

ASPEK TEKNOLOGI DAN EKONOMI PEMBANGUNAN PABRIK PENGOLAHAN BIJIH BESI MENJADI PRODUK BAJA DI INDONESIA

Zulfiadi Zulhan

Teknik Metalurgi – Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Institut Teknologi Bandung
E-mail : zulfiadi.zulhan@gmail.com

Masuk tanggal : 01-04-2013, revisi tanggal : 02-07-2013, diterima untuk diterbitkan tanggal : 17-07-2013

Intisari

ASPEK TEKNOLOGI DAN EKONOMI PEMBANGUNAN PABRIK PENGOLAHAN BIJIH BESI MENJADI PRODUK BAJA DI INDONESIA. Pabrik baja yang beroperasi di Indonesia pada umumnya masih bergantung pada bahan baku dari luar, baik bijih besi maupun besi tua (steel scrap). Pengolahan bijih besi dalam negeri menjadi produk besi spons diharapkan dapat mensubstitusi besi tua sebagai bahan baku pembuatan baja dengan teknologi berbasis EAF. Bijih besi Indonesia dikelompokkan menjadi tiga yaitu bijih besi primer (hematit dan magnetit), bijih besi laterit dan pasir besi. Cadangan bijih besi Indonesia didominasi oleh bijih besi laterit, maka teknologi dan jalur proses yang sesuai untuk mengolah bijih besi laterit ini sebaiknya dikaji lebih dalam untuk mendapatkan proses yang optimum dan efisien serta produk baja yang mempunyai nilai jual tinggi. Harga gas alam di dalam negeri mempunyai kecenderungan untuk meningkat, oleh karenanya teknologi yang disarankan untuk mengolah bijih besi Indonesia adalah teknologi direct reduction berbasis batubara (rotary kiln) atau blast furnace untuk pabrik dengan kapasitas besar. Ketergantungan pada kokas (coking coal) merupakan kelemahan dari teknologi blast furnace. Perbandingan capex dan opex dari blast furnace dan rotary kiln diuraikan pada tulisan ini. Biaya produksi pembuatan baja menggunakan jalur proses rotary kiln – electric arc furnace dan blast furnace – basic oxygen furnace adalah hampir sama yaitu sekitar 500 USD/ton.

Kata kunci : Bijih besi, Blast furnace, Rotary kiln, Capex, Opex

Abstract

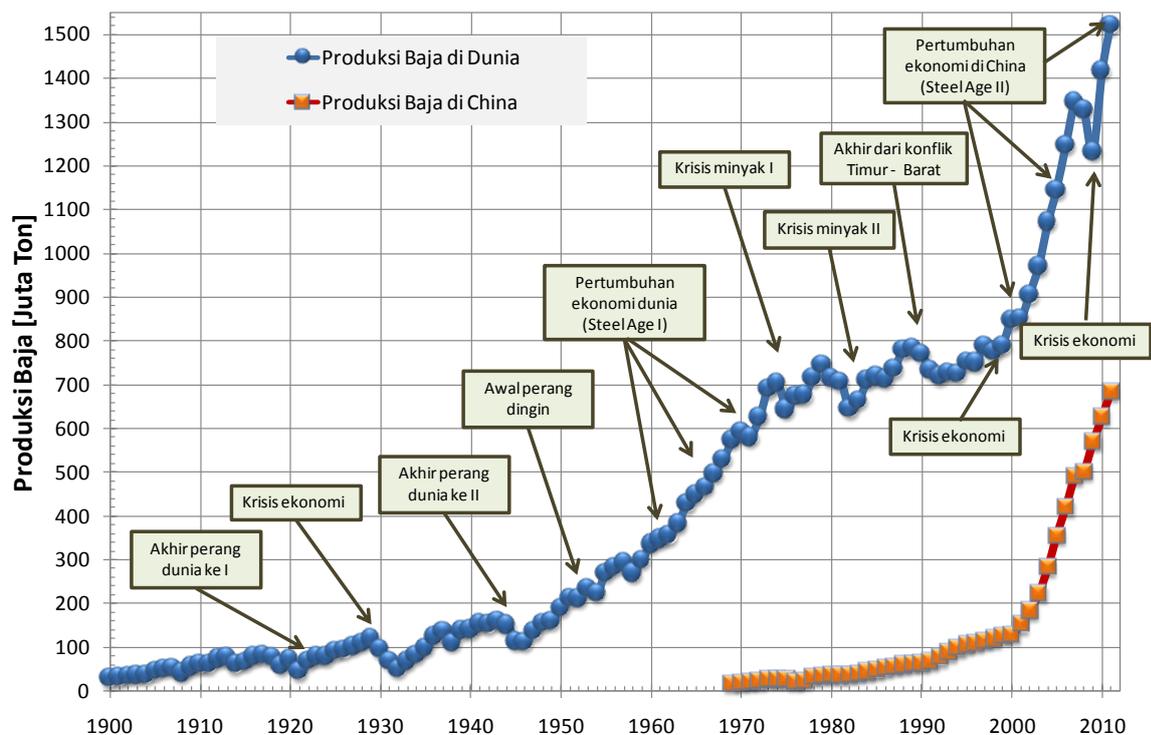
TECHNOLOGICAL AND ECONOMICAL ASPECTS OF THE INTALLATION OF IRON ORE PROCESSING PLANT TO PRODUCE STEEL IN INDONESIA. Raw material for steel production in Indonesia is still imported either in the form of iron ore or steel scrap. The utilization of domestic iron ore to produce sponge iron might substitute steel scrap as raw material for EAF-based steelmaking. Indonesian iron ore can be classified into primary iron ore (hematite and magnetite), lateritic iron ore and iron sand. Lateritic iron ore is more dominant in Indonesia, therefore the suitable technology and process route shall be studied in order to obtain an optimum and efficient process as well as to produce high quality steel. The domestic price of natural gas tends to increase in the following years, therefore coal based direct reduction technology (e.g. rotary kiln) or blast furnace for high production capacity should be installed. The scarcity of domestic coking coal fo coke production is the limitation by the application of blast furnace technology. The comparison of capex and opex of blast furnace and rotary kiln iron making is described in this paper. The steel production cost using rotary kiln – electric arc furnace route or blast furnace – basic oxygen furnace route is nearly the same (around 500 USD/ton).

Key words : Iron ore, Blast furnace, Rotary kiln, Capex, Opex

PENDAHULUAN

Baja sebagai produk dari pengolahan bijih besi masih merupakan material yang paling banyak digunakan di dunia. Pada tahun 2011, jumlah baja yang dihasilkan di

dunia adalah 1,518 milyar ton^[1], sedangkan produksi dari aluminium dan plastik (polymer) pada tahun yang sama adalah 58 ton dan 265 ton, secara berurutan.



Gambar 1. Perkembangan produksi baja di dunia dan di China^[2-3]

Produksi baja masih didominasi oleh China yang menghasilkan baja 683,3 juta ton dimana persentasenya mencapai 45% dari total produksi baja dunia^[2]. Negara-negara lainnya yang termasuk 10 besar produksi baja dunia adalah Jepang (107,5 juta ton), USA (86,24 juta ton), India (72,2 juta ton), Rusia (68,7 juta ton), Korea Selatan (68,47 juta ton), Jerman (44,3 juta ton), Ukraina (35,3 juta ton), Brazil (35,16 juta ton) dan Turki (34,1 juta ton). Perkembangan produksi baja dari tahun 1900-2011 di dunia dan di China diperlihatkan pada Gambar 1. Dari tahun 2000-2011 produksi baja di China menunjukkan pertumbuhan yang sangat signifikan dan dimulainya “era baja (steel age) tahap II”.

