

## Potensi Batubara Sebagai Sumber Energi Alternatif Untuk Pengembangan Industri Logam

Muhammad Gunara

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA  
Jl. Tanah Merdeka No. 6, Kp. Rambutan, Ps. Rebo, Jakarta Timur  
Tlp. 021-8400941, 021-87782739, 87783818  
E-mail : muhammad.gunara@gmail.com

---

**Abstrak** – Batubara merupakan salah satu sumber daya alam yang keberadaannya cukup melimpah di Indonesia. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Badan Geologi, potensi tambang batubara sebesar 161 miliar ton di Indonesia, 53 persen berada di Pulau Sumatera dan hanya 47 persen berada di Pulau Kalimantan. Dewasa ini, pemanfaatan sumber energi batubara juga semakin meningkat seiring menurunnya produksi minyak bumi. Batubara adalah sumber energi terpenting, banyak dimanfaatkan untuk pembangkitan listrik, dan juga berfungsi sebagai sumber energi pokok untuk industri peleburan logam, semen dan lainnya (metalurgi, tekstil, kertas pulp). Namun demikian, batubara juga memiliki karakter negatif yaitu disebut sebagai sumber energi yang banyak menimbulkan polusi akibat tingginya kandungan karbon. Sumber energi penting lain, seperti gas alam, memiliki tingkat polusi yang lebih sedikit namun lebih rentan terhadap fluktuasi harga di pasar dunia. Dengan demikian, semakin banyak industri di dunia yang mulai mengalihkan fokus energi mereka ke batubara. Pada saat ini, pemakaian batubara yang terbanyak adalah pembangkit tenaga listrik, pabrik semen, industri lainnya (metalurgi, tekstil, kertas pulp), dan industri kecil. Hampir separuh konsumsi batubara domestik dipergunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Pemanfaatan batubara juga akan semakin dominan dengan adanya kebijakan energi nasional, dimana porsi batubara dalam energy-mix diharapkan meningkat dari saat ini mencapai 18% menjadi 33% pada tahun 2025. Hal ini mengakibatkan ketergantungan akan sumber energi batubara juga akan semakin meningkat. Batubara yang tersedia didalam negeri dapat dipergunakan sebagai sumber daya energi dan sebagai bahan reduktor di dalam industri logam. Oleh karena itu, perlu dilakukan program pemasyarakatan dan pembudayaan pemanfaatan batubara sebagai alternatif sumber energi. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan pengembangan proses pembuatan kokas, karena merupakan salah satu bahan komoditi penting yang banyak dibutuhkan untuk mendukung pengembangan industri logam. Dengan melihat ketersediaan cadangan batu bara dalam negeri yang potensial serta kebutuhan industri metalurgi yang cukup besar, maka pengembangan industri peleburan logam khususnya bijih besi dengan memanfaatkan batu bara layak untuk dilaksanakan.

**Kata kunci:** Batu bara, Energi, Industri logam

---

### I. Pendahuluan

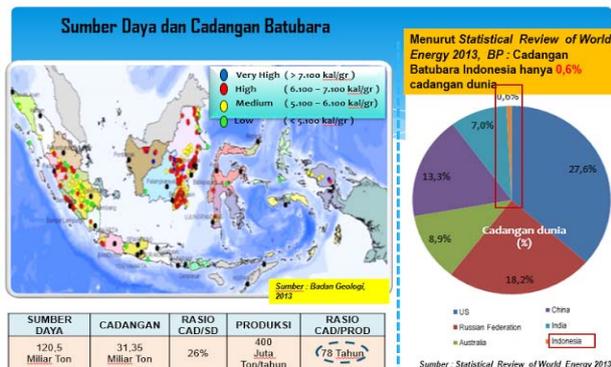
Salah satu mineral tambang yang belum dapat dimanfaatkan secara maksimal adalah bijih besi, padahal negeri kita ini tak kurang melimpahnya sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan berbagai industri. Namun rupanya kita belum mampu memanfaatkan sumber daya alam, khususnya pada kawasan industri peleburan logam sebagai salah satu sumber pendapatan negara. Industri peleburan logam di Indonesia sering menghadapi beberapa masalah, seperti ketersediaan sumber

energi sebagai bahan bakar, di lain pihak harga BBM yang berfluktuasi dan cenderung semakin tinggi, menuntut industri yang selama ini berbahan bakar minyak untuk mencari alternative pengganti bahan bakar.

