

# PEMBUATAN DAN PROSPEK KEEKONOMIAN KOKAS PENGECORAN DARI BATUBARA DENGAN KADAR ABU RENDAH KALIMANTAN SELATAN

SUGANAL

Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara (*tekMIRA*)  
Jalan Jenderal Sudirman No. 623, Bandung 40211  
Telp. 022 - 6030483, Fax. 022 - 6003373  
e-mail: suganal@tekmira.esdm.go.id

Naskah masuk : 10 Februari 2009, revisi pertama : 24 Maret 2009, revisi kedua : 29 April 2009,  
revisi terakhir : Mei 2009

## SARI

Kebutuhan kokas pengecoran di Indonesia secara keseluruhan cukup besar, yaitu sekitar 150.000 ton per tahun. Untuk satu sentra industri kecil pengecoran di Ceper, berdasarkan hasil inventarisasi Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Klaten Jawa Tengah sekitar tahun 2005, membutuhkan kurang lebih 12.000 ton per tahun.

Dalam rangka pemenuhan kebutuhan kokas pengecoran dalam negeri yang berasal dari batubara Indonesia, telah dilakukan pembuatan kokas dengan sistem *double process* di Sentra Teknologi Pemanfaatan Batubara di Palimanan. Berdasarkan hasil kegiatan, bahan baku berupa batubara dikehendaki mempunyai kadar abu kurang dari 5 % agar kadar abu produk kokas maksimal 10 %, sesuai persyaratan kokas pengecoran. Batubara dengan kadar abu kurang dari 5 % dapat ditemukan di Kalimantan Selatan antara lain Waringin dan Sungai Danau.

Pelaksanaan kegiatan pembuatan kokas pengecoran tersebut menggunakan batubara Waringin dan Sungai Danau. Peralatan yang digunakan berupa *tunnel kiln*, *jaw crusher*, *hammer mill*, *double roll mixer* dan mesin briket bentuk silinder dan prisma pada kapasitas satu ton per hari. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa mutu kokas yang paling baik adalah kokas bentuk silinder dari batubara Waringin dengan *tumbler* 75%, nilai kalor 7.802 kkal/kg, adb dan abu 2,10 %. Namun demikian, kokas pengecoran dari batubara Waringin dan Sungai Danau dalam bentuk prisma maupun silinder telah sesuai persyaratan sebagai kokas pengecoran.

Hitungan ekonomi pada kapasitas 3.000 ton per tahun cukup layak diusahakan secara komersil dengan kebutuhan modal Rp 14.650.000.000,-, menghasilkan laba bersih Rp 3.546.067.000,- per tahun, IRR 29,3 % per tahun dan pengembalian modal 4,3 tahun.

Kata kunci : kokas pengecoran, prospek ekonomi, batubara abu rendah

## **ABSTRACT**

*The foundry coke need in Indonesia is fairly large, about 150,000 tonnes a year. For a small industrial center in Ceper, based on the Dinas Perindustrian dan perdagangan Kabupaten Klaten, Central Java record in 2005, the need of foundry coke was around 12, 000 tonnes per annum.*

*In order to fulfill the domestic foundry coke need from Indonesian coal, coke making by double process system was carried out in Palimanan Coal Center. Based on those experiments, the coal raw material should have ash content of less than 5 % so that maximum ash content of coke product would be less than 10%, according to the foundry coke specification. Coal containing less than 5v % my found in South Kalimantan. Some of them are found in Waringin and Sungai Danau.*

*Waringin and Sungai Danau coal were used in the foundry coke making. The equipment used were tunnel kiln, jaw crusher, hammer mill, double roll mixer and cylinder/cube briquetting machine of one ton a day capacity. The reults indicated that the best coke quality was cylinder coke briquette from Waringin coal having tumbler of 75 %, calorific value of 7,802 kcal/kg (adb) and ash content of 2.10 % (adb. The foundry coke made from Waringin and Sungai danau coals in the form of cube and cylinder fulfilled the foundry coke specifications.*

*Economic calculation for 3,000 tonnes a year was fairlyfeasible commercially , with the need of capital Rp 14,650,000,000.00, to obtain net profit of Rp 3, 546,067,000.00 per year, IRR 29.3 % and to recover the capital in 4.3 years.*

*Keywords : foundry coke, economical prospect, low ash coal*

## **1. PENDAHULUAN**

*Blue Print* Pengelolaan Energi Nasional yang merupakan dukungan terhadap Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 mengamanatkan bahwa batubara akan menduduki porsi 33% dari bauran energi nasional. Penggunaan batubara sebagai sumber energi tersebut termasuk untuk kegiatan industri diantaranya industri logam. Kokas dapat dipandang sebagai sumber energi pada industri logam antara lain industri pengecoran dan pengolahan mineral logam menjadi logam. Penggunaan kokas pada industri logam tersebut merupakan bentuk penggunaan batubara sebagai sumber energi setelah mengalami konversi berupa proses karbonisasi.