Selain China, negara lain yang menunjukkan pertumbuhan industri besi baja yang baik adalah India seperti diperlihatkan pada Gambar 2a. Situasi produksi baja di kawasan Asia Tenggara ditunjukkan pada Gambar 2b dimana terlihat bahwa produksi baja di Indonesia dari tahun 2001 hingga 2010 berkisar di 3 ± 1 juta ton, sementara di Vietnam

produksi baja meningkat dari 0,32 juta ton pada tahun 2001 menjadi 4,14 juta ton pada tahun 2010.

Gambar 3 memperlihatkan jumlah baja yang diproduksi, diimpor, diekspor serta kebutuhan baja Indonesia dari tahun 2001 hingga 2010. Persentase impor netto baja Indonesia adalah lebih dari 60% pada tahun 2010. Persentase impor baja Indonesia tentu saja bertambah pada tahun 2011 dan 2012 yang dipicu oleh pertumbuhan ekonomi Indonesia yang baik.

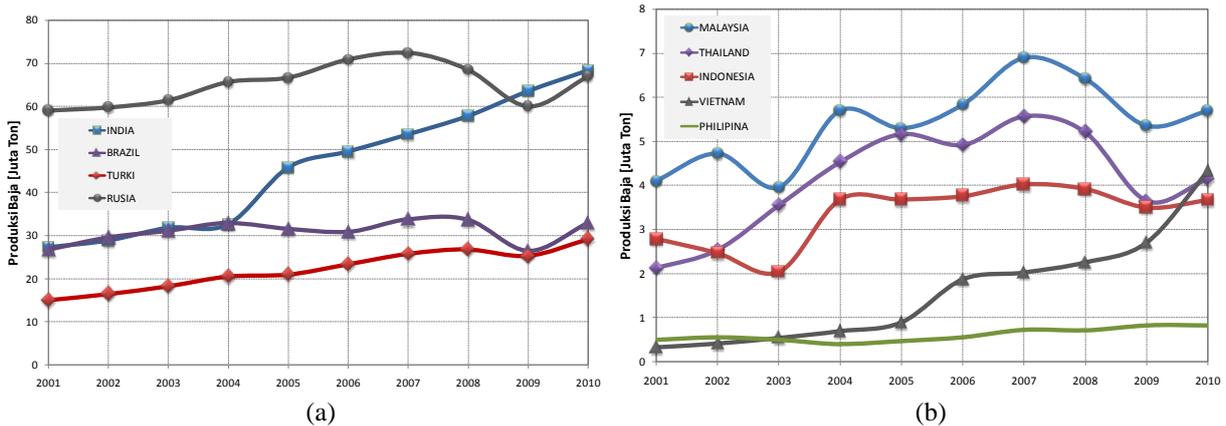
Produksi baja Indonesia akan meningkat sekitar 4-5 juta ton dengan beroperasinya pabrik baja terintegrasi oleh PT Krakatau POSCO pada akhir tahun 2013, selesainya pembangunan tanur tiup oleh PT Krakatau Steel dan Gunung Steel Group. Selain itu, beberapa pabrik baru juga akan didirikan, baik pabrik peleburan besi tua (*scrap*) atau besi spons dengan menggunakan teknologi EAF (*electric arc furnace*). Kebutuhan baja Indonesia juga akan terus meningkat dan diprediksi pada tahun 2020 konsumsi baja Indonesia dapat menjadi 20 juta ton yang mengindikasikan

bahwa pabrik-pabrik peleburan besi dan baja mempunyai potensi untuk dibangun.

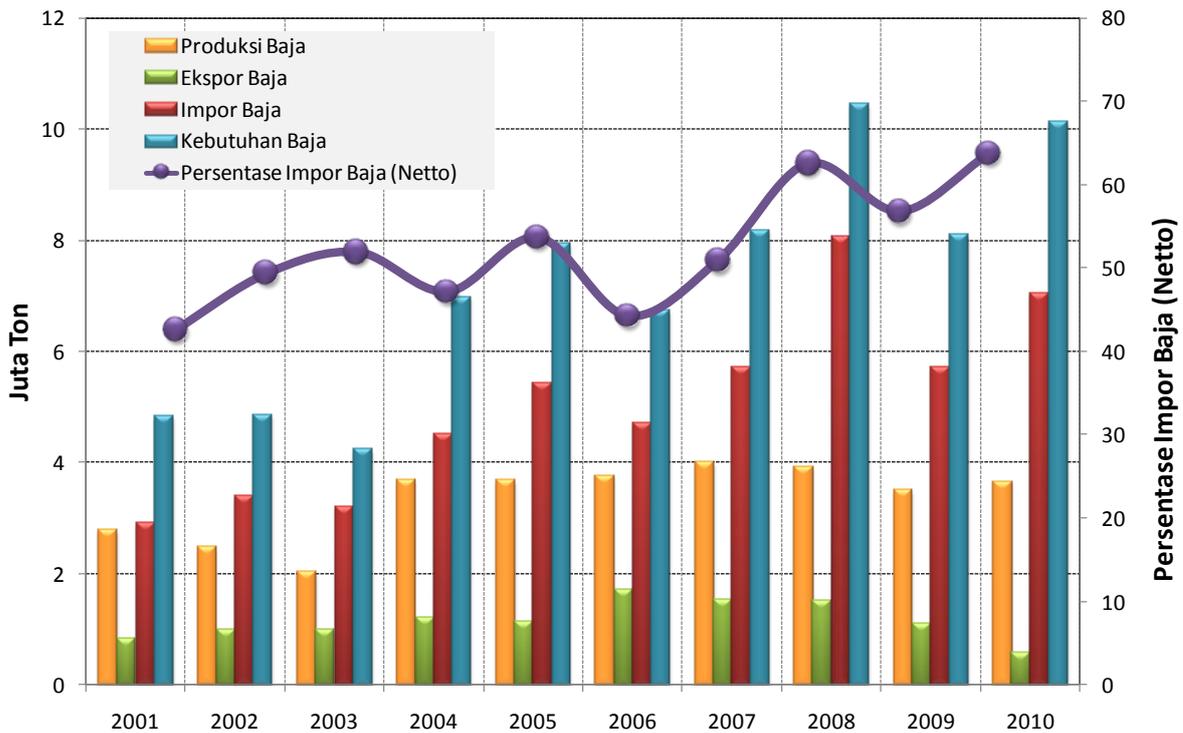
Kapasitas produksi pabrik baja di Indonesia baik yang berbahan baku besi tua maupun bijih besi diberikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Total kapasitas terpasang dari pabrik-pabrik tersebut adalah sekitar 5,7 juta ton. Pada umumnya, pabrik-pabrik ini tidak beroperasi dengan kapasitas penuh. Perkiraan pada tahun 2010, faktor utilisasi dari pabrik-pabrik baja di Indonesia hanya sekitar 65% dari kapasitas terpasang. Permasalahan

rendahnya output pabrik dari kapasitas terpasang ini dapat disebabkan oleh kesulitan bahan baku terutama besi tua (*scrap*), perawatan serta efisiensi pabrik.