Permasalahan ini dapat diatasi dengan memanfaatkan sumber daya alam yang cukup melimpah yaitu, batu bara sebagai salah satu alternatif untuk mendapatkan sumber energi dalam pengolahan bijih besi. Data penelitian menunjukkan bahwa cadangan batubara di Indonesia jauh lebih besar daripada cadangan minyak bumi dan gas alam. Diperkirakan bahwa cadangan minyak bumi dan gas alam

kemungkinan dapat habis dalam kurung waktu sekitar 20-30 tahun, sementara cadangan batubara masih mampu bertahan hingga kurung waktu hingga 150 tahun. Indonesia merupakan salah satu negara produsen batu bara. Sebagaimana laporan dari Badan Geologi Kementerian ESDM yang dikeluarkan pada 2013 lalu disebutkan, Indonesia memiliki cadangan batu bara 31 milyar ton, di mana 64 persennya merupakan batu bara dengan kadar kalori sedang (5.100 sampai 6.100 kal/gr), dan 30 persennya terdiri dari batu bara kalori rendah (di bawah 5.100 kal/gr), sisanya sebanyak 1 persen berkalori tinggi yakni 6.100 sampai 7.100 kal/gr dan kalori sangat tinggi di atas 7.100 kal/gr. Dari potensi tambang batubara sebesar 161 miliar ton di Indonesia, 53 persen berada di pulau Sumatera dan hanya 47 persen berada di pulau Kalimantan. Namun saat ini 92 persen eksplorasi dan eksploitasi batubara terdapat di wilayah Kalimantan, sedangkan di Sumatera hanya 8 persen, badan geologi, kementerian esdm mencatat potensi sumber daya batu bara sebesar 161 miliar ton, sebanyak 120 miliar ton berupa tambang terbuka, sedangkan 41 miliar ton lain berada di dalam tanah. Dari jumlah itu, total cadangan batu bara yang bisa segera dieksploitasi mencapai 28 miliar ton.

Cadangan batubara ini sebagian besar tersebar di beberapa lokasi utama, yaitu Sumatera Barat, Riau, Sumatera Selatan serta Kalimantan Timur dan Selatan, dan beberapa lokasi lainnya. Sedangkan potensi cadangan batubara yang belum tereksplorasi masih cukup besar (*Data Ditjen Minerba ESDM, 2013*).



Gambar 1. Peta Penyebaran Sumber Daya dan Cadangan Batu Bara (2013)

Selain itu, pihak Kementerian ESDM tengah mendorong penggunaan batu bara di dalam negeri dengan meningkatkan Domestik Market Obligation (DMO) rata-rata sebesar 8% per tahun. Dengan perkiraan produksi batubara 2015 hingga 2019 yang meningkat 1% per tahun, maka ekspor 2015-2019 direncanakan semakin berkurang dengan tingkat pengurangan 1,5%/tahun (Tabel 1).

Tabel 1. Rencana Produksi Batubara (2015-2019)

NO	INDIKATOR KINERJA	SATUAN	2015	2016	2017	2018	2019	KETERANGAN
5.	Pemenuhan Batubara Domestik							
a.	DMO Batubara	Juta Ton	103	111	120	130	140	Berdasarkan kebutuhan pengguna dalam negeri, naik 8%/tahun
b.	Ekspor Batubara	Juta Ton	322	318	313	308	302	Ekspor turun 1,5% per tahun
c.	Produksi Batubara	Juta Ton	425	429	434	438	442	Dikendalikan naik 1% per tahun

Penggunaan batubara sebagai sumber energi juga merupakan salah satu capaian sasaran bauran (*energy mix*) energi nasional yang dicanangkan pemerintah, hal ini dikarenakan:

- Sumber daya batubara cukup melimpah.
- Dapat digunakan langsung dalam bentuk padat, atau dikonversi menjadi gas (gasifikasi) dan cair.
- Harga batubara kompetitif dibandingkan dengan energi lain.
- Teknologi pemanfaatan batubara yang ramah lingkungan telah berkembang pesat, yang dikenal sebagai Teknologi Batubara Bersih (*Clean Coal Technology*).