Pada tahun yang akan datang, sebagai amanat Undang Undang Mineral dan Batubara, pemanfaatan bahan tambang Indonesia seperti mineral logam diwajibkan mengalami proses nilai tambah terlebih dahulu. Proses peningkatan nilai tambah ini memerlukan kokas sehingga secara langsung konversi batubara menjadi kokas telah melaksanakan dua kegiatan nilai tambah. Kegiatan tersebut adalah konversi batubara menjadi kokas dan penggunaan kokas untuk pengecoran logam.

Berkaitan dengan kebutuhan kokas untuk industri pengecoran, industri kecil pengecoran besi sering

mengalami kesulitan pasokan kokas akibat terganggunya pemasokan kokas pengecoran impor. Selama ini kebutuhan kokas pengecoran dipenuhi dari RR China atau Taiwan. Kebutuhan kokas pengecoran di Indonesia secara keseluruhan cukup besar, sekitar 150.000 ton per tahun. Untuk satu sentra industri kecil pengecoran di Ceper membutuhkan 9.600 ton sampai 12.000 ton per tahun. Jumlah kebutuhan tersebut merupakan hasil inventarisasi Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Klaten Jawa Tengah sekitar tahun 2005.

Kokas pengecoran dapat dibuat dari karbonisasi batubara. Namun karbonisasi batubara Indonesia umumnya hanya akan menghasilkan kokas yang rapuh sehingga tidak dapat digunakan pada pengecoran besi. Rاپuhnya produk kokas batubara Indonesia karena batubara tersebut merupakan batubara yang bersifat non coking. Upaya untuk mendapatkan kokas yang kuat harus dilakukan melalui pembriketan.

Berdasarkan hasil kegiatan pembuatan kokas terdahulu, diperoleh data bahwa rendemen karbonisasi batubara umumnya mencapai 50 % (Suganal dan Nana 2004; Suganal 2006 dan Suganal 2007). Sementara itu, kadar abu batubara merupakan material yang inert pada proses karbonisasi sehingga jumlah beratnya selalu utuh dan prosentase abu akan meningkat dua kali dalam kokasnya. Kondisi tersebut

secara tidak langsung menunjukkan bahwa bahan baku kokas dari batubara diutamakan berupa batubara kadar abu rendah.

Kegiatan pembuatan kokas pengecoran sangat diperlukan sebagai upaya riil penanggulangan kelangkaan kokas pengecoran yang terjadi saat ini. Upaya tersebut dilaksanakan dengan melakukan ujicoba produksi kokas pengecoran menggunakan batubara kadar abu rendah dari Kalimantan Selatan, yaitu batubara Sungai Danau dan batubara Waringin. Berdasarkan hasil ujicoba tersebut dibuat kajian prospek keekonomian untuk mendapatkan kemungkinan kelayakan dari produksi kokas pengecoran tersebut. Hasil ujicoba dan hasil kajian prospek keekonomian sangat berguna bagi para pemangku kepentingan yang berminat pada usaha pembuatan kokas pengecoran dari batubara Indonesia, terutama batubara kadar abu rendah Kalimantan Selatan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pembuatan Kokas Pengecoran