Setelah selesai fase ke II pembangunan pabrik oleh PT Krakatau POSCO, perkiraan kapasitas terpasang dari pabrik peleburan baja di Indonesia adalah sekitar 14 juta ton. Hal ini menunjukkan bahwa pada tahun 2020, pabrik dengan kapasitas sekitar 6 - 8 juta ton per tahun seyogianya dibangun untuk memenuhi kebutuhan baja domestik.



Gambar 2. Perkembangan produksi baja di beberapa negara (a) India, Brazil, Turki dan Rusia dan (b) Asia Tenggara^[2]



Gambar 3. Produksi, impor dan ekspor baja Indonesia^[2]

Tabel 1. Kapasitas produksi pabrik baja berbahan baku besi tua (scrap)^[4]

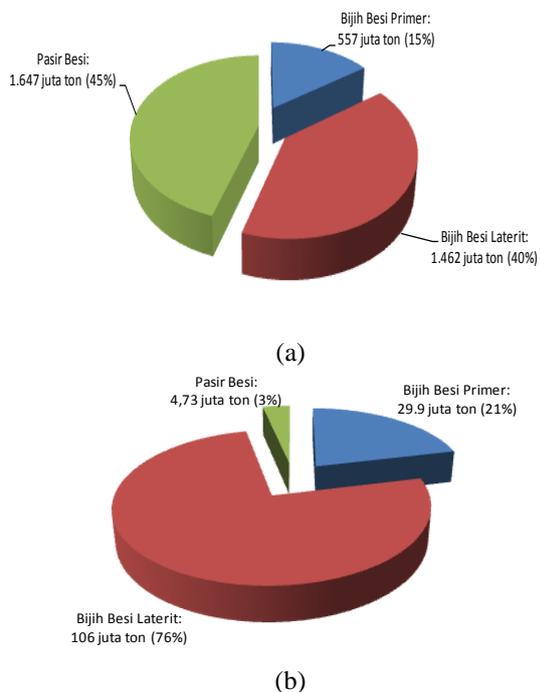
No	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
1	Growth Sumatra Industri	Medan	330.000
2	Gunung Gahapi Sakti	Medan	300.000
3	Hanil Jaya Steel Works	Surabaya	180.000
4	Inter World Steel Mills Indo	Tangerang	210.000
5	Ispat Indo	Surabaya	700.000
6	Jakarta Cakra Tunggal	Jakarta	420.000
7	Jakarta Megah Steel Utama	Jakarta	300.000
8	Jatim Taman Steel I	Surabaya	200.000
9	Pangeran Karang Murni	Jakarta	400.000
10	Pulogadung Steel	Jakarta	110.000
11	Toyogiri Iron and Steel	Jakarta	120.000
Total			3.270.000

Tabel 2. Kapasitas produksi perusahaan baja berbahan baku bijih besi

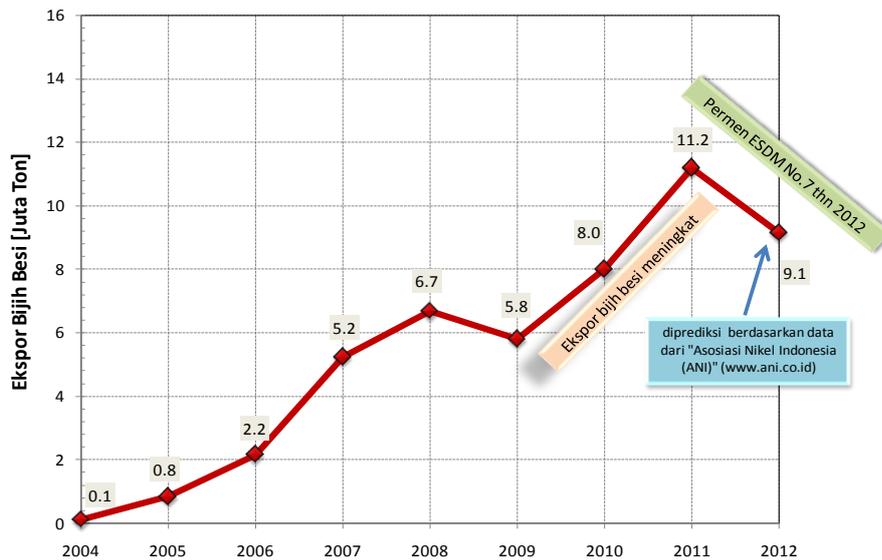
No	Nama Perusahaan	Kapasitas Produksi Saat ini (ton/tahun)	Kapasitas Produksi (2015) (ton/tahun)	Kapasitas Produksi (2020) (ton/tahun)
1	PT Krakatau Steel	2.400.000	3.400.000	3.400.000
2	PT Krakatau POSCO (Tahap I)		3.000.000	3.000.000
3	Gunung Group		1.000.000	1.000.000
4	PT Krakatau POSCO (Tahap II)			3.000.000
Total		2.400.000	7.400.000	10.400.000

BAHAN BAKU PEMBUATAN BAJA

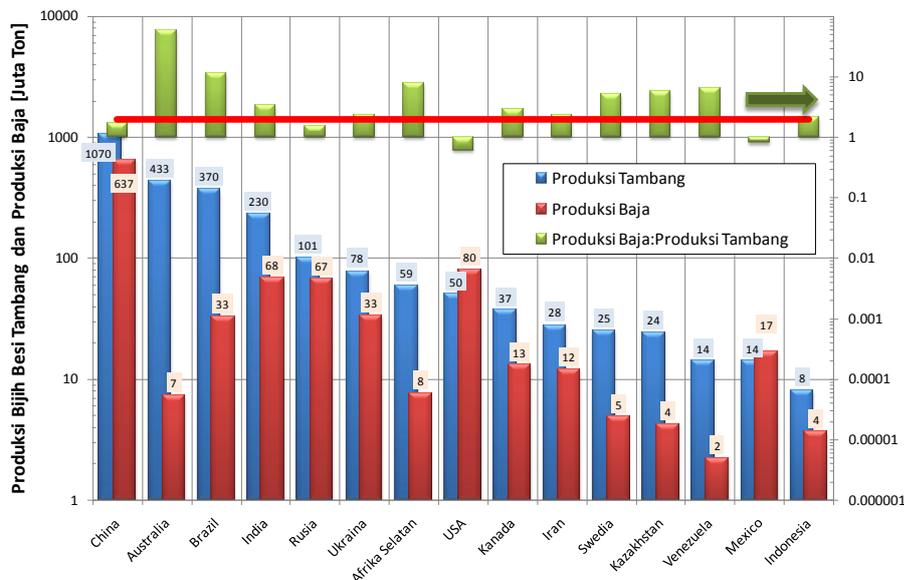
Pembuatan baja membutuhkan bahan baku utama bijih besi serta bahan reduktor yang dapat berupa gas alam, batubara atau arang kayu bergantung pada teknologi yang dipilih. Selain itu dibutuhkan juga bahan imbuah (*flux*). Indonesia tidak termasuk ke dalam negara utama penghasil bijih besi. Namun demikian sumber daya alam berupa bijih besi ditemui di beberapa lokasi di Indonesia. Secara umum, bijih besi di Indonesia dikelompokkan menjadi 3 yaitu bijih besi primer, bijih besi laterit dan pasir besi seperti diperlihatkan pada Gambar 4. Bijih besi Indonesia pada umumnya diekspor seperti diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Sumber daya dan cadangan bijih besi di Indonesia (2010) (a) Sumber daya dan (b) Cadangan^[5]



Gambar 5. Ekspor bijih besi Indonesia^[6-7]

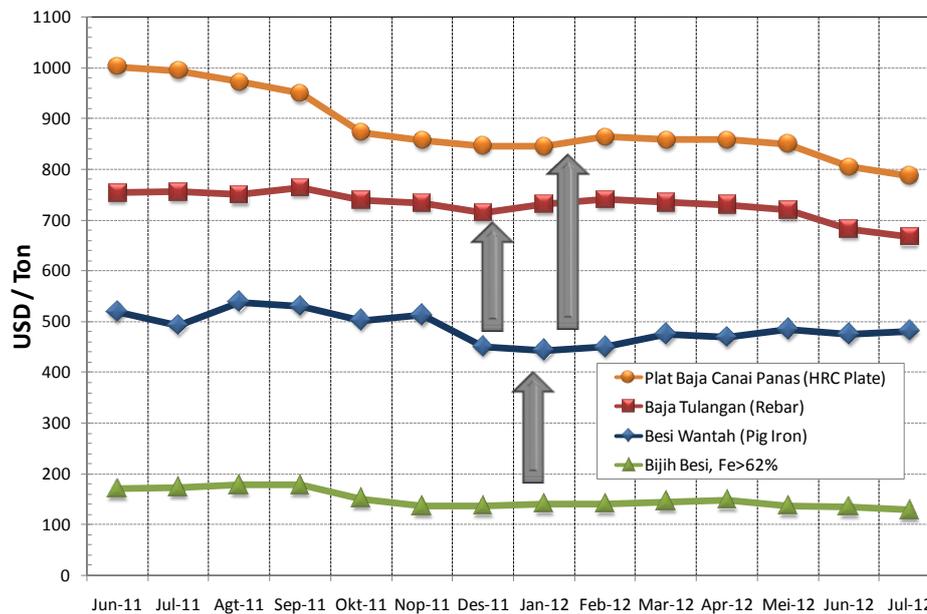


Gambar 6. Produksi bijih besi dari tambang dan produksi baja pada tahun 2010^[2,8]

Produksi tambang bijih besi dari negara-negara penghasil bijih besi dan produksi baja pada tahun 2010 diperlihatkan pada Gambar 6. Negara-negara pengekspor bijih besi adalah Australia, Brazil, Afrika Selatan, Venezuela, Kazakstan, Swedia dan Kanada. Walaupun memproduksi bijih besi sendiri, negara-negara seperti China, Rusia, USA dan Meksiko masih harus mengimpor bijih besi karena kebutuhan baja yang besar. Indonesia mengeksport hampir 100% bijih besi serta mengimpor 100% bijih besi dalam bentuk pelet untuk pembuatan besi spons di PT Krakatau

Steel. Sebagian kecil bijih besi diolah menjadi besi spons oleh PT MJIS yang mulai beroperasi pada tahun 2012.

Pengolahan bijih besi menjadi produk baja adalah usaha untuk meningkatkan nilai tambah dari produk tambang sehingga diharapkan dapat menciptakan lapangan kerja, mengurangi ketergantungan impor baja, menguasai teknologi pembuatan baja dengan baik, serta memberikan *multiplier effect* bagi masyarakat di sekitar industri peleburan besi dan baja. Peningkatan harga jual produk dari tiap-tiap tahapan pengolahan bijih besi menjadi produk baja diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Peningkatan nilai tambah dari pengolahan bijih besi^[9-10]

TEKNOLOGI PEMBUATAN BESI DAN BAJA

Teknologi yang dapat digunakan untuk mengolah bijih besi menjadi produk besi spons atau pig iron dan baja telah dikembangkan dengan baik. Teknologi-teknologi tersebut diperlihatkan pada Gambar 8 yang dapat dikelompokkan menjadi empat yaitu teknologi *blast furnace*, teknologi *smelting reduction*, teknologi *direct reduction* dan teknologi daur ulang besi tua (*scrap*) dengan tanur listrik (*electric arc furnace*, EAF).

Teknologi *blast furnace* adalah teknologi yang sangat dominan digunakan untuk memproduksi besi wantah (*pig iron*) sebagai bahan baku untuk menghasilkan baja seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Teknologi *blast furnace* adalah teknologi yang sudah mapan dan sudah dikembangkan sejak tahun 1600-an.

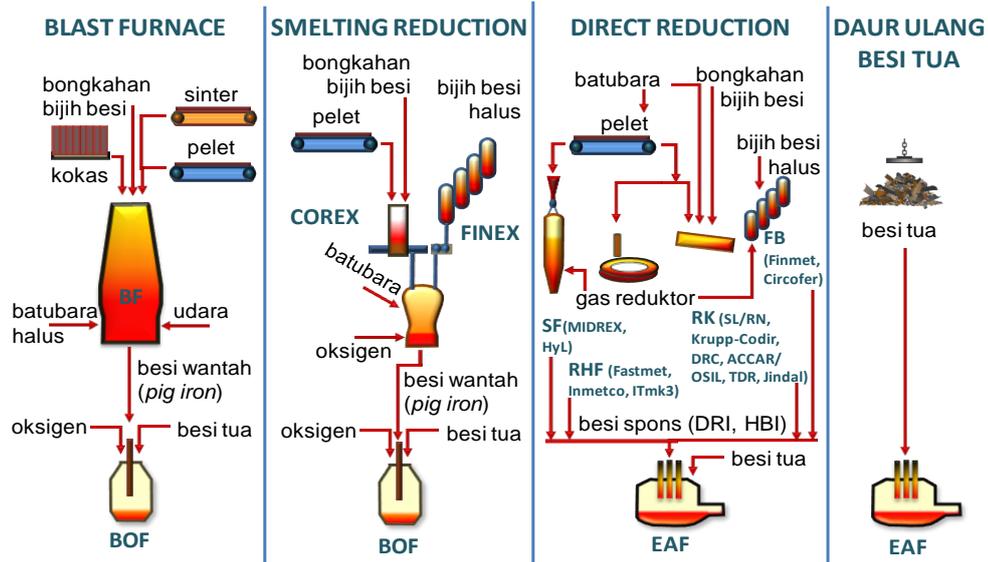
Keunggulan teknologi *blast furnace* adalah efisiensi energi yang baik dan produktivitas tinggi. Daur ulang besi tua (*scrap*) dengan EAF menduduki posisi kedua untuk menghasilkan baja, yang diikuti oleh teknologi *direct reduction* dan teknologi *smelting reduction*.

Teknologi *smelting reduction* yang sudah teruji di industri adalah teknologi

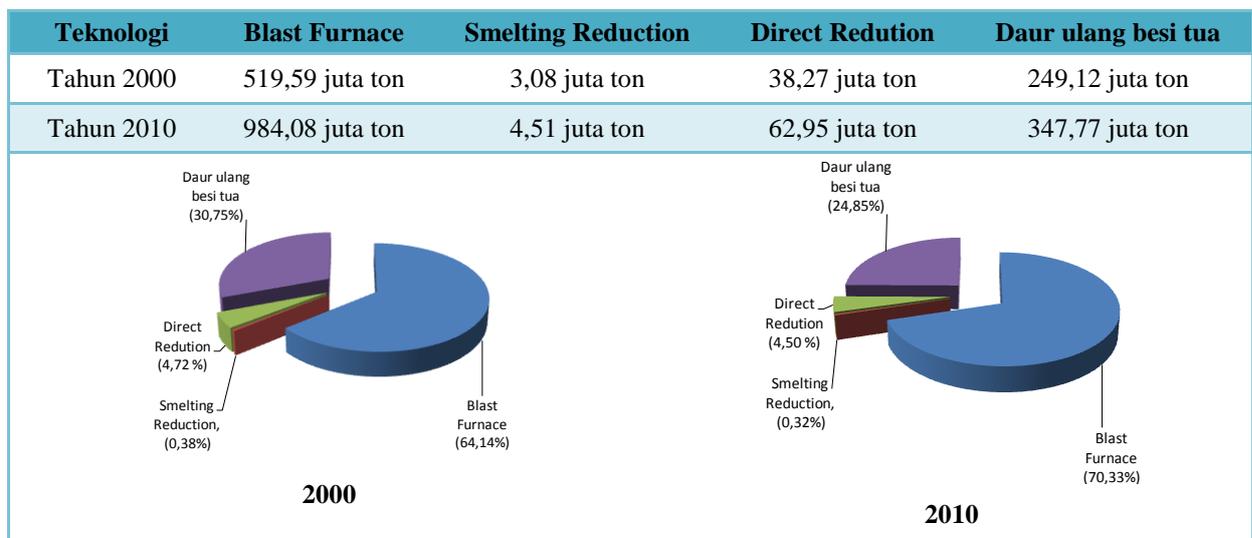
Corex dan Finex yang telah dikembangkan sejak 1970-an. Teknologi Corex mengolah bijih besi dalam bentuk pelet atau bongkahan sedangkan teknologi Finex mengolah bijih besi yang berukuran halus (<0,5 mm). Kontribusi teknologi ini dalam menghasilkan baja masih relatif kecil (<1%), Gambar 9.

Untuk mengolah bijih besi di Indonesia, teknologi *blast furnace* dan teknologi *direct reduction* lebih disarankan untuk digunakan. Keterbatasan penggunaan teknologi *blast furnace* adalah kebutuhan dan ketergantungan pada *coking coal* yang cadangannya terbatas di Indonesia.

Teknologi *direct reduction* diklasifikasikan menjadi dua yaitu teknologi yang menggunakan reduktor dalam bentuk gas (CO dan H₂) dan teknologi menggunakan reduktor batubara, Tabel 3. Proses pembuatan besi spons di *shaft furnace* menggunakan reduktor dalam bentuk gas. Contoh proses ini adalah Midrex dan HyL III yang merupakan teknologi *direct reduction* yang paling banyak digunakan di dunia, Gambar 10. Bahan baku bijih besi harus dibuat dalam bentuk pelet terlebih dahulu sebelum diumpankan ke dalam tanur Midrex atau HyL.



Gambar 8. Teknologi pembuatan besi dan baja



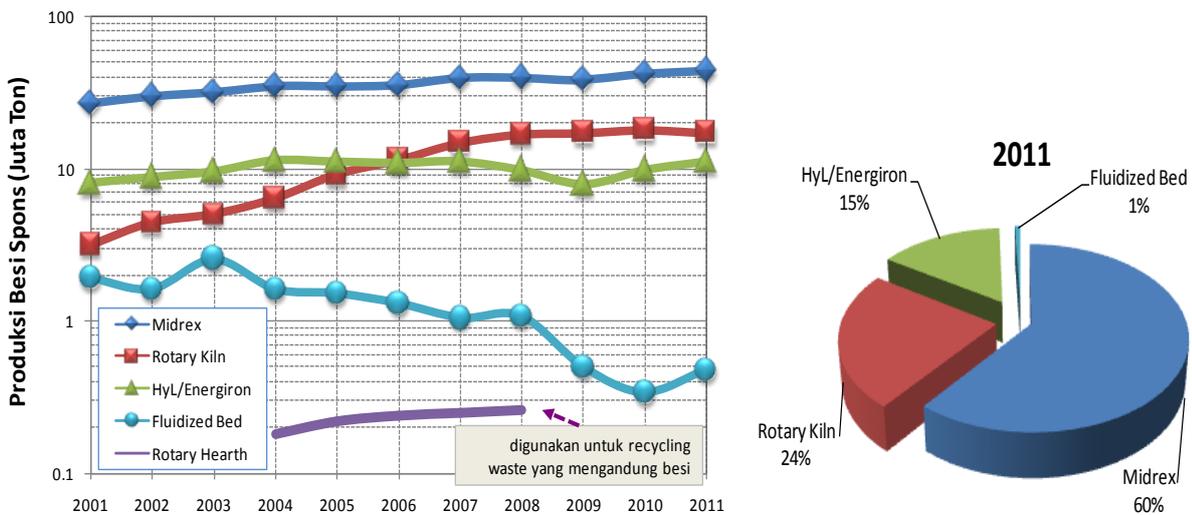
Gambar 9. Data statistik produksi baja berdasarkan teknologi^[2]

Teknologi HyL III masih digunakan hingga saat ini oleh PT Krakatau Steel. Alasan pemilihan teknologi HyL ini adalah harga gas alam yang murah pada tahun 1970-an hingga 1990-an. Seiring dengan berjalannya waktu, harga gas alam di Indonesia cenderung meningkat dan kebijakan energi di Indonesia tidak memihak ke industri dalam negeri. Sebagai contoh, gas alam diekspor ke China dengan harga jual yang murah (3,35 USD/mmBTU) sedangkan untuk kebutuhan dalam negeri, harga gas alam dijual dengan harga lebih tinggi (5 -6 USD/mmBTU). Beberapa pabrik pupuk

mengalami kesulitan untuk mendapatkan gas alam. Pabrik pupuk PT AAF ditutup karena tidak mendapat suplai gas alam sebagai bahan baku. Harga gas alam akan naik pada tahun 2013 menjadi > 10 USD / mmBTU. Oleh karenanya, pada ekspansi pabrik yang dilakukan oleh PT Krakatau Steel, teknologi blast furnace dipilih. Penggunaan teknologi direct reduction berbasis gas ini lebih dominan di negara-negara yang mempunyai gas banyak dan harga yang murah, misal di Saudi Arabia, Iran, Qatar, Venezuela dan lain-lain. Untuk Indonesia, proses-proses berbasis batubara sebaiknya diaplikasikan.

Tabel 3. Klafikasi teknologi *direct reduction*

Reduktor: Gas (Gas H ₂ dan/atau CO berasal dari reformasi gas alam, gasifikasi batubara atau lainnya)	Reduktor: Batubara
Shaft furnace (SF): bijih besi pelet - Midrex - HyL	Rotary Kiln (RK): bijih besi pelet atau bongkahan - Krupp-Codir - SL/RN - DRC - ACCAR/OSIL - TDR - JINDAL
Fluidized Bed (FB): bijih besi halus - Fior / Finmet - Circored / Circofer	Rotary Hearth Furnace (RHF): bijih besi pelet + batubara (SRP, self reducing pellet) - Fastmet - Inmetco - ITMk3



Gambar 10. Data statistik produksi besi spons berdasarkan teknologi^[11]

Kontribusi teknologi *rotary kiln* dalam menghasilkan besi spons memperlihatkan peningkatan yang signifikan dari 3,18 juta ton pada tahun 2001 menjadi 17,34 juta ton pada tahun 2011. Negara yang paling dominan menggunakan teknologi ini adalah India. Proses pembuatan besi spons di *rotary kiln* lebih simpel dibandingkan dengan proses lainnya. Rentang ukuran bijih yang lebih besar yang bisa diumpangkan baik dalam bentuk bongkahan maupun pelet merupakan kelebihan dari teknologi ini. Batubara yang digunakan adalah batubara berkalori minimum 5000 kcal/kg. Batubara jenis ini tentunya lebih

banyak dan lebih mudah didapatkan di Indonesia.

Sejak tahun 2009, teknologi *rotary hearth* tidak digunakan untuk memproduksi besi spons dari bijih besi. Teknologi ini lebih banyak digunakan untuk mengambil kembali logam besi yang terdapat dalam limbah (*waste*) di industri besi baja. Jumlah besi spons yang dihasilkan dengan teknologi *fluidized bed* memperlihatkan kecenderungan menurun dari tahun 2001 hingga lebih kecil dari 0,6 juta ton pada tahun 2009-2011.

Dari data-data tersebut dapat disimpulkan bahwa teknologi *direct*

reduction yang dipertimbangkan untuk digunakan adalah teknologi *rotary kiln*. Perbandingan teknologi *rotary kiln* dengan teknologi *blast furnace* diberikan pada Tabel 4. Teknologi *blast furnace* umumnya digunakan untuk memproduksi besi dalam jumlah yang besar, misal 1 juta ton per tahun atau lebih. Teknologi *blast furnace* juga sebaiknya langsung digabung dengan teknologi pembuatan baja BOF (basic oxygen furnace) untuk memanfaatkan panas yang terdapat dalam lelehan besi wantah (*hot metal*) dan reaksi eksotermik yang menghasilkan energi pada saat proses pemurnian dengan menggunakan oksigen.

Seperti telah disinggung sebelumnya, bijih besi Indonesia diklasifikasikan

menjadi tiga yaitu bijih besi primer, laterit dan pasir besi. Teknologi pembuatan besi dan baja yang disarankan diberikan pada Tabel 5. Bijih besi laterit lebih dominan di Indonesia, pengolahan bijih besi laterit menjadi produk baja harus diteliti lebih lanjut untuk mendapatkan proses yang optimum dan efisien serta produk yang mempunyai nilai jual tinggi karena mengandung nikel dan kromiun. *Sponge iron* dapat digunakan sebagai pengganti *scrap* (besi tua) untuk proses pembuatan baja di EAF. Impor *scrap* saat ini bermasalah karena dicurigai mengandung limbah B3.

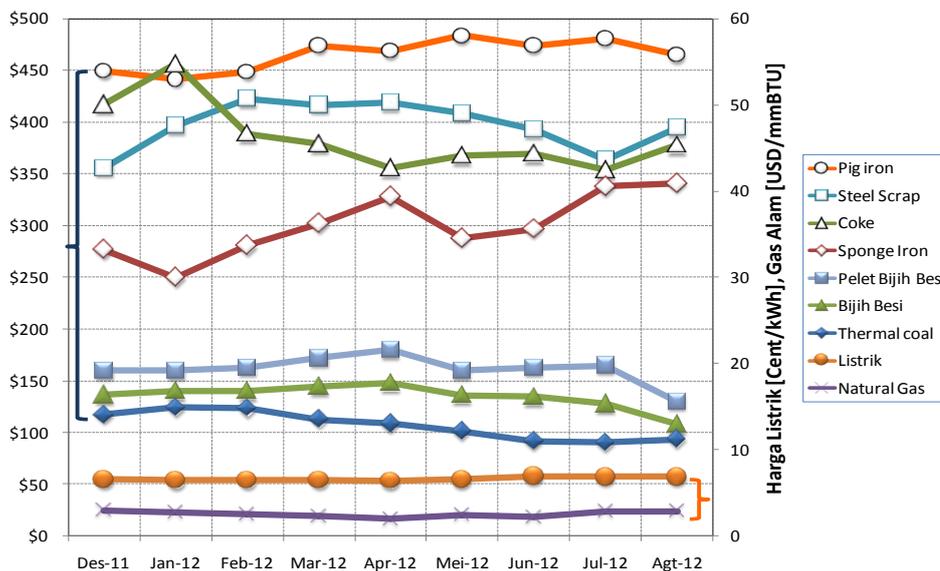
Tabel 4. Perbandingan teknologi *blast furnace* dan *rotary kiln*

<i>Blast furnace</i>	<i>Rotary Kiln</i>
(+) Kapasitas kecil hingga besar (500 ribu ton hingga 5 juta ton per tahun)	(-/+)Kapasitas lebih rendah (50 ribu ton hingga 500 ribu ton per tahun)
(-) Membutuhkan <i>coking plant</i>	(+) Tidak membutuhkan <i>coking plant</i>
(-) Membutuhkan <i>sintering plant</i>	(-) Membutuhkan <i>pelletizing plant</i> jika ukuran bijih besi lebih kecil < 2 mm
(-) Membutuhkan <i>coking coal (coke)</i>	(+) Tidak membutuhkan <i>coking coal</i>
(-) Biaya investasi lebih tinggi	(+) Biaya investasi lebih rendah
(-) Biaya produksi lebih tinggi	(+) Biaya produksi lebih rendah
(+) Metal dan terak (<i>slag</i>) terpisah selama proses, produk blast furnace dalam keadaan liquid (<i>hot metal</i>)	(-) Oksida tidak dapat dipisahkan dengan sempurna, produk dalam keadaan padat (<i>sponge</i>)
(+) tidak membutuhkan energi listrik untuk membuat baja.	(-) Butuh energi listrik untuk membuat baja
(-/+) Market: mempunyai kandungan karbon yang tinggi (~4%C) sehingga tidak dapat diolah 100% di EAF yang banyak terdapat di Indonesia, dapat menggantikan besi tua (<i>scrap substitute</i>).	(+) Market: mempunyai kandungan karbon yang lebih rendah (<2%C) sehingga dapat dilebur di EAF (80-90%), dapat menggantikan besi tua (<i>scrap substitute</i>).

Tabel 5. Bijih besi dan teknologi pembuatan besi dan baja

Tipe Bijih besi	Teknologi Pembuatan Besi	Teknologi Pembuatan Baja
Bijih besi primer (hematit, magnetit)	<i>Blast Furnace (pig iron/hot metal)</i>	BOF
	<i>Rotary Kiln (sponge iron)</i>	EAF
Bijih besi laterit	<i>Rotary Kiln (sponge iron)</i>	EAF
Pasir besi	<i>Rotary Kiln (sponge iron)</i>	SAF – BOF

ASPEK EKONOMI PEMBUATAN BESI DAN BAJA



Gambar 11. Harga bahan baku pembuatan besi serta produk besi spons dan pig iron^[9, 12-13]

Pembuatan besi dan baja membutuhkan bahan baku utama bijih besi, reduktor baik dalam bentuk batubara maupun gas alam serta sumber energi (listrik, batubara, minyak, gas alam). Harga bahan baku dan energi tersebut serta harga produk (besi spons dan pig iron) selama sembilan bulan terakhir diperlihatkan pada Gambar 11.

Teknologi yang disarankan untuk mengolah bijih besi adalah *rotary kiln* dan *blast furnace*. Perkiraan biaya investasi peralatan utama dan infrastruktur pembangunan pabrik (capex, *capital expenditure*) dari kedua teknologi tersebut untuk menghasilkan 300 ribu ton produk per tahun diberikan pada Tabel 6. Perkiraan capex ini tidak termasuk biaya pelabuhan, jalan, perumahan karyawan dan fasilitas lainnya. Biaya investasi untuk *blast furnace* sudah memperhitungkan

biaya untuk konstruksi *coke oven (coking plant)* untuk membuat kokas serta *sinter plant* untuk aglomerasi bijih besi. Oleh karenanya, biaya investasi *blast furnace* lebih besar dibandingkan dengan *rotary kiln*.

Untuk menentukan biaya operasi (opex, *operational expenditure*), data-data konsumsi per ton produk diberikan pada Tabel 7. Konsumsi bijih besi *rotary kiln* lebih sedikit dibandingkan dengan *blast furnace* karena dalam produk *rotary kiln* masih mengandung oksida-oksida pengotor (SiO_2 , Al_2O_3 , dan lain-lain) serta besi oksida (FeO) dari metalisasi sekitar 90%. Harga-harga material-material tersebut yang digunakan untuk menentukan biaya operasi ditabulasikan pada Tabel 8. Biaya produksi per ton produk ditunjukkan pada Tabel 9.

Depresiasi sudah diperhitungkan dalam biaya operasi ini.

Biaya produksi besi wantah (*hot metal / pig iron*) dengan teknologi *blast furnace* lebih tinggi dibandingkan dengan biaya produksi besi spons dengan *rotary kiln*. Hal ini disebabkan oleh penggunaan kokas yang berasal dari “*coking coal*” sebagai reduktor pada proses peleburan di *blast furnace*. Selain itu, temperatur proses di *blast furnace* lebih tinggi dibandingkan dengan *rotary kiln* yang ditandai dengan

produk yang dihasilkan dari *blast furnace* adalah lelehan sedangkan produk *rotary kiln* adalah besi spons dalam keadaan padat. Energi yang terdapat dalam lelehan besi wantah produk *blast furnace* adalah tinggi sehingga sangat tidak disarankan untuk membuat produk dalam bentuk *pig iron* padat dengan menggunakan “*casting pig iron*”. Lelehan besi wantah sebaiknya langsung digunakan untuk membuat baja dengan menghembuskan oksigen di BOF .

Tabel 6. Bijih besi dan teknologi pembuatan besi dan baja^[9, 14-15]

Perkiraan Capex	Rotary Kiln	Blast Furnace
Kapasitas (juta ton / tahun)	0,30	0,30
Biaya investasi (USD/(ton*tahun)	250,00	375,00
Biaya infrastruktur (civil works)	27,50	37,50
Biaya total (USD/(ton*tahun)	302,50	412,50
Biaya total Capex (juta USD)	90,75	123,75

Tabel 7. Konsumsi per ton produk^[9, 14-15]

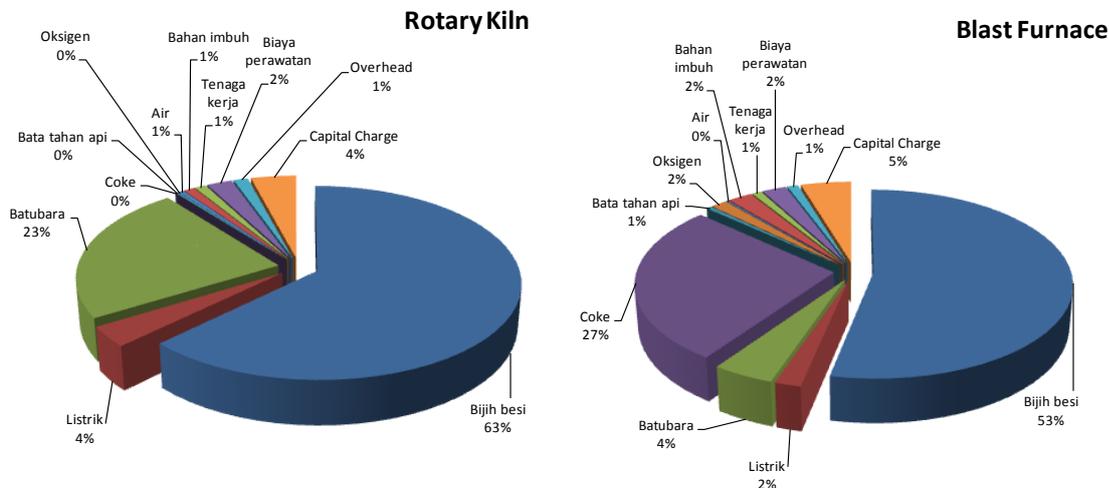
Konsumsi / Ton Produk	Rotary Kiln	Blast Furnace
Bijih besi (ton)	1,48	1,6
Listrik (kWh)	80	58
Air (m ³)	4,5	2,5
Batubara (ton)	0,75	0,15
Kokas (ton)	0	0,4
Oxygen (m ³)	0	30
Bata tahan api (kg)	3,0	5
Tenaga kerja (mh)	0,315	0,35

Tabel 8. Biaya satuan material, energi dan tenaga kerja^[9, 14-15]

Harga Satuan	Rotary Kiln	Blast Furnace
Bijih besi + Aglomerasi (USD/ton)	127,80	132,80
Listrik (USD/kWh)	0,13	0,13
Batubara (USD/ton)	93,40	118,40
Coke (USD/ton)		270,00
Bata tahan api (USD/ton)	0,30	0,40
Oksigen (USD/m ³)	0,20	0,20
Air (USD/m ³)	0,30	0,30
Tenaga kerja (USD/mh)	10,00	10,00

Tabel 9. Biaya produksi per ton produk^[9, 14-15]

Biaya / Ton Produk	Rotary Kiln	Blast Furnace
Bijih besi (USD)	189,14	212,48
Listrik (USD)	10,40	7,54
Batubara (USD)	70,05	17,76
Coke (USD)	0,00	108,00
Bata tahan api (USD)	0,90	2,00
Oksigen (USD)	0,00	6,00
Air (USD)	1,35	0,75
Bahan imbuh (USD)	3,00	9,00
Tenaga kerja (USD)	3,15	3,50
Biaya perawatan (USD)	7,00	9,00
Overhead (USD)	4,00	4,00
Depresiasi (USD)	13,61	18,56
Total Biaya Produksi (Opex)	302,61	398,59



Gambar 12. Kontribusi harga masing-masing komponen terhadap biaya operasi

Tabel 10. Resume perbandingan capex, opex serta produk

Teknologi	Capex (Juta USD)	Opex (USD)	Produk (USD)	Produk - Opex (USD)
Rotary Kiln	90,75	302,61	341	38,39
Blast Furnace	123,75	398,59	465	66,41

Harga bahan baku bijih besi merupakan komponen yang paling besar yang menentukan biaya operasi yang diikuti oleh batubara atau kokas metalurgi sebagai reduktor dan sumber energi, Gambar 12. Harga jual produk besi spon dan pig iron adalah 341 dan 465 USD/ton per ton produk. Selisih harga jual dengan biaya operasi diperlihatkan pada Tabel 10.

Perbandingan biaya produksi baja dengan menggunakan jalur proses “RK (*rotary kiln*) – EAF (*electric arc furnace*) dan “BF (*blast furnace*) – BOF (*basic oxygen furnace*)” diberikan pada Tabel 11 dan 12 secara berurutan. Pembuatan baja dengan rute RK-EAF dan BF-BOF memberikan biaya produksi per ton produk baja yang hampir sama (sekitar 500

USD/ton), asalkan *hot metal* dari *blast furnace* langsung diolah di BOF dalam keadaan leleh tanpa didinginkan terlebih dahulu menjadi produk *pig iron* (fasa padat). Jika besi wantah dari *blast furnace* dicor dalam bentuk *pig iron*, maka energi akan dibutuhkan untuk memanaskan dan melebur kembali *pig iron* tersebut baik dengan menggunakan *electric furnace*, *induction furnace* atau tanur-tanur lainnya

sehingga biaya pembuatan baja dari *pig iron* ini menjadi lebih besar. Harga produk baja dalam bentuk baja tulangan (*rebar*) atau pelat baja canai panas (*hot rolling coil plate*) adalah lebih besar dari 650 USD/ton. Biaya pembuatan besi dan baja ini didominasi oleh biaya bahan baku bijih besi yang diikuti reduktor dan sumber energi.

Tabel 11. Biaya produksi baja dengan jalur proses RK-EAF (diolah kembali dari data www.steelonthenet^[9])

Item	Faktor	Satuan	Harga Satuan (USD)	Total (USD)
Besi tua	0,217	t	395,00	85,72
Ongkos kirim besi tua	1,085	t	5,00	5,43
Sponge Iron	0,960	t	301,37	289,32
Oksigen	15,000	m ³	0,20	3,00
Ferroalloy	0,011	t	1.250,00	13,75
Bahan imbuh	0,029	t	55,00	1,60
Elektroda	0,002	t	8.900,00	17,80
Refraktori	0,007	t	650,00	4,55
Overhead	1,000		8,60	6,45
Energi	-0,546	GJ	13,60	-7,43
Listrik	0,450	MWh	130,00	58,50
Tenaga kerja	0,577	m.hr	10,00	5,77
Depresiasi	1,000		21,05	21,05
Total (USD)				505,49

Tabel 12. Biaya produksi baja dengan jalur proses BF-BOF (diolah kembali dari data www.steelonthenet^[9])

Item	Faktor	Satuan	Harga Satuan (USD)	Total (USD)
Bijih besi	1,567	t	132,00	206,84
Ongkos kirim bijih besi	1,567	t	9,00	14,10
Coking coal	0,916	t	191,50	164,88
Ongkos kirim coking coal	0,916	t	13,00	11,91
Besi tua	0,141	t	395,00	55,70
Ongkos kirim besi tua	0,141	t	5,00	0,71
Oksigen	196,000	m ³	0,20	39,20
Ferroalloy	0,014	t	1.250,00	17,50
Bahan imbuh	0,527	t	55,00	28,99
Refraktori	0,009	t	866,67	7,80
Overhead	1,000		18,00	18,00
Penjualan "By-product"				-34,10
Energi panas	-7,980	GJ	13,60	-108,56
Listrik	0,133	MWh	130,00	17,29
Tenaga kerja	0,672	m.hr	10,00	6,72
Depresiasi	1,000		53,56	53,56
Total (USD)				500,53

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada tahun 2010, produksi baja Indonesia adalah 3,66 juta ton sedangkan konsumsi baja adalah 10,14 juta ton sehingga sebagian besar baja masih diimpor (lebih dari 60%). Kapasitas produksi baja terpasang saat ini sekitar 5,7 juta ton. Pada tahun 2020 kebutuhan baja Indonesia diprediksi meningkat menjadi sekitar 20 juta ton. Dengan selesainya pembangunan pabrik baja terintegrasi oleh PT Krakatau POSCO, penambahan kapasitas produksi oleh PT Krakatau Steel dan ekspansi dari Gunung Group, kapasitas produksi baja pada tahun 2020 diperkirakan sekitar 14 juta ton. Hal ini mengindikasikan bahwa produksi baja masih belum mencukupi sehingga masih berpeluang untuk membangun pabrik baja dengan kapasitas 6-8 juta ton. Cadangan bijih besi Indonesia pada tahun 2010 adalah 140 juta ton yang didominasi oleh laterit (76%). Kegiatan eksplorasi harus ditingkatkan untuk menaikkan status potensi sumberdaya menjadi cadangan. Teknik-teknik pengolahan bijih besi laterit menjadi produk baja harus diteliti lebih lanjut untuk mendapatkan proses yang optimum dan efisien serta produk yang mempunyai nilai jual tinggi. Teknologi yang disarankan untuk mengolah bijih besi adalah *blast furnace* atau *rotary kiln*. Produk dari *rotary kiln (sponge iron)* diharapkan dapat mensubstitusi impor besi tua (*steel scrap*) yang saat ini diduga mengandung limbah B3. Kontribusi bahan baku bijih besi terhadap biaya produksi pembuatan besi dan baja adalah lebih besar dari 50%. Oleh karenanya, peningkatan nilai tambah bijih besi di dalam negeri harus dilakukan.

Pembangunan pabrik pembuatan besi dan baja membutuhkan listrik yang besar. Contoh : Jalur proses RK-EAF untuk skala 300 ribu ton per tahun membutuhkan listrik sekitar 55 MW. Oleh karenanya, pemerintah melalui MP3EI disarankan bersinergi lebih aktif dengan pengusaha

untuk membangun pembangkit listrik baru terutama di luar Jawa. Pemerintah seyogianya membuat kebijakan energi yang bijak untuk mendukung kemajuan industri dalam negeri. Produk samping dari industri besi baja, misal terak yang mempunyai nilai jual, masih dikategorikan sebagai limbah B3. Kajian yang mendalam sebaiknya dilakukan dalam mengklasifikasikan jenis limbah dari bahan-bahan sisa pengolahan dan peleburan di industri besi dan baja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://www.stahl-online.de>, Juni 2012, Stahl-Zentrum, Wirtschaftsvereinigung Stahl, Welterzeugung 1970/2011.
- [2] <http://www.worldsteel.org>, Worldsteel Association.
- [3] Ghosh, A., Chatterjee, A. 2010. Ironmaking and Steelmaking: Theory and Practice. New Delhi: PHI Learning Private Limited.
- [4] Indonesian Iron and Steel Industry Association (IISIA) Directory. 2012.
- [5] Pardiarto, B. 2011. Peluang Bijih Besi dalam Pemenuhan Kebutuhan Komoditas Mineral Strategis Nasional. Buletin Sumber Daya Geologi, Volume 6 Nomor 2.
- [6] Haryadi, H., Saleh, R. 2012. Analisis Keekonomian Bijih Besi Indonesia. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 1:1-61.
- [7] <http://www.ani.or.id>.
- [8] Jorgenson, J.D. 2012. US Geological Survey, Mineral Commodity Summaries: Iron Ore.
- [9] <http://www.steelonthenet.com>.
- [10] <http://www.meps.co.uk>.
- [11] <http://www.midrex.com>.
- [12] <http://economictimes.indiatimes.com>
- [13] <http://www.infomine.com>.
- [14] Feinman, J., Mac Rae, D.R. 1999. Direct Reduced Iron: Technology and Economics of Production and Use. USA: Iron and Steel Society.

- [15] Chatterjee, A. 2010. Hotmetal Production by Smelting Reduction of Iron Oxide. New Delhi: PHI Learning Private Limited.

RIWAYAT PENULIS

Zulfiadi Zulhan, lahir di Aceh Utara, S1 Option Metalurgi Teknik Pertambangan ITB, S2 Rekayasa Korosi Teknik Pertambangan ITB, S3 Institute for Ferrous Metallurgy, RWTH Aachen Germany. Mendapat Ludwig von Bogdandy – prize award pada tahun 2006 dan Borchersplakette - award pada tahun 2008 dari RWTH Aachen Germany. Bekerja sebagai metallurgist di SIEMENS VAI Metals Technologies GmbH Duisburg Germany pada tahun 2006-2009. Dosen tetap di Program Studi Metalurgi FTTM-ITB.