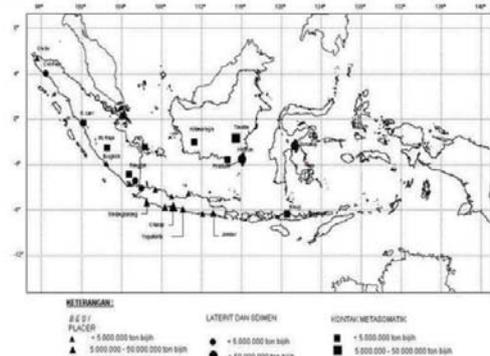
Salah satu cara untuk meningkatkan nilai ekonomis batubara saat ini, adalah dengan mengolah batubara menjadi produk kokas. Kokas merupakan salah satu bahan komoditi penting yang banyak dibutuhkan pada industri metalurgi dan hingga saat ini sebagian besar masih di impor. Karena itu, batubara sebagai mineral tambang dapat diharapkan sebagai sumber energi alternatif bagi industri dalam negeri khususnya industri logam, guna mengurangi ketergantungan terhadap impor, yang tentunya dapat menghemat devisa.



Gambar 2. Salah satu area tambang batubara di kawasan Sumatera Selatan yang memiliki deposit batubara.

## II. Potensi Cadangan Bijih Besi di Indonesia

Potensi bahan baku untuk mineral besi di Indonesia masih sangat mencukupi, dengan jumlahnya yang banyak dan tersebar diberbagai wilayah tanah air. Gambar di bawah ini memperlihatkan sebaran tersebut (Gambar 3).



Gambar 3. Sebaran wilayah potensi bijih besi di Indonesia

Beberapa wilayah yang memiliki potensi bijih besi tersebut diantaranya terdapat di Banten, Jawa Timur, Sumatera Barat dan Kalimantan Selatan. Potensi bijih besi di Banten terdapat di Kota Serang dengan perkiraan sumber daya 100.000 ton. Sementara di Jawa Timur potensi bijih besi terdapat di Kabupaten Tulungagung, Blitar dan Jember. Sumatera Barat memiliki potensi bijih besi cukup besar, diperkirakan mencapai 345,77 juta ton dengan areal seluas 4.1232 ha terletak di Kabupaten Pasaman, Kabupaten Pasaman Barat, Kabupaten Solok Selatan, Kabupaten Solok, Kabupaten Tanah Datar dan Kabupaten Dharmasraya.

Sedangkan potensi bijih besi di Kalimantan Selatan terletak pada empat daerah, yaitu Tanah Laut, Tanah Bumbu, Kota Baru, dan Balangan. Dengan cadangan terbesar dimiliki oleh Tanah Bumbu dengan indikasi sebesar 100.000.000 ton, memiliki komposisi Fe sampai 47%. Cadangan bijih besi Indonesia didominasi oleh pasir besi dan bijih besi laterit, hanya memiliki sedikit bijih yang memenuhi persyaratan konvensional. Persyaratan itu meliputi kadar besi (Fe) yang relatif tinggi (di atas 60%) dan kadar pengotor yang relatif rendah. Industri peleburan logam dengan teknologi tanur tiup, misalnya mensyaratkan kadar  $TiO_2$  maksimum 1%, sedangkan bijih besi jenis laterit memiliki kandungan besi yang rendah, kadang-kadang di bawah 50%, kandungan unsur nikel dan chromium yang tinggi.

### III. Kebutuhan Batubara Untuk Industri Pengolahan logam

Potensi batubara akan menjadi semakin menarik untuk kawasan yang sekaligus memiliki endapan mineral bijih besi yang berdampingan dengan daerah yang memiliki cukup batubara. Beberapa daerah yang memiliki keadaan seperti ini dapat ditemukan di Kalimantan Selatan dan Sumatera Barat. Meskipun belum ditemukan cadangan bijih besi dalam jumlah yang besar, ketersediaan batubara ini cukup untuk menjadi pemicu daya saing dalam pengembangan industri pengolahan logam khususnya yang berskala kecil. Pabrik pengolahan logam yang berskala kecil, misalnya kapasitas 25-100 ton per-hari perlu dibangun diberbagai daerah terutama dikawasan tambang bijih besi yang potensinya tersebar di Indonesia.

Beberapa cadangan bijih besi tidak ditemukan dalam jumlah besar disuatu kawasan, tetapi tersebar dibanyak dalam jumlah cadangan yang kecil-kecil. Karena itu, pabrik pengolahannyapun tidak perlu dalam skala besar seperti yang ada di PT. Krakatau Steel, Cilegon. Karena itu, jika tambangnya kecil-kecil dan tersebar akan meningkatkan tambahan biaya transportasi dari tambang. Pengolahan bijih besi akan mengalami kendala dalam hal ketersediaan sumber energi bahan bakar. Untuk mengatasi hal ini, bahan bakar batubara kokas dapat dijadikan alternatifnya. Pengolahan bijih besi sendiri membutuhkan teknologi yang tepat berdasarkan kokas batu bara yang jenis batubaranya adalah batubara anthrasit. Ada beberapa jenis batubara anthrasit di Indonesia, namun jumlahnya sangat kecil, dan

sebagian besar batubara yang ada memiliki kadar yang lebih rendah dibandingkan batubara anthrasit.

Oleh karena itu, teknologi pengolahannyapun disesuaikan dengan ketersediaan batu bara, apakah itu pasir besi atau bijih besi jenis laterit. Penguasaan teknologi akan memberikan peluang penghematan biaya operasi. Dapat dibayangkan berapa besar penghematan biaya transportasi yang dapat dilakukan bila proses pengolahannya dilakukan di area tambang. Yang penting adalah adanya usaha penggunaan potensi bahan baku lokal, bahkan kemungkinan pembangunan industri pengolahan bijih besi di wilayah tambang yang memiliki sumber bahan baku bijih besi dan batubara. Setiap ton besi kasar (*pig iron*) membutuhkan 1.6-2 ton bijih besi dan 0.7-1 ton kokas. Sementara kokasnya sendiri membutuhkan batubara 2-3 kali berat kokas yang dibutuhkan.

Oleh karena itu, diperlukan adanya kegiatan penelitian dan pengolahan batubara untuk dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi industri pengolahan bijih besi terutama dikawasan tambang lokal. Alangkah besarnya penghematan yang dapat dilakukan, bila kita mampu mengolah bijih besi di kawasan tambang, dan produk logamnya dapat diangkut ke daerah lain untuk kebutuhan industri. Berdasarkan data statistik, kebutuhan Indonesia akan besi saat ini dapat mencapai sekitar 7 ton pertahun dan diperkirakan pada tahun 2020 akan terus meningkat menjadi lebih dari 15 juta ton pertahun. Oleh karena itu, Indonesia perlu memanfaatkan batubara semaksimal mungkin sebagai sumber energi alternatif untuk pengembangan industri logam dalam negeri.

### IV. Batubara Sebagai Sumber Energi Industri Pengolahan logam

Salah satu sumber energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan industri pengolahan logam adalah batu bara. Dapur peleburan logam yang membutuhkan batubara sebagai sumber energi utama misalnya pada jenis tanur tiup, demikian juga dapur-dapur pengecoran seperti kupola, tukik dan dapur lainnya, memakai batubara sebagai bahan bakar dalam proses metalurgi. Sebagai bahan baku utama untuk pembuatan besi melalui proses tanur tiup umumnya memakai kokas atau arang kayu. Arang kayu sudah jarang digunakan, karena isu masalah lingkungan. Kokas dapat dibuat dengan mudah kalau menggunakan jenis batubara yang cocok untuk dibuat kokas. Batubara kokas (*coking coal*) sebagai penghasil kokas metalurgi saat ini sudah dipakai untuk pengolahan logam melalui *tanur tiup* konvensional (*blast furnace*), Kokas ini digunakan untuk menghasilkan besi kasar (*pig iron*) dalam tanur, dimana reaksi kimia berlangsung pada temperatur tinggi. Kokas dalam tanur ini merupakan sumber bahan bakar dalam tanur. Kalau tidak ada batubara kokas, maka kokas dapat dibuat dengan batubara thermal melalui dua tahap proses. Batubara mula-mula dikarbonisasi, dengan bahan pengikat (*binder*) dibuat jadi briket, kemudian dipanaskan kembali untuk mendapatkan bentuk stabil. Demikian juga batubara uap (*steam coal*) yang cukup melimpah saat ini sudah diproduksi dan mayoritas produksinya hanya untuk

keperluan ekspor dan konsumsi dalam negeri, terutama untuk pembangkit tenaga listrik. Pemanfaatan batubara uap ini untuk industri logam, belum dimanfaatkan secara baik, karena masih perlu pemilihan teknologi yang sesuai. Selain tanur tiup konvensional, ada beberapa jenis dapur yang sudah menggunakan batubara sebagai sumber energinya, yaitu pada proses reduksi langsung untuk pembuatan besi spons (*direct reduction*), proses peleburan langsung (*smelting*) dan tanur tiup mini. Proses reduksi langsung yang menggunakan batubara kini sudah diterapkan di beberapa negara seperti India dan Selandia baru. Beberapa variasi dari jenis dapur ini dapat dioperasikan dengan menggunakan sumber energi dari batubara biasa dan bukan batubara kokas. Jenis tanur tiup sangat cocok untuk dikembangkan di Indonesia yang memiliki tambang bijih besi yang tersebar di beberapa tempat dengan jumlah deposit yang terbatas. Tanur tiup mini, meskipun dengan nama generik tanur tiup, jenis dapur ini tidak membutuhkan kokas dengan persyaratan sebagaimana pada persyaratan tanur tiup konvensional. Karena dapat menggunakan jenis kokas kualitas rendah, yang diproses dari batubara uap yang sedikit memiliki sifat coking. Batubara jenis ini dapat diperoleh di beberapa tempat yang tersebar di Indonesia. Untuk kawasan tambang lokal, tanur tiup sangat sesuai, karena memiliki keunggulan-keunggulan dibandingkan dengan jenis dapur lainnya, antara lain: hanya membutuhkan persyaratan kokas ringan, tidak perlu menggunakan bahan bakar dari kokas batubara (*coking coal*), demikian juga jenis dapur ini tidak memerlukan persyaratan bijih besi yang terlalu ketat. Pengolahan bijih besi yang menggunakan jenis tanur tiup mini juga telah berkembang dengan pesat antara lain dengan mengadopsi teknologi dari tanur tiup konvensional.

Demikian pula, proses reduksi pellet bijih besi dalam tungku diam dan *tungku putar (rotary kiln)* untuk mengolah bijih besi menjadi besi spons (*sponge iron*) telah dilakukan dengan cukup memuaskan dan bahkan sudah dipatenkan (*UPT Balai Pengolahan Mineral Lampung LIPI*). Proses reduksi pellet bijih besi dilaksanakan pada temperatur 950-1100°C dalam rotary kiln menggunakan *pulverized burner* yang berbahan bakar batubara lokal.

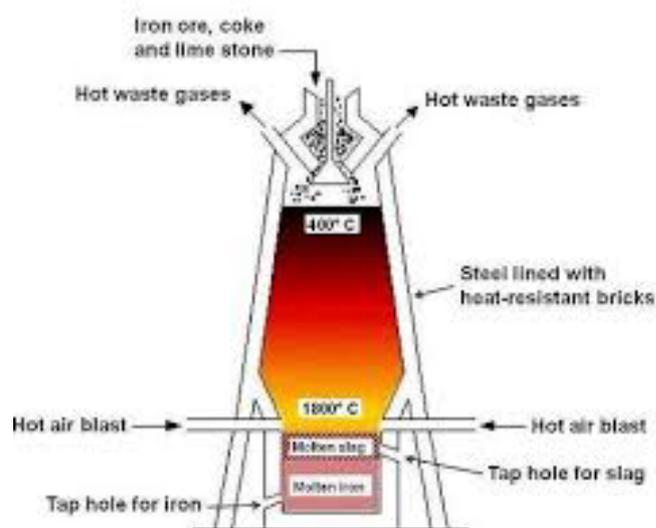
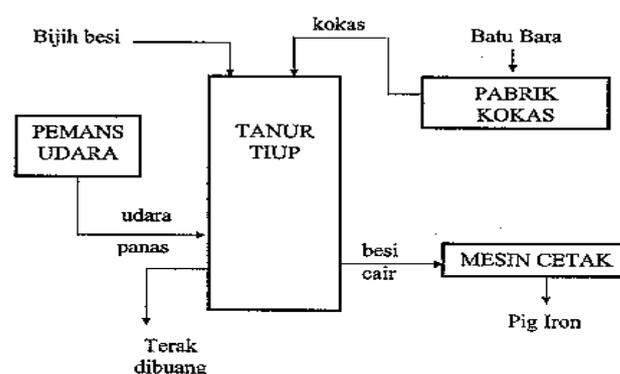
## V. Pengolahan Logam Berbahan Bakar Batubara

Berdasarkan data potensi cadangan batubara domestic yang cukup tersedia, beberapa jenis dapur pengolahan logam berbahan baku batubara, dapat diterapkan di Indonesia, antara lain:

### 5. 1. Tanur Tiup Mini

Tanur jenis ini menggunakan prinsip dasar dari tanur tiup. Tanur ini cocok untuk kawasan tambang lokal, karena memiliki beberapa keunggulan antara lain tidak diperlukan kokas dengan persyaratan tinggi dan tidak menuntut persyaratan bijih besi yang sangat ketat, dan sudah barang tentu dapat digunakan untuk mengolah bijih besi dalam kapasitas kecil. Sistem pengolahan bijih besi pada dapur ini sebenarnya mengadopsi teknologi dari tanur tiup

konvensional. Untuk jenis bijih besi lokal, tanur tiup masih dapat digunakan. Tetapi untuk kadar besi yang rendah dan kandungan pengotor yang masih tinggi, dapat meningkatkan pemakaian batubara kokas. Tanur jenis ini sudah diterapkan di UPT, Balai Pengolahan Mineral LIPI di Lampung. Disamping potensi aplikasinya, tanur tiup mini juga telah mengadopsi teknologi yang digunakan di tanur tiup konvensional seperti pemanfaatan kembali gas buang, sistem pemanasan udara dan pemasukan batubara halus pada bagian lubang pemasukan udara (*tuyere*). Karena persyaratan kokas tidak seberat seperti pada tanur tiup konvensional, maka pengembangan kokasnya tidak akan menghadapi banyak kesulitan. Dengan gabungan teknologi tanur tiup dan pembuatan kokas, jenis dapur ini sangat cocok untuk digunakan pengolahan bijih besi lokal secara lengkap. Proses pembuatan besi mentah dengan menggunakan tanur tiup dapat digambarkan diagram dalam Gambar 1, berikut ini:



Gambar 4. Proses pengolahan logam dengan tanur tiup yang memanfaatkan batubara (kokas) sebagai bahan bakar.

Pada tanur tiup, pemanasan udara dilakukan di dalam sebuah stove yang dipanaskan dengan menggunakan hasil pembakaran gas buang dari tanur. Dengan efisiensi pemanfaatan panas ini, menyebabkan proses tanur tiup

terus berkembang sebagai proses pengolahan bijih besi berbahan bakar kokas.

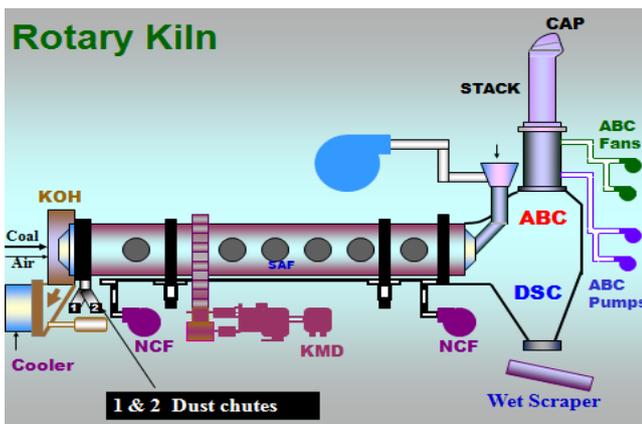
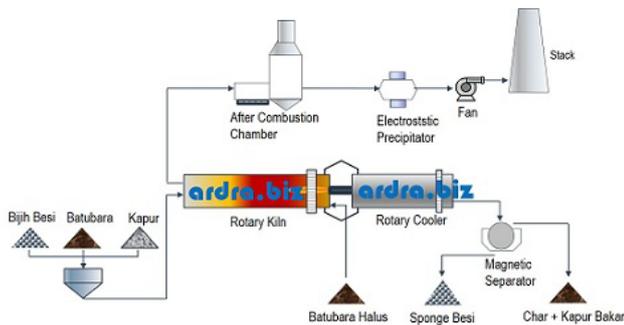
5. 2. Rotary Kiln

Jenis dapur ini terbuat dari baja berbentuk silinder horizontal, bagian dalamnya dilapisi dengan refractory brick, dan kemiringannya dapat diatur.

Pada pembuatan besi spons (sponge iron), batu bara mempunyai 3 fungsi, yaitu:

- Sebagai sumber panas untuk memanaskan umpan yang masuk ke rotary kiln
- Sebagai bahan reduktor untuk mereduksi bijih besi menjadi besi spons.
- Sebagai protector untuk menjaga agar besi spons yang dihasilkan tidak teroksidasi kembali.

Rotary kiln memiliki kelebihan dibandingkan dengan jenis dapur lainnya, karena prosesnya dapat memanfaatkan potensi sumber daya lokal yaitu tambang bijih besi rakyat. Selain itu, dapat memanfaatkan batubara lokal dan bahan bakar lainnya berbasis biomassa. Salah satu contoh tanur rotary kiln dengan sumber energi batu bara, digambarkan secara skematik seperti dibawah ini (Gambar 2): Teknologi ini layak dikembangkan oleh industri penghasil besi spons dikawasan tambang lokal yang sekaligus memiliki endapan bijih besi dan batubara.

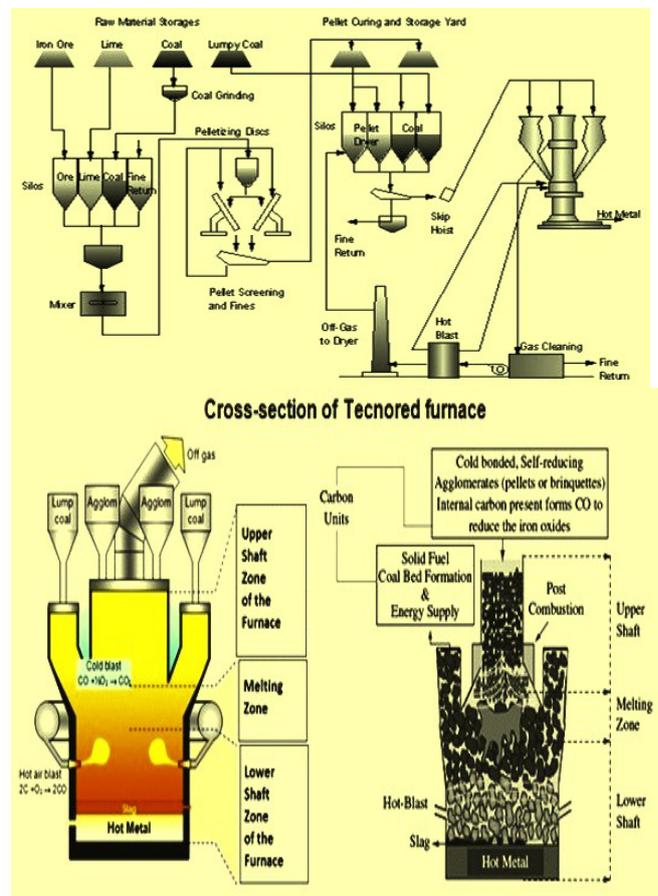


Gambar 5. Skematika pengolahan bijih besi menjadi besi spons melalui tanur Rotary Kiln.

5. 3. Tanur Tecnoled

Proses kerjanya mirip dengan dapur kupola, hanya saja memiliki dua lapis lubang pemasukan udara (tuyere). Lubang tuyere pada lapis bawah membakar batubara atau

kokas menghasilkan gas CO dan H<sub>2</sub>, sedangkan lapisan atasnya membakar CO dan H<sub>2</sub> menjadi gas CO<sub>2</sub> dan air. Pembakaran di bagian lapisan atas ini menghasilkan panas tiga kali lebih banyak daripada pembakaran pada bagian bawahnya. Hasil pembakaran di lapisan atas ini digunakan untuk memasok panas untuk proses reduksi bijih besi yang mengandung pereduksi batu bara. Karena besi yang dilebur sudah tereduksi, maka kebutuhan bahan bakar untuk proses tanur ini relatif rendah (*low cust fuel*). Karena itu, kecepatan produksi dan efisiensi energi jenis dapur ini sangat tinggi. Proses ini cukup menarik karena bentuknya yang sederhana, menggunakan bahan bakar kokas kuslitsd rendah, bahkan dapat digunakan batubara mentah sebagai sumber energinya. Untuk pengolahan bijih besi dikawasan tambang lokal yang memiliki cadangan bijih besi yang tersebar dengan sumber energi dari batubara, teknologi tanur Tecnoled ini mungkin dapat menjadi satu pilihan. Proses Tecnoled ini dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini:



Gambar 6. Skematika pengolahan bijih besi melalui proses tanur Tecnoled.

VI. Simpulan dan Saran

Dari uraian diatas, beberapa kesimpulan dan saran yang dapat diambil, antara lain; Pengembangan industri logam dikawasan tambang lokal, hendaknya tidak lagi bergantung pada bahan bakar minyak, namun dapat beralih ke batubara sebagai alternatif sumber energinya. Selain merupakan

bahan baku sebagai sumber energi panas, batubara merupakan bahan reduktor dalam industri logam, dan dapat digunakan sebagai substitusi kokas dalam tanur pengolahan bijih besi. Untuk memenuhi kebutuhan besi mentah dalam negeri, diperlukan industri peleburan yang mampu mengolah bijih besi berskala kecil, misalnya dengan pendirian tanur tiup berbahan bakar kokas. Untuk memenuhi kebutuhan batubara berkualitas, perlu dikembangkan industri pengolahan batubara dan kokas.

## Kepustakaan

- [1]. Data Statistik Peta Penyebaran Sumber Daya dan Cadangan Batu Bara, Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, ESDM, 2013
- [2]. Sarangi A, *Sponge Iron Production in Rotary Kiln*, Eastern Economic Edition, PHI Learning Private Limited, New Delhi 2011.
- [3]. *Rotary Kiln Process of Making Sponge Iron*, Chapter 2. Newagepublishers.  
<http://www.newagepublishers.com/samplechapter.pdf>.
- [4]. K.Ramu, C.Ramesh, A.Rajasekaran: '*Coal Injection in Rotary Kiln*', 2011
- [5]. José Henrique Noldin Júnior: '*Tecnored process - high potential in using different kinds of solid fuels*', Materials Reserarch. Vol.8, No.4 São Carlos, 2005.
- [6]. Buletin Sumber Daya Geologi, Vol.8, nomor 2, 2011.