Kokas dibuat melalui proses karbonisasi batubara, yaitu proses pemanasan tanpa atau miskin oksigen. Karbonisasi batubara menjadi kokas akan meliputi beberapa perubahan fisik dan kimiawi yang sangat kompleks dan majemuk. Beberapa perubahan fisik tersebut adalah pelunakan, devolatilisasi, pengembangan dan akhirnya pemadatan kembali. Beberapa perubahan kimiawi yang terjadi antara lain perengkahan (*cracking*), depolimerisasi, polimerisasi dan juga kondensasi (Perry, 2008). Batubara yang digunakan pada pembuatan kokas sebaiknya berupa batubara jenis *coking coal*. Pemanasan batubara jenis *coking coal* pada saat proses karbonisasi akan menghasilkan gumpalan butiran kokas yang kuat dan padat, sedangkan batubara *non coking* tidak dapat membentuk padatan yang keras, cenderung rapuh dan remuk. Kecenderungan rapuh dan remuk merupakan akibat dari komposisi maseral yang terkandung dalam batubara tersebut. Pembuatan kokas dari batubara *non coking coal* memerlukan modifikasi proses karbonisasi antara lain melalui pembriketan, pencampuran bahan baku dengan penambahan *coking coal*, merubah struktur molekul melalui hidrogenasi dan sebagainya. Metode pembuatan kokas melalui pembriketan pada skala pilot plant telah dilakukan di Turki dengan menggunakan batubara *non coking* dari Armutcuk (Ozden dan Gencer, 1983).

Realisasi proses pembuatan kokas dari batubara *non coking* dapat dilakukan dengan mencampur kokas yang diperoleh dari hasil karbonisasi batubara dengan material senyawa karbon yang bersifat *coking substance* dalam suatu bejana pencampur, umumnya digunakan *double roll mixer*. Material baru yang diperoleh dicetak membentuk briket dan dikarbonisasi kembali agar *coking substance* senyawa karbon membentuk kokas dan mengikat kokas dari batubara *non coking* sehingga diperoleh gumpalan kokas yang kuat. Proses tersebut dapat diterapkan untuk batubara Indonesia terutama untuk menghasilkan kokas pengecoran.

Spesifikasi kokas pengecoran diharapkan memenuhi beberapa persyaratan antara lain kadar zat terbang kurang dari 1 %, kadar sulfur total kurang dari 0,7 %, kadar abu kurang dari 8 % serta ukuran butir lebih besar dari 10 cm (Perry, 2008).

### 2.2. Penggunaan Kokas Pengecoran

Secara umum kegunaan kokas pengecoran adalah (Kenji dan Tata, 1996) :

- sebagai sumber panas, kokas bereaksi dengan oksigen dari tiupan udara menghasilkan panas untuk melelehkan besi dan slag,
- sebagai bahan kimia (chemicals), kokas bereaksi dengan oksigen dan CO<sub>2</sub> membentuk gas pereduksi untuk proses reduksi oksida metal dalam bahan baku kegiatan pengecoran besi,
- sebagai pembentuk unggun yang kuat, porous dan *media permeable* agar sirkulasi dan distribusi gas pereduksi optimal.

Realisasi penggunaan kokas pengecoran umumnya dilakukan dalam suatu tanur yang disebut kupola. Kupola merupakan versi kecil tanur tinggi. Umpan kupola merupakan campuran kokas, pig iron, besi tua, dan kadang-kadang bahan paduan. Panas dari pembakaran kokas mencairkan umpan dan menghasilkan bermacam tingkatan *cast iron* (besi cor) (Kenji dan Tata, 1996).

Sentra industri pengecoran banyak ditemukan di Jawa Tengah antara lain Tegal (kota Tegal dan kecamatan Kramat) dan Klaten (kecamatan Ceper). Pada sentra industri pengecoran tersebut umumnya menggunakan tungku tukik dan sebagian kupola untuk aktivitas pengecorannya. Produk pengecoran umumnya suku cadang kendaraan bermotor, suku cadang mesin pabrik dan perkakas rumah tangga bahkan alat ukur (timbangan dan lain lain).

Kegunaan kokas lainnya adalah sebagai *chemicals* pada industri pembuatan besi dan baja dengan spesifikasi relatif lebih sederhana, antara lain : ukuran butir cukup 45 mm sampai dengan 60 mm, *stability factor* minimum mencapai 58, kadar abu maksimum 9,8 %, kadar Sulfur total maksimum dianjurkan 0,82 %, kadar zat terbang maksimum 1,5 % (max) (Wilson,1960; <http://www.answer.com>; <http://www.energymanagertraining.com>). Bahan baku pembuatan besi terdiri dari bijih besi, besi scrap dan kokas yang dimasukkan kedalam tungku *blast furnace* pada temperatur > 1.926 °C (Wilson, 1960; <http://www.energymanagertraining.com>).

### 3. METODOLOGI

Kegiatan pembuatan kokas pengecoran dari batubara abu rendah Kalimantan Selatan pada kapasitas satu ton per hari dilakukan dalam dua sub kegiatan utama yaitu analisa bahan baku dan produk dan pembuatan kokas pengecoran.

#### 3.1. Analisa Bahan Baku Dan Produk

Analisa kimia dan fisika terhadap bahan baku dan produk kokas berupa analisa proksimat, sulfur total, nilai kalor dan *tumbler* menggunakan metode ASTM.

#### 3.2. Pembuatan Kokas Pengecoran

Pada kegiatan pembuatan kokas pengecoran, dilakukan dengan variasi bahan baku dan variasi pencetakan briket kokas. Variasi bahan baku berupa batubara Waringin dan batubara Sungai Danau. Variasi pencetakan briket kokas meliputi pencetakan briket bentuk prisma dan bentuk silinder. *Variable* tetapnya berupa kondisi optimal operasi pembuatan kokas pengecoran yang telah diperoleh pada kegiatan sebelumnya antara lain (Suganal dan Nana 2004; Suganal, 2006 dan Suganal, 2007):

- Karbonisasi batubara : temperatur karbonisasi > 900°C selama 4 jam
- Pembriketan kokas : ukuran serbuk kokas – 20 mesh, bahan pengikat aspal sebanyak 12,5 %, tekanan pembriketan 200 kg/cm<sup>2</sup>
- Rekarbonisasi : temperatur rekarbonisasi > 900°C selama 4 jam.

##### 3.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada pembuatan kokas pengecoran dari batubara abu rendah Kalimantan Selatan pada kapasitas satu ton per hari di Palimanan meliputi :

- *tunnel kiln*, berfungsi untuk karbonisasi batubara dan rekarbonisasi briket kokas,
- *jaw crusher*, berfungsi untuk memecah butiran kokas dari butir ± 5 cm menjadi ± 1 cm,
- *hammer mill*, berfungsi menggerus butiran kokas ± 1 cm menjadi serbuk kokas – 20 mesh,
- Aspal *smelter*, berfungsi mencairkan aspal dari drum aspal menjadi aspal cair yang encer,
- *double roll mixer*, berfungsi mencampur serbuk kokas dengan aspal cair
- mesin briket, mencetak adonan briket menjadi briket kokas dalam bentuk silinder dan bentuk prisma,
- alat bantu terdiri atas *conveyor belt* dan *pneumatic conveyor*, berfungsi memindahkan butiran kokas dari satu peralatan ke peralatan lainnya.

##### 3.2.2. Bahan yang digunakan

Bahan bahan yang digunakan antara lain :

- Batubara, sebagai bahan baku utama pembuatan kokas pengecoran berasal dari daerah Waringin dan Sungai Danau, Kalimantan Selatan, yang diperoleh dari *stock pile* batubara pelabuhan Cirebon.
- Aspal, sebagai bahan imbuhan yang merupakan bahan pengikat pembuatan briket kokas.
- Kerosin, sebagai bahan bakar karbonisasi, rekarbonisasi briket kokas dan pemanasan aspal.

##### 3.2.3 Prosedur percobaan

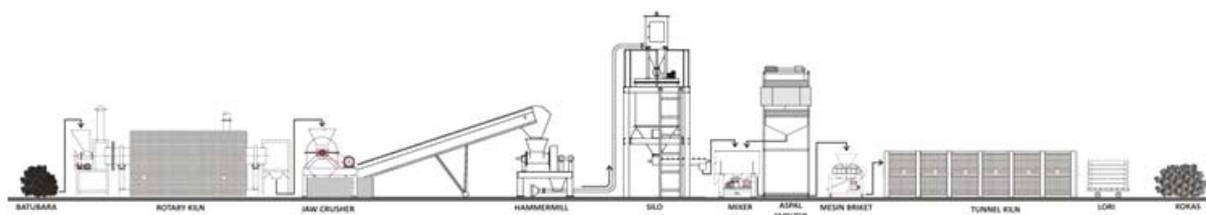
Pembuatan kokas pengecoran dari batubara kadar abu rendah dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

- Karbonisasi batubara, bahan baku berupa batubara dikarbonisasi dalam *tunnel kiln* dengan sistim pemanasan tak langsung selama 4 jam pada suhu > 900 °C. Hasil karbonisasi berupa kokas bongkahan atau serpihan.
- Kokas bongkahan digerus menggunakan *jaw crusher* dan dilanjutkan dengan penggilingan kokas menggunakan *hammer mill* untuk mendapatkan serbuk kokas – 20 mesh. Serbuk kokas disimpan dalam *bin* atau *hopper*.
- Serbuk kokas dicampur dengan aspal cair dengan komposisi 12,5 % aspal cair dan 87,5 % serbuk kokas dalam *double roll mixer* pada suhu sekitar

70°C – 80°C dengan waktu tinggal pencampuran selama 15 menit. Hasil pencampuran disebut adonan briket.

- d. Adonan briket dicetak dengan mesin briket *double roll* untuk menghasilkan briket kokas bentuk prisma berukuran 5 cm atau menggunakan mesin briket berpiston untuk mendapatkan briket kokas bentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 10 cm. Briket kokas yang terbentuk dipindahkan ke daerah sekitar *tunnel kiln* menggunakan *belt conveyor* mendatar sambil menunggu briket mengalami pengerasan karena pendinginan udara.
- e. Briket kokas dimasukkan ke dalam *tube – tube* yang tersusun di atas lori-lori dan ditutup menggunakan tutup metal yang berbentuk silinder. Lori – lori ditempatkan pada tunnel kiln untuk dipanaskan pada suhu 900 °C selama 4 jam dengan bahan bakar kerosin. Tahap operasi ini disebut rekarbonisasi. Setelah rekarbonisasi dianggap selesai, lori-lori dikeluarkan dari *tunnel kiln* dan dibiarkan mendingin secara alami dan selanjutnya briket kokas dibongkar dari tube. Produk akhir ini disebut kokas dalam bentuk briket yang cocok untuk kokas pengecoran.

Bagan alir pembuatan kokas terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Pembuatan Kokas Pengecoran

Tabel 1. Analisis Batubara

Bahan baku/umpan	Air, % adb	Abu, % adb	Zat Terbang, % adb	Karbon Padat, % adb	Nilai Kalor, kkal/kg, adb	Sulfur Total, % adb
Batubara Waringin	15,32	0,50	43,97	40,21	5.784	0,25
Batubara Sungai Danau	12,14	3,41	42,92	41,53	5.505	0,12

#### 4. HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Bahan Baku Berupa Batubara Kalimantan Selatan

Berdasarkan hasil analisa pada Tabel 1, batubara Kalimantan Selatan yang berasal dari Waringin dan Sungai Danau sebagai umpan pembuatan kokas pengecoran masih cukup baik, terutama kadar abu hanya 0,50 % dan 3,41 %. Untuk mendapatkan kokas yang bermutu baik maka kadar abu disyaratkan kurang dari 5 % agar kadar abu pada kokas tidak lebih dari 10%. Hal ini penting, karena kokas pengecoran diutamakan mempunyai kadar abu kurang dari 12 %. Sedangkan pada umumnya batubara Indonesia mempunyai kadar air yang tinggi (sekitar 35%) dan kadar zat terbang tinggi (sekitar 40%) sehingga rendemen karbonisasi acapkali hanya sebesar 40 %. Oleh karena itu, kadar abu kokas akan meningkat dua setengah kali lipat dari kadar abu umpan batubaranya. Nilai kalor batubara tidak perlu tinggi karena karbonisasi secara otomatis akan menaikkan nilai kalor. Ditinjau dari kadar Sulfur batubara, maka batubara Kalimantan Selatan tersebut sangat cocok sebagai bahan baku kokas mengingat kadar sulfur total hanya 0,25 % dan 0,12 %. Sulfur yang bersifat pengotor pada batubara dikehendaki kadar maksimum hanya sampai 1 %. Secara umum, batubara Kalimantan Selatan dari daerah Waringin dan Sungai Danau cukup baik sebagai bahan baku

pembuatan kokas pengecoran.

Pengamatan fisik umpan batubara : bongkahan mudah hancur jika disimpan di ruang terbuka (terkena panas matahari maupun perubahan temperatur pada udara terbuka). Kemudahan hancurnya batubara selama penyimpanan di udara terbuka merupakan ciri umum dari batubara Indonesia.

Ditinjau dari pengadaan bahan baku batubara, saat ini mulai sulit mendapatkan batubara dengan kadar abu rendah seperti batubara dari daerah Waringin dan daerah Sungai Danau, Kalimantan Selatan yang mempunyai kadar abu kurang dari 5 %. Dengan demikian untuk penerapan pada skala komersil perlu pendekatan dengan pemilik tambang batubara di sekitar Kalimantan Selatan yang mempunyai cadangan batubara berkadar relatif abu rendah.

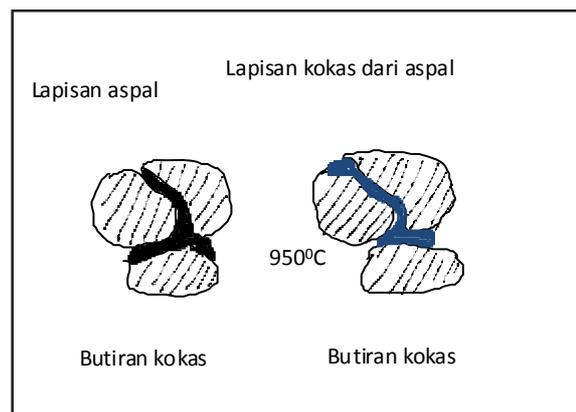
#### 4.2. Operasi Pembuatan Kokas Pengecoran

Operasi karbonisasi batubara menggunakan tunnel kiln dilakukan dengan menempatkan butiran batubara bongkah berukuran lebih besar dari 5 cm dalam drum bekas berkapasitas 25 liter. Drum – drum berisi batubara selanjutnya ditempatkan pada lori lori. Lori lori tersebut dimasukan dalam tunnel kiln untuk dilakukan karbonisasi dengan cara memanaskan drum drum tersebut dalam tunnel kiln. Operasi karbonisasi batubara berlangsung selama 4 jam pada temperatur 900 °C. Untuk setiap interval waktu 4 jam, lori lori dikeluarkan dari tunnel kiln dan diganti dengan lori baru yang berisi batubara. Selama karbonisasi berlangsung, sejumlah besar zat terbang terdevolatilisasi dan terbakar dalam tunnel kiln. Terbakarnya zat terbang merupakan sumber energi untuk karbonisasi sehingga mengurangi energi dari pembakaran kerosin.

Pencampuran bahan pengikat dilakukan dengan *double roll mixer*. Adonan briket segera dicetak dengan mesin briket. Pada operasi pembriketan digunakan dua jenis mesin briket yaitu bentuk silinder dan bentuk prisma. Pemilihan bentuk kokas berupa prisma dan silinder bermaksud untuk mengantisipasi kebutuhan kokas di pasaran. Bentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 10 cm umumnya disukai oleh pengrajin besi cor dengan alasan ukuran kokas impor rata rata 10 cm. Bentuk prisma dipilih karena produktivitas mesin briket tipe double roll relatif lebih besar dan energi listrik yang dibutuhkan lebih kecil. Selain itu, terdapat informasi lisan bahwa pengolahan bijih besi akan menggunakan kokas dengan butiran sekitar 5 cm. Teknologi ini telah dikembangkan dan dimanfaatkan di Cina.

Briket kokas bentuk silinder maupun prisma dikarbonisasi kembali (rekarbonisasi) untuk menghilangkan zat terbang pada aspal dan melaksanakan proses curing (mengeraskan briket kokas). Operasi berlangsung pada 900 °C selama 4 jam. Sistem operasi rekarbonisasi sama dengan karbonisasi batubara hanya briket kokas ditempatkan dalam tube tube tahan panas yang disusun pada lori lori. Selama pemanasan berlangsung akan terjadi proses karbonisasi dari lapisan aspal dan membentuk lapisan kokas yang mengikat butiran butiran kokas sehingga tercipta gumpalan kokas yang kuat yang dapat memenuhi sifat fisik kokas pengecoran. Butiran butiran partikel kokas – 20 mesh terikat satu dengan lainnya oleh lapisan kokas dari aspal seperti terlihat pada Gambar 2. Gambar 3 merupakan hasil kegiatan pembuatan kokas.

Hasil pemotretan dengan mikroskop petrografi pada bahan baku (batubara) dan kokas hasil karbonisasi



Gambar 2. Mekanisme pengikatan partikel kokas

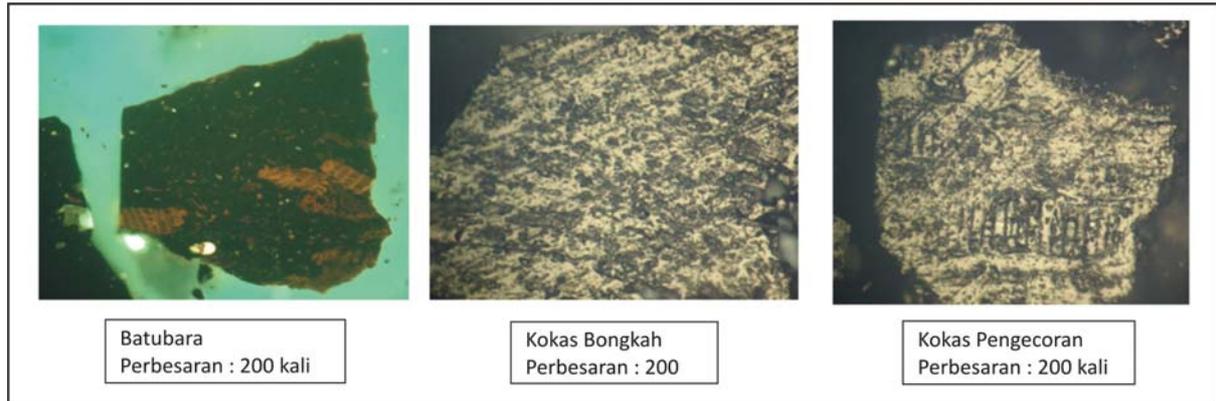


Gambar 3. Produk Kokas Pengecoran

pada *tunnel kiln* serta kokas hasil rekarbonisasi berupa kokas pengecoran berbentuk briket kokas bentuk prisma terlihat bahwa tekstur kokas bongkah masih terdapat pori-pori berwarna hitam, sedangkan kokas pengecoran terlihat lebih *massive* dan rapat dan dapat disimpulkan bahwa butiran kokas telah terikat menyatu membentuk kokas yang lebih padat karena lapisan aspal telah berubah menjadi kokas seperti terlihat pada Gambar 4.

Amerika Serikat hanya mensyaratkan nilai tumbler 55 – 65 (Perry, 2008).

Ditinjau dari karakteristik fisik pada kokas pengecoran hasil kegiatan litbang tersebut pada Tabel 2., maka kokas pengecoran bentuk silinder dari batubara Waringin mempunyai karakter fisik paling baik. Hal ini ditunjukkan dari hasil tumbler yang mencapai 75 %. Pada pencetakan briket kokas bentuk silinder



Gambar 4. Petrografi Bahan Baku Dan Produk

Kualitas kokas pengecoran yang diperoleh telah menunjukkan sebagai kokas pengecoran dengan kualitas baik seperti terlihat Tabel 2.

akan terjadi jeda pemampatan, meskipun sangat singkat, yang memungkinkan pemadatan yang optimal dibandingkan pencetakan briket kokas bentuk

Tabel 2. Analisis Kokas Pengecoran

No	Bentuk Kokas	Asal batubara	Kadar air, % adb	Kadar abu, %adb	Kadar zat terbang, % adb	Karbon padat, %adb	Sulfur total, %adb	Nilai kalor, kkal/kg adb	Tumbler, %
1	Silinder	Sungai Danau	2,07	6,5	1,81	88,62	0,81	7.271	65,84
2	Prisma	Sungai Danau	1,83	8	1,32	88,85	0,81	7.321	62,38
3	Silinder	Waringin	0,86	2,10	0,65	96,39	0,57	7.802	75,0
4	Prisma	Waringin	0,48	6,56	1,26	91,70	0,62	7.765	65,6

Sebagai perbandingan, konsumen atau pengrajin pengecoran di Ceper, Klaten, Jawa Tengah hanya mensyaratkan mutu kokas pengecoran minimal adalah : kadar air 4 %, kadar abu 12 %, kadar Sulfur total 0,6 %, kadar zat terbang 2,5 % dan nilai kalor 7.000 kkal/kg. Bahkan kokas pengecoran di luar negeri hanya mensyaratkan kadar zat terbang kurang dari 1 %, kadar sulfur total kurang dari 0,7 %, kadar abu kurang dari 8 % serta ukuran butir lebih besar dari 10 cm (Perry, 2008). Untuk sifat fisik *tumbler*,

prisma yang dicetak dengan mesin briket *double roll*. Namun pencetakan briket bentuk silinder memerlukan daya yang lebih besar dan produktivitas yang lebih kecil.

Pengamatan fisik terhadap produk kokas pengecoran : berbutir kuat, ikatan butiran serbuk kokas dalam briket kokas sangat kuat tidak mudah rontok jika tergesek. Meskipun produk pengecoran ini tidak diujicobakan pada kegiatan pengecoran besi, namun

berdasarkan hasil ujicoba penggunaan kokas sebelumnya dengan spesifikasi seperti pada Tabel 2, sangat baik hasilnya dengan coke ratio mendekati 7 (Suganal dan Nana, 2004).

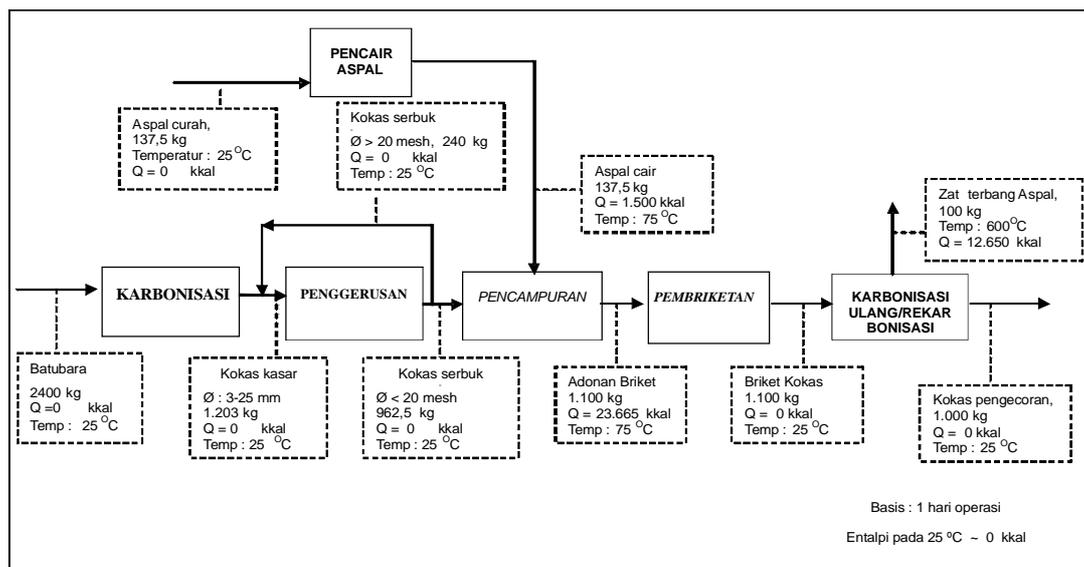
Ditinjau dari karakteristik kimiawi pada kokas pengecoran hasil kegiatan litbang tersebut pada Tabel 2, maka kokas pengecoran bentuk silinder dari batubara Waringin mempunyai karakter kimia paling baik karena kadar abunya sangat kecil, hanya 2,1 %. Hal ini berkaitan dengan bahan baku batubara Waringin yang berkadar abu hanya 0,5 %. Untuk kokas pengecoran bentuk prisma yang hanya berukuran 5 cm, terjadi peningkatan kadar abu yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan kadar abu batubara asalnya. Hal demikian berkaitan dengan waktu tinggal proses rekarbonisasi. Dengan ukuran butir kokas bentuk prisma yang lebih kecil tersebut maka waktu rekarbonisasi akan lebih singkat dibandingkan dengan waktu rekarbonisasi kokas bentuk silinder. Kelebihan waktu tinggal rekarbonisasi berpotensi pada terbakarnya permukaan kokas sehingga akan berakibat pada peningkatan kadar abu. Hal ini terlihat pada kadar abu kokas bentuk prisma baik kokas dari batubara Sungai Danau maupun kokas dari batubara Waringin. Namun demikian, kadar abu produk kokas tersebut relatif masih rendah. Kadar abu kokas yang rendah sangat menguntungkan pada operasi pengecoran besi karena akan mengurangi pembentukan *slag* dan menjaga suhu produk besi cair tetap tinggi. Hal ini terjadi karena operasi pengecoran berlangsung pada suhu diatas 1.300°C, dimana abu batubara mulai meleleh.

Proses pelelehan abu akan memerlukan kalor yang besar dan akan diambil dari sistem pembakaran yang sedang berlangsung pada pengecoran besi tersebut sehingga dapat mengurangi kalori pada proