi nikel bergeser dari bahan baku bijih nikel oksida ke bijih nikel sulfida. Beberapa puluh tahun kemudian, dengan semakin meningkatnya permintaan nikel dan semakin fahamnya orang mengenai seluk beluk nikel, orang mulai melakukan evaluasi ulang mengenai formasi geologi di berbagai belahan dunia, dimana kemudian dijumpai bijih nikel laterit dalam jumlah yang banyak di dekat permukaan terutama di daerah tropis. Sejumlah deposit nikel laterit selanjutnya dimasukkan ke dalam kategori bijih, sementara yang lain menyusul kemudian. Dengan demikian terjadi beberapa pemikiran baru mengenai ekstraksi bijih nikel oksida pada saat itu. Beberapa metoda baru ekstraksi nikel telah dikembangkan dalam skala industri, sementara teknologi lama mengalami perbaikan.

Perlu dicatat disini bahwa umumnya oksida-oksida logam berharga, terutama kobalt dan khromium berada di dalam bijih laterit tersebut sebagai mineral yang terpisah. Pada umumnya proses ekstraksi nikel dilakukan untuk mengambil nikel, baik sebagai logam maupun paduan, seperti ferronickel, tanpa pengambilan logam-logam berharga lainnya. Namun demikian, prosedur untuk pengambilan logam-logam lain di dalam bijih laterit secara menguntungkan telah diteliti di beberapa lembaga penelitian.

Proses metalurgi bijih nikel oksida umumnya relatif lebih sulit dibanding dengan untuk bijih sulfida. Untuk bijih sulfida, metoda benefisasi seperti flotasi dan magnetic separation telah terbukti efektif. Dengan benefisasi ini memungkinkan diperolehnya mineral berharga dengan kandungan tinggi dan memisahkan sebanyak mungkin mineral pengganggu. Dengan metoda benefisasi standar sulit untuk melakukan benefisasi bijih oksida, terutama karena nikelnya secara kimiawi terdiseminasi. Akan tetapi dengan penyaringan (*screening*) dapat dilakukan pemisahan ukuran, yaitu untuk mengeluarkan bijih berukuran besar yang relatif belum lapuk yang mengandung nikel relatif rendah, dan mengambil material yang relatif halus yang mengandung nikel relatif tinggi. Oleh sebab itu, dibandingkan dengan proses metalurgi untuk bijih nikel sulfida yang memungkinkan diolahnya material dalam jumlah relatif sedikit dan kandungan nikel relatif tinggi setelah mengalami proses benefisasi, maka pengolahan metalurgi untuk bijih nikel oksida yang mengharuskan pengolahan bijih dalam jumlah yang besar dengan kandungan nikel relatif kecil tentu saja secara ekonomis relatif lebih mahal. Dengan pemilihan pengolahan berkapasitas tinggi akan menurunkan ongkos produksi dan membuat proses metalurgi bijih nikel oksida menjadi ekonomis.

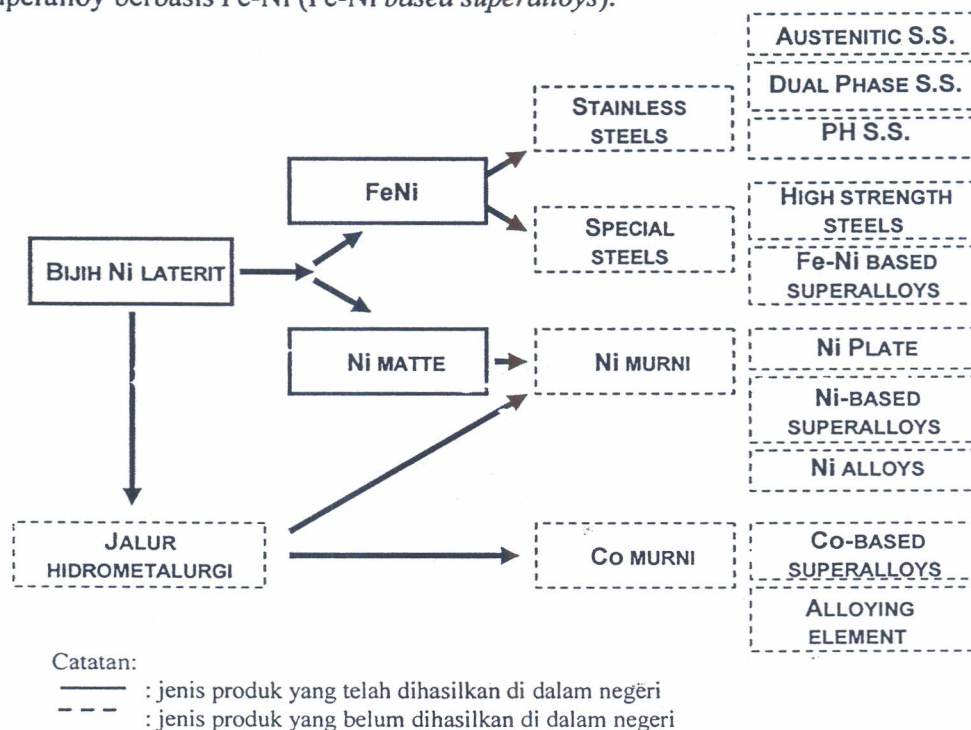
Menyadari bahwa desiminasi kimiawi nikel di dalam bijih nikel oksida menghalangi orang dapat melakukan pemisahan secara fisik atau konsentrasi, menyebabkan munculnya beberapa metoda ekstraksi nikel untuk bijih nikel oksida. Secara garis besar metoda ini dibagi menjadi dua, pirometalurgi dan hidrometalurgi.

Teknik pirometalurgi yang komersial pada prinsipnya melibatkan peleburan reduksi atau peleburan pengkayaan (pembentukan nikel sulfida) untuk mendapatkan pemisahan fasa nickel matte dari fasa yang merupakan kumpulan mineral atau logam pengganggu, atau melibatkan peleburan dan reduksi menjadi ferro-nickel yang terpisah dari kumpulan pengotor (*slag*). Karena umumnya bijih laterit nikel dalam kondisi basah secara alamiah, bisa mencapai 40% air, dan unsur-unsur logam yang diekstraksi maupun slagnya memiliki titik leleh yang tinggi, maka ekstraksi bijih nikel oksida secara pirometalurgi seperti ini memerlukan energi yang besar. Dengan kenyataan seperti itu, ekstraksi secara langsung dengan cara pelarutan (hidrometalurgi) akan memberikan keuntungan, selain konsumsi energi yang rendah juga memungkinkan diterapkannya untuk bijih dengan kadar nikel yang lebih rendah dibanding dengan bijih untuk proses pirometalurgi. Akan tetapi proses pelarutan bijih nikel oksida tidaklah sederhana, karena memerlukan pengkondisian tertentu terhadap bijihnya



serta proses pelarutannya. Biasanya diperlukan reduksi terlebih dahulu terhadap bijih nikel oksidanya menjadi logam, baru kemudian dilarutkan dengan larutan amoniak. Atau bisa juga dilakukan pelarutan nikel dan kobalt secara langsung dengan asam sulfat pada tekanan dan temperatur yang tinggi (tidak setinggi temperatur untuk proses peleburan tentu saja). Saat ini di beberapa lembaga penelitian sedang berlangsung penelitian untuk mendapatkan nikel dan logam ikutannya dari bijih laterit kadar rendah menggunakan jalur hidrometalurgi pada kondisi tekanan atmosfer. Implementasi hasil penelitian seperti ini dalam skala industri nantinya akan memberikan alternatif pemanfaatan bijih nikel kadar rendah.

Gambar 3 menunjukkan rantai produksi nikel di Indonesia dan kemungkinan peningkatan nilai tambahnya. Terlihat bahwa dari bijih nikel laterit di Indonesia telah dapat diolah menjadi dua jenis produk yaitu ferro-nickel oleh PT. Aneka Tambang dan nickel matte oleh PT. Inco menempuh jalur pirometalurgi, sementara produksi nikel menggunakan jalur hidrometalurgi belum diterapkan di Indonesia. Sebagian besar produk ferro-nickel merupakan bahan baku utama untuk pembuatan baja tahan karat (*stainless steels*) dan sebagian kecil digunakan untuk salah satu bahan baku pembuatan baja kualitas tinggi (*high strength steels*) dan superalloy berbasis Fe-Ni (*Fe-Ni based superalloys*).



Gambar 4. Rantai produksi nikel dan kemungkinan peningkatan nilai tambahnya

### 3.2. Aluminium

Meskipun aluminium merupakan logam yang paling banyak di kerak bumi, namun karena keberadaannya terikat sebagai senyawa aluminium silikat dalam berbagai lempung menyebabkan ekstraksi aluminium dari sumber ini menjadi sulit dan tidak ekonomis. Akan tetapi, di beberapa lokasi terdapat endapan aluminium dalam bentuk oksida terhidrasi yang memungkinkan dilakukannya ekstraksi aluminium secara ekonomis. Bijih bauksit ini mengandung mineral gipsit  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , boehmit  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  dan diaspor  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$



dengan pengotor terutama oksida besi  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{TiO}_2$ . Untuk mendapatkan logam aluminium, bijih bauksit memerlukan beberapa tahap preparasi dan ekstraksi. Dalam preparasi, bijih bauksit dicuci dan disaring untuk menghilangkan sebanyak mungkin terutama lempung dan kwarsa serta pengotor lain yang berukuran kecil. Produk dari preparasi ini, *washed bauxite*, dapat diproses lebih lanjut menggunakan proses Bayer untuk menghasilkan secara garis besar dua jenis alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), yaitu *chemical grade* dan *smelting grade*. Bila *smelting grade* alumina merupakan bahan baku produksi logam aluminium, maka *chemical grade* alumina lebih diarahkan sebagai bahan baku untuk industri kimia dan keramik.

Prinsip dari proses Bayer adalah melarutkan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dengan larutan  $\text{NaOH}$  pada temperatur dan tekanan tinggi ( $150^\circ\text{C}$ , 6 atm). Larutan kemudian di filtrasi dan diendapkan untuk menghasilkan  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  murni. Selanjutnya dengan pemanasan di dalam *rotary kiln* pada temperatur tinggi ( $1100^\circ\text{C}$ ) dapat dihilangkan air kristalnya dan diperoleh serbuk putih  $\text{Al}_2\text{O}_3$  murni. Temperatur kalsinasi yang tinggi ini diperlukan untuk memungkinkan diperolehnya  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan bukan  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang relatif masih dapat mengabsorb *moisture*.

Untuk mendapatkan logam Al harus dilakukan melalui elektrolisa garam leleh yang mengandung  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , karena Al merupakan logam yang sangat reaktif dan oksidanya sangat stabil sehingga reduksi dengan karbon atau gas CO hanya bisa dilakukan pada temperatur yang sangat tinggi (diatas  $2000^\circ\text{C}$ ) sehingga sulit dilakukan. Oleh sebab itu dengan kriolit ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) dapat melarutkan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang larutannya kemudian dapat dielektrolisis untuk menghasilkan logam murni aluminium. Meskipun  $\text{Al}_2\text{O}_3$  titik lelehnya sangat tinggi ( $2020^\circ\text{C}$ ), tetapi dengan beberapa penambahan seperti kalsium florida elektrolisisnya dapat dilakukan pada temperatur  $900^\circ\text{C}$ .

Gambar 4 menunjukkan secara garis besar rantai pengolahan atau peningkatan nilai tambah bijih bauksit untuk mendapatkan dua jenis produk yaitu aluminium ingot dan serbuk alumina. Dalam diagram tersebut juga ditunjukkan kondisi eksisting yang terjadi di Indonesia dimana bijih bauksit yang terdapat di ekspor ke luar negeri dan sama sekali belum dihasilkan alumina. Sementara *smelting grade* alumina diimpor dari luar negeri sebagai bahan baku pembuatan aluminium murni bagi pabrik peleburan aluminium di Asahan. Dalam waktu dekat di Indonesia akan dibangun pabrik pengolahan bauksit untuk menghasilkan alumina. Produk dari alumina *plant* ini bisa berupa *chemical grade* untuk memenuhi segmen pasar di industri kimia dan keramik, maupun *smelting grade* yang dapat memenuhi kebutuhan pabrik peleburan aluminium yang telah ada di dalam negeri. Apabila rencana ini terwujud, maka rantai proses peningkatan nilai tambah bijih bauksit dinilai telah lengkap, unggal peningkatan nilai tambah yang dapat dilakukan di bagian hilir untuk memanfaatkan produk alumina dan aluminium murni untuk berbagai keperluan.

### 3.3. Besi

Jaman perunggu berakhir kira-kira tahun 1200 sebelum Masehi setelah dimulainya pemakaian logam besi dalam peradaban manusia yang kemudian dicatat sebagai jaman besi (*iron age*). Penemuan logam ini yang pada awalnya berlangsung secara tidak sengaja mampu membawa peningkatan taraf kehidupan manusia dikarenakan logam besi ini sanggup menyediakan kelebihan sifat yang tidak dimiliki oleh logam lain sebelumnya seperti perunggu, emas atau perak yaitu terutama karena lebih keras dan lebih kuat.

Besi dibuat dari bahan baku berupa bijih besi yang terdapat di alam dalam bentuk mineral, umumnya seperti hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), limonit ( $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). Dengan prinsip reduksi, yaitu mereaksikan dengan reduktor seperti karbon (C) yang dapat diperoleh dari batubara atau arang kayu, baik dalam bentuk padat maupun cair pada



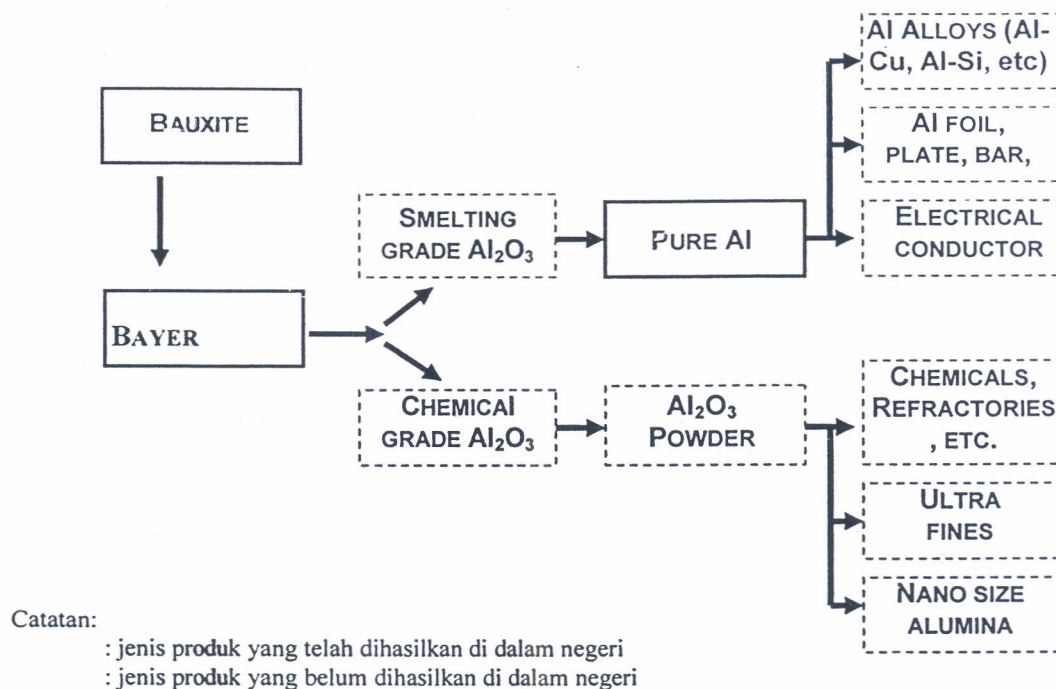
temperatur yang tinggi, akan diperoleh logam besi (Fe). Dalam sejarah, teknologi pembuatan besi yang kemudian berkembang dengan semakin meningkatnya kemampuan tanur peleburan untuk melebur logam pada temperatur yang semakin tinggi karena ditemukannya kokas batubara, memberi manfaat dengan ditemukannya baja. Karena logam ini dikenal sangat tangguh, kuat, keras, tidak mudah patah serta mudah dibentuk, membuat logam ini dengan cepat mengisi peradaban manusia secara luas. Selain untuk peralatan tempur dan persenjataan, pada jaman kekaisaran Roma telah dicatat pemakaian besi dan baja untuk transport air dalam jarak ratusan mil, penguat jembatan di sekeliling istana, dan sistem pembuangan limbah untuk publik. Selain itu, di berbagai belahan dunia, baja juga telah dimanfaatkan untuk penguat bangunan serta komponen alat transportasi seperti kereta kuda.

Peningkatan kebutuhan yang sangat pesat akan baja pada 500 tahun sebelum Masehi di daratan Eropa, Afrika Utara dan hampir seluruh wilayah Asia, mendorong berkembangnya teknik penambangan bijih besi. Meskipun pada saat itu pencarian sumber daya mineral besi relatif mudah mengingat ketersediaannya dalam jumlah yang cukup besar dalam lokasi yang mudah dijangkau, namun demikian tuntutan akan produktifitas, kemudahan penagambilan serta faktor keamanan menuntut pengembangan metoda penambangan bijih besi secara sistematis. Besar kemungkinan pengaruh aktifitas penambangan terhadap lingkungan belum mendapat perhatian yang cukup serius, meskipun telah dicatat pemakaian pompa untuk menghindari terjadinya banjir akibat aktifitas penambangan tersebut. Namun demikian umumnya dipercayai bahwa mulai saat itulah metoda penambangan yang menjadi dasar metoda penambangan modern dimulai seperti misalnya perencanaan tambang berdasarkan perkiraan penyebaran bijih, penerapan sistem jenjang serta penirisan air tambang.

Selama beberapa abad memasuki tahun Masehi pemikiran baru dan inovasi teknologi tumbuh secara cepat meskipun sejarah sempat pula mencatat terjadinya kemunduran pemikiran (*dark ages*). Inovasi teknologi yang sangat dirasakan memberi manfaat langsung dalam kehidupan manusia pada kira-kira tahun 1750 menghasilkan revolusi industri. Terlepas dari kritikan bahwa revolusi industri ini melahirkan sistem perekonomian kapitalistik, persaingan antara beberapa perusahaan atau pemilik pabrik menumbuhkan kreasi baru dibidang ilmu pengetahuan, rekayasa dan teknologi.

Memasuki abad 19 dan 20 penemuan di bidang mesin, otomotif, pelayaran, kereta api, peralatan komunikasi telepon, pesawat terbang, dan penambahan pembangunan infrastruktur jalan raya, jalan kereta api, serta kecenderungan pendirian bangunan bertingkat tinggi (*high raise building*) di beberapa kota besar membutuhkan pasokan baja dalam jumlah besar. Peningkatan produksi di beberapa industri pertambangan bijih besi dimungkinkan dengan ditunjangnya fasilitas peralatan berat, untuk pemboran, ekskavasi dan pengangkutan.

Pembangunan nasional di berbagai bidang seperti infrastruktur dan industri seperti pertambangan dan migas, manufaktur, dan transportasi membutuhkan baja dalam jumlah yang besar. Sebagai contoh baja sangat diperlukan untuk pembangunan jembatan, jalan layang, pelabuhan, gedung, pipa transmisi minyak dan gas serta alat transportasi seperti kendaraan bermotor, kereta api dan kapal serta peralatan penambangan dan pengolahan mineral. Industri baja nasional seperti PT. Krakatau Steel sebagai ujung tombak produksi baja telah memulai produksinya sejak tahun 1970. Dengan produksi saat ini sebanyak 2,2 juta ton pertahun, ke depan produksi baja diperkirakan meningkat sejalan dengan peningkatan permintaan, kebutuhan dalam negeri maupun ekspor. Namun demikian, hingga kini bahan baku bijih besi untuk industri baja ini masih diimport dalam bentuk pelet dari beberapa negara seperti Brazil, Peru, Swedia dan Cina, sehingga ketergantungan industri baja nasional akan bijih besi dari luar negeri sangat tinggi.



**Gambar 5. Rantai produksi aluminium dan kemungkinan peningkatan nilai tambahnya**

Gambar 5 menunjukkan rantai produksi atau proses peningkatan nilai tambah sumber daya mineral besi hingga bentuk yang dapat dimanfaatkan untuk barang jadi. Dari tiga jenis sumber logam besi di Indonesia, yaitu bijih besi primer yang jumlahnya hanya relatif sedikit, kemudian bijih besi laterit dan pasir besi yang berjumlah cukup banyak, belum satupun dapat diolah secara komersial menjadi besi, baik dalam bentuk *pig iron*, *sponge iron* maupun *reduced iron*. Usaha kearah pembuatan besi ini dalam skala kecil sudah dicoba di beberapa tempat termasuk di PT. KS yang dimaksudkan untuk umpan EAF dalam menghasilkan baja dan beberapa industri kecil yang mencoba membuat *pig iron* sebagai bahan baku besi cor di industri pengecoran logam.

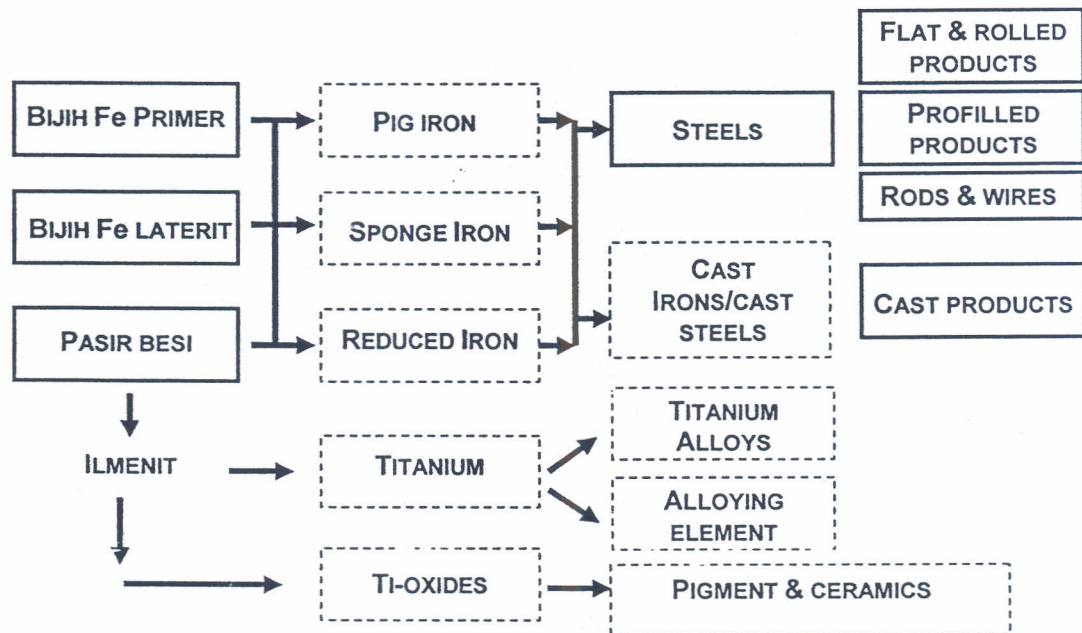
### 3.4. Timah

Logam timah berada di alam umumnya sebagai oksida. Sumber utamanya adalah mineral kasiterit ( $SnO_2$ ) yang di Indonesia umumnya lebih banyak ditemukan sebagai endapan aluvial hasil dari pelapukan, erosi, dan transportasi dalam kurun waktu yang sangat lama, bersama dengan mineral pengotor seperti kwarsa dan mineral ikutan seperti ilmenit, monazit, rutil dan zirkon. Oleh sebab itu, untuk mendapatkan logam timahnya, terhadap bijih timah perlu dilakukan beberapa tahapan proses dengan dua tahapan utama yaitu pengolahan bijih dan peleburan pemurnian.

Pengolahan bijih dilakukan melalui beberapa tahapan dengan prinsip utama pemisahan mineral kasiterit dari mineral pengotornya, terutama silika, berdasarkan perbedaan berat jenis dan pemisahan mineral berharga ikutan seperti zirkon, xenotim dan ilmenit, menggunakan prinsip pemisahan tegangan tinggi dan magnetik. Konsentrai kering dengan kadar kurang lebih 70% Sn kemudian dikirim ke pabrik peleburan/*smelting* untuk mendapatkan logam timahnya. Meskipun titik leleh timah relatif rendah ( $232^{\circ}C$ )



peleburannya harus dilakukan pada temperatur tinggi kira-kira 1300°C untuk memungkinkan *slag* dalam keadaan cair. Untuk mendapatkan lelehan Sn-reduktor yang digunakan umumnya adalah karbon atau antrasit dan untuk menurunkan titik leleh *slag* perlu ditambahkan batu kapur. Dalam *smelting* ini sebagian pengotor, misalnya Fe ikut tereduksi dan berikatan dengan Sn dan terbawa bersama lelehan Sn (kadar kira-kira 99,8%). Oleh sebab itu untuk mendapatkan Sn murni, maka lelehan Sn ini perlu dilakukan tahapan pemurnian dengan cara mendinginkan lelehan Sn hingga 250°C yang memungkinkan terjadinya pemisahan cairan Sn kemurnian tinggi (99,9% Sn) dengan senyawa pengotor (Fe-Sn) yang berupa padatan (*dross*). Karena *slag* peleburan pertama dan *dross* masih mengandung Sn relatif tinggi, maka terhadap kedua bahan ini perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut untuk mendapatkan Sn-nya kembali.



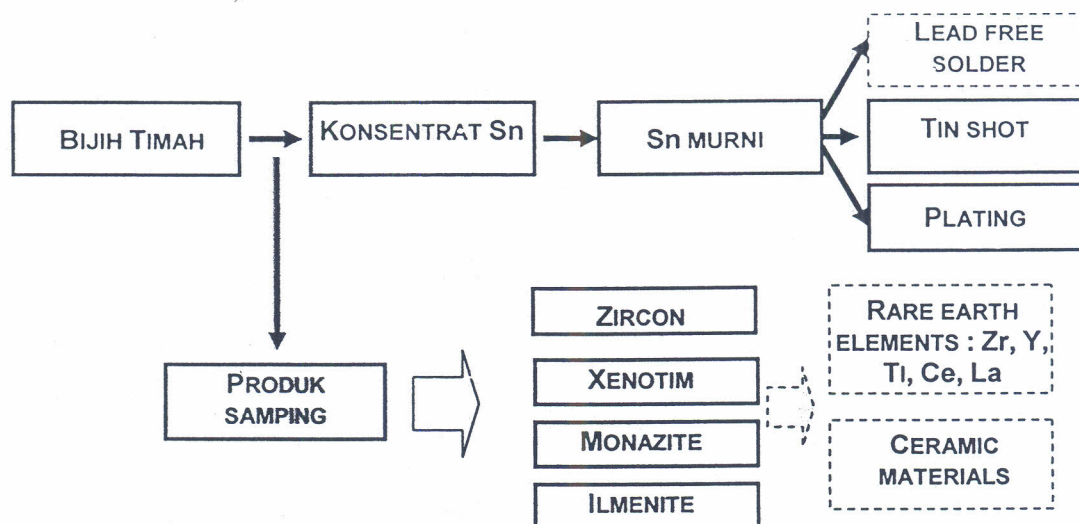
Catatan:

- : jenis produk yang telah dihasilkan di dalam negeri
- - - : jenis produk yang belum dihasilkan di dalam negeri

**Gambar 6. Rantai produksi besi dan kemungkinan peningkatan nilai tambahnya**

Di Indonesia produksi timah sudah dapat menghasilkan timah dengan kemurnian tinggi, khususnya tidak mengandung timbal dalam berbagai bentuk, yang dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan, diantaranya untuk pelapisan plat baja (*tin plate*) dan sebagian besar diekspor, terutama untuk solder dan paduan timah seperti perunggu dan babbitt. Peningkatan nilai tambah timah dapat dikatakan telah mencapai ujung akhir, namun demikian perlu diingat peningkatan pemanfaatan logam timah misalnya untuk paduan, pelapisan paduan, bahan katalis yang baru, terus dilakukan melalui penelitian-penelitian agar produksi timah dalam negeri dapat terus terjaga dan harga timah meningkat. Produk samping berupa beberapa mineral dari logam jarang belum diolah dan masih dapat ditingkatkan lebih lanjut menjadi produk akhir berupa bahan keramik mutu tinggi dan logam jarang. Misalnya zircon telah dapat ditingkatkan menjadi zircon opacifier sebagai bahan glasir keramik ubin dan

masih bisa ditingkatkan lebih lanjut menjadi zirconia sebagai bahan utama material maju (*advanced materials*).



Catatan:

- : jenis produk yang telah dihasilkan di dalam negeri
- - - : jenis produk yang belum dihasilkan di dalam negeri

Gambar 7. Rantai produksi timah dan kemungkinan peningkatan nilai tambahnya

### 3.5. Tembaga

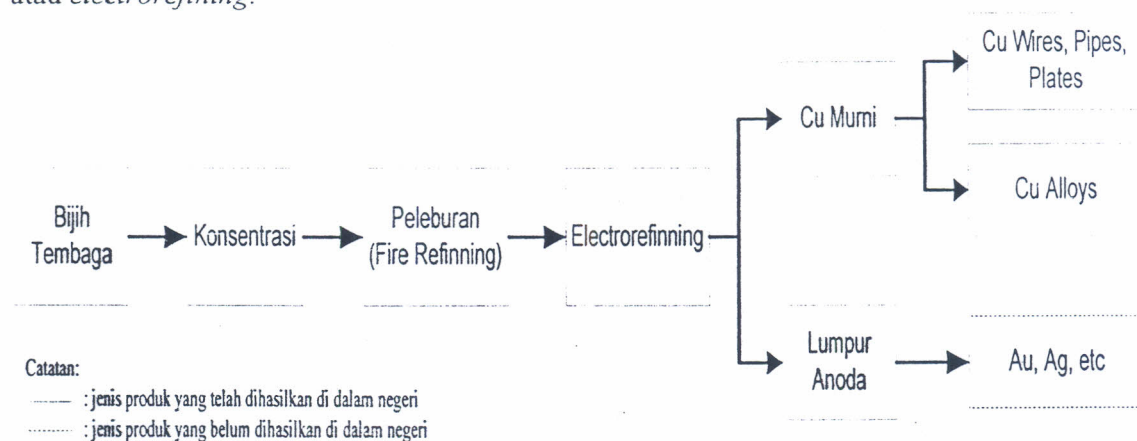
Sejak kurang lebih 3000 tahun sebelum Masehi manusia telah mengenal perunggu dalam peradabannya menggantikan peran batu pada saat itu, yang dikenal sebagai perubahan dari jaman batu (*stone age*) menjadi jaman perunggu (*bronze age*). Meskipun jaman perunggu berakhir dengan digantikannya dengan mulainya jaman besi, tembaga kembali menjadi andalan untuk memulai era komunikasi mengingat sifat konduktivitas dan kekuatan dari tembaga yang sangat baik.

Tembaga di kerak bumi umumnya dalam mineral-mineral tembaga-besi-sulfida dan tembaga sulfida, seperti kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ), bornit ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), kalkosit ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), dan kovelit ( $\text{CuS}$ ). Kandungan tembaga di dalam bijih tembaga umumnya kurang dari 2%. Untuk mendapatkan tembaga murni bijih tersebut akan mengalami proses konsentrasi, *smelting* dan *refining*. Selain dalam mineral sulfida, dalam jumlah kecil tembaga juga ditemukan berada dalam mineral-mineral jenis karbonat, oksida, hidroksisilikat dan sulfat. Proses untuk mendapatkan tembaga dari mineral-mineral ini dapat dilakukan dengan menggunakan prinsip hidrometalurgi. Namun demikian, jalur hidrometalurgi juga diterapkan untuk mendapatkan tembaga dari kalkosit setelah melalui pemanggangan oksidasi

Sekitar 80% bijih tembaga dunia, tembaganya dalam mineral jenis Cu-Fe-S. Karena mineral jenis ini tidak mudah larut dalam larutan aqueous, maka untuk mengekstraksi tembaganya dilakukan dengan proses pirometalurgi. Namun demikian sebelum tahap peleburan, bijih perlu dikonsentrasi untuk mendapatkan konsentrat yang kaya akan mineral tembaga menggunakan flotasi. Proses liberasi perlu dilakukan terhadap bijih ini sebelum flotasi untuk memisahkan secara fisik antara mineral berharga dengan mineral pengotornya. Dengan prinsip flotasi mineral tembaga sulfida akan mengapung dan terkumpul karena menempel pada gelembung udara. Selanjutnya konsentrat tembaga diproses secara smelting



untuk menghasilkan lelehan Cu-Fe dan kemudian dikonvertir untuk memisahkan Fe dari lelehan dan yang dibutuhkan oleh industri kabel menghasilkan lelehan tembaga wantah. Untuk mendapatkan tembaga dengan kemurnian tinggi dapat dilakukan dengan *fire refining* atau *electrorefining*.



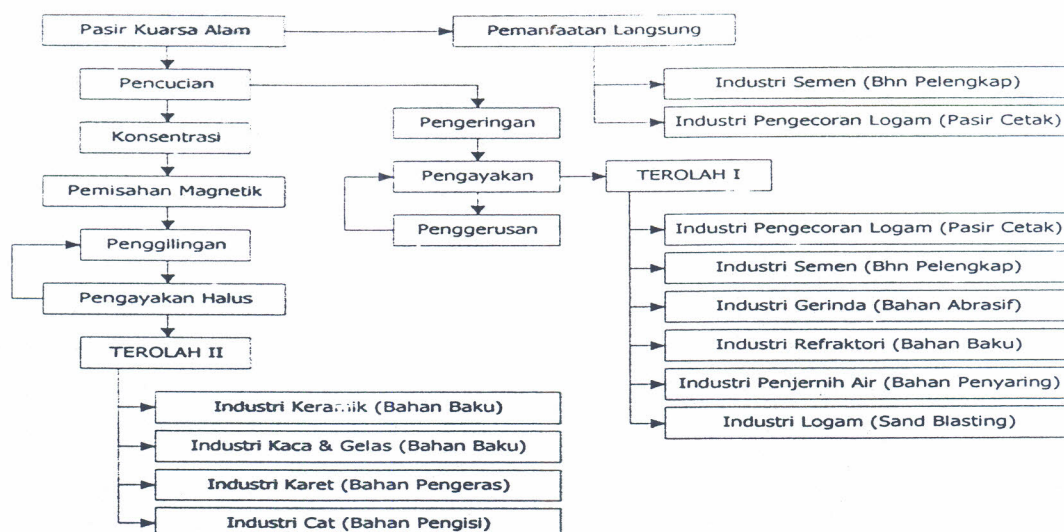
**Gambar 8. Rantai produksi tembaga dan kemungkinan peningkatan nilai tambahnya**

Sebagian konsentrat tembaga yang dihasilkan di Indonesia oleh PT. Freeport dan PT. Newmont Nusa Tenggara telah dapat diolah di dalam negeri menjadi logam tembaga murni melalui proses peleburan yang dilanjutkan dengan elektrefining. Produk samping berupa lumpur anoda yang mengandung logam-logam mulia, dihasilkan selama elektrorefining pada PT. Smelting, di Gresik. Saat ini tembaga murni berupa copper cathodes tersebut setelah digunakan sebagai bahan baku untuk keperluan industri hilir, terutama sebagai bahan baku kawat, kabel listrik, pipa dan tube serta paduan-paduan tembaga, tetapi pengolahan lumpur anoda terpaksa masih dilakukan diluar negeri.

### 3.6. Logam Jarang dan Mineral Industri

Perkembangan teknologi yang mendukung kemajuan berbagai industri aplikasi material, seperti: elektronika, telekomunikasi, transportasi, ruang angkasa, bio-medika teknologi, militer, dan lain-lain, membuka cakrawala baru pemanfaatan material yang memerlukan bahan baku khusus. Beberapa produk yang telah dikenal dibutuhkan antara lain, paduan-paduan baru, mineral industri, oksida logam tanah jarang (*rare-earth oxides*), magnetik mineral, *powder/shot-metal*, hingga nanopartikel.

Mineral industri adalah mineral-mineral yang dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai bahan baku industri, walaupun untuk memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan perlu ditingkatkan kualitasnya melalui pengolahan mineral secara sederhana. Mineral yang termasuk dalam mineral industri antara lain: kuarsa, bentonit, batu kapur, belerang, zeolit, pospat, dan felspar. Berbagai industri banyak memerlukan sebagai bahan bakunya seperti, industri-industri farmasi, keramik, semen, kertas, kimia dasar, bahan bangunan, refraktori, dan lain-lain. Peningkatan kualitas/*grade* mineral industri sangat penting karena akan meningkatkan nilai ekonominya melalui nilai tambah varietas produk-produk yang dapat dihasilkan. Sebagai contoh tahapan proses peningkatan *added-value* pada pasir kuarsa dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 9. Peningkatan nilai tambah mineral industri: contoh pasir kuarsa

Dalam alur proses *added-value* pasir kuarsa, tergantung tingkat pengolahannya, hingga terolah I atau II yang makin tinggi nilai ekonominya. Demikian juga pada mineral industri yang lain, beberapa jenis produk yang dihasilkan memiliki harga pasar yang lebih tinggi, seperti *burnt lime*, *low-Fe feldspar*, filter bentonit, dan lain-lain. Permasalahan penyebaran lokasi cadangan dengan kuantitas rendah dan bervariasi kualitas mineral industri di Indonesia, memerlukan strategi yang kompetitif dalam pengelolaan dan pengolahannya. Pernah diusulkan melalui sistem *Custom-plant* dengan kapasitas tertentu dapat menampung pengolahan mineral industri dalam wilayah tertentu. Masih menjadi pertanyaan siapa yang mendanai, industri hulu atau hilirnya? jadi memang *issuenya* bahwa kebutuhan industri hilir harus *match* dengan industri hulu.

#### 4. PELUANG DAN TANTANGAN

Menyadari tingginya ketergantungan manusia akan material logam dan mineral industri, meskipun usaha daur ulang telah dilakukan hampir maksimal, serta kenyataan bahwa untuk dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari material ini harus melalui rantai proses yang bisa sangat panjang, maka sudah selayaknya pemanfaatan bahan tambang memerlukan konsep yang berwawasan konservasi. Dari uraian dimuka terlihat bahwa sebagian dari bahan tambang telah dapat ditingkatkan nilai tambahnya di dalam negeri, seperti misalnya timah, nikel dan tembaga dan masih terbuka peluang usaha peningkatan nilai tambah yang dapat dilakukan seperti misalnya:

- Nickel-matte yang telah dihasilkan di dalam negeri masih dapat diolah lebih lanjut menjadi nikel murni, sedangkan ferro-nickel dapat ditingkatkan nilai tambahnya di industri hilir untuk menghasilkan beberapa jenis baja tahan karat dan berbagai *grade* baja kualitas tinggi.
- Bijih bauksit yang selama ini diekspor untuk diolah menjadi alumina di luar negeri, sementara peleburan aluminium di dalam negeri terpaksa harus mengimpor alumina dari luar negeri, dapat ditingkatkan nilai tambahnya menjadi produk akhir berupa *chemical grade* alumina sebagai bahan baku untuk industri kimia dan keramik atau produk antara berupa *smelting grade* alumina untuk bahan baku produksi logam aluminium.



- c. Selain sebagai pelapis, pemanfaatan timah untuk industri hilir di Indonesia masih dapat ditingkatkan, terutama sebagai bahan solder elektronik yang bebas timbal dan bahan imbuhan berbagai paduan logam serta katalis. Sementara itu, mineral berharga sebagai ikutan dalam bijih timah, seperti zircon, xenotim, monazite dan ilmenite sebagai komoditi bahan baku keramik maju (*advance ceramic*) atau diekstraksi menjadi beberapa logam jarang yang memiliki nilai ekonomi sangat tinggi, seperti Zr, Y, Ce, Ta dan La sebagai bahan baku industri elektronik.
- d. Peluang yang lebar bagi peningkatan nilai tambah bijih besi, terutama untuk memenuhi kebutuhan bahan baku industri baja nasional dan industri pengecoran dalam negeri, masih terkendala dua hal utama, yaitu kondisi endapan yang relatif kecil di berbagai tempat (*spotting*) dan kebijakan daerah yang belum kondusif.
- e. Kecenderungan pergeseran pemanfaatan bijih dari kadar tinggi ke rendah memerlukan kajian yang menyeluruh mulai dari inventarisasi hingga teknologi ekstraksinya.

Disadari bahwa upaya pemanfaatan komoditi tambang Indonesia saat ini dinilai belum optimal dimana masih ada beberapa produk tambang yang diekspor dalam bentuk bijih atau konsentrat. Sehubungan dengan upaya peningkatan nilai tambah produk tambang dan dalam upaya melakukan optimalisasi pendapatan sektor pertambangan, terdapat wacana Pemerintah akan menerapkan kebijakan pelarangan ekspor bijih dan konsentrat untuk semua produk tambang dan konsentrat hasil pertambangan mineral tersebut wajib dimurnikan dan diolah menjadi logam didalam negeri. Pemerintah akan mewajibkan smelter yang digunakan oleh perusahaan tambang adalah yang berlokasi di Indonesia.

Didalam RUU Minerbapabum pasal 40 dinyatakan "Pemegang IUP wajib meningkatkan nilai tambah seoptimal mungkin dalam pelaksanaan penambangan, pengolahan/pemurnian, dan pemanfaatan mineral dan batubara". Dengan adanya kebijakan ini diharapkan akan terjadi proses peningkatan nilai tambah dan produk jadi yang lebih besar daripada ekspor produk mentan. Diharapkan pula akan mendorong investasi baru di bidang pengolahan dan pemurnian konsentrat. Dan perusahaan tambang yang ingin berinvestasi dapat langsung membangun industri yang terintegrasi, mulai dari hulu, penambangan mineral, hingga hilir, yaitu pengolahan menjadi logam dan pemanfaatan menjadi produk akhir. Selain itu kebijakan ini diharapkan dapat meningkatkan, ketersediaan bahan baku industri, penyerapan tenaga kerja dan peningkatan penerimaan negara

Pada Mei 2007, PERHAPI, telah mengadakan Seminar "Peningkatan Nilai Tambah Industri Pertambangan: Kewajiban, Peluang dan Tantangan". Butir-butir pokok yang dihasilkan dari Seminar tersebut diantaranya adalah:

- a. Peserta seminar umumnya memahami dan mendukung kebijakan pemerintah dalam mendorong industri pertambangan Indonesia agar lebih meningkatkan nilai tambah seoptimal mungkin di pelaksanaan penambangan, pengolahan/permurnian.
- b. Dalam konteks implementasi kebijakan peningkatan nilai tambah, perlu adanya kejelasan sejauh mana proses peningkatan nilai tambah diartikan, dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti: (a). jenis komoditi, (b). skala ekonomi perusahaan, (c). masa transisi implementasi dan (d) keberadaan keterkaitan industri hulu-hilir di dalam negeri.
- c. Pemerintah kiranya perlu mengkaji dan memahami kendala yang dihadapi industri pertambangan saat ini dalam proses peningkatan nilai tambah komoditi tambang.

- d. Agar nuasa kebijakan peningkatan nilai tambah seyogyanya bernuansa 'insentif'. Perusahaan tambang yang telah dan sedang dalam proses upaya meningkatkan nilai tambah produk tambangnya diberikan insentif/kemudahan dan diupayakan kebijakan nilai tambah tidak menjadi beban tambahan bagi industri pertambangan.
- e. Dalam proses peningkatan nilai tambah komoditi tambang secara makro, terdapat lima hal yang harus diperhatikan secara seimbang, yaitu *trade development*, *human resources*, *environmental challenges*, *innovation*, *science and technology* dan *comparative economy/business climate*.

## KESIMPULAN

Dari uraian dimuka, maka dapat ditarik kesimpulan diantaranya yang penting adalah sbb:

- a. Perlu *road map* mengenai kebutuhan dan potensi-ketersediaan material untuk industri hilir di Indonesia, tidak saja logam tetapi juga mineral industri.
- b. Diperlukan kerjasama yang erat antar Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral dan Departemen Perindustrian untuk menjembatani *supply* dan *demand* di industri hulu dan di industri hilir.
- c. Pemberian insentif bagi industri yang mendukung dan melaulan kajian dan riset peningkatan nilai tambah.
- d. Mengharuskan perusahaan tambang untuk mengolah hasil tambang hingga produk akhir belum tentu realistis. Peningkatan nilai tambah hasil tambang bijih minimal adalah konsentrasi.
- e. Pemberian insentif bagi perusahaan tambang yang memproduksi hingga produk akhir (*smelting*) dan yang melakukan kajian dan riset mengenai peningkatan nilai tambah.

## DAFTAR PUSTAKA

- ..... From Mineral Resources to Manufactured Products, Toward a value-added Mineral and Metal Strategy for Canada, Government of Canada, 1998.
- Marangin Simatupang dan Soetaryo Sigit (editor), Pengantar Pertambangan Indonesia, Asosiasi Pertambangan Indonesia, 1992.
- Eddy Agus Basuki, Peningkatan Nilai Tambah Hasil Tambang Indonesia, Seminar Perhapi Peningkatan Nilai Tambah Industri Pertambangan: Kewajiban, Peluang dan Tantangan. Jakarta, Mei, 2007.
- S. Soepriyanto (Keynotes), Advanced Ceramics: Penelitian dan Prospek Pengembangannya, Seminar Lustrum VII - ITB, Aula Timur, April 1994.
- S. Soepriyanto (Keynotes), Peningkatan Nilai Tambah dan Daya Saing Bahan Galian Industri Indonesia sebagai Prasyarat Pemenuhan Permintaan Pasar untuk Membantu Ekonomi Rakyat Dalam Kondisi Krisis, Kolokium Pengolahan Bahan Galian untuk Bahan Baku Industri di Indonesia, Puslitbang Teknologi Mineral - DJPU, Bandung, 16 Maret 1999.
- S. Soepriyanto (Keynotes), Indonesian Industrial Minerals: Potential Resources and Problems for Industry Utilization, Proceedings of Higher Education Development Support - JICA, Seminar on Science & Technology 1999, Batam 23-25 February 2000.
- S. Soepriyanto, AA Korda, T Hidayat, Development of Zircon Base Industrial Product From Zircon-Sand Concentrate of Bangka Tin Processing, Proceedings of 3<sup>rd</sup> International Workshop on Earth Science and Technology. Fukuoka, Dec 2005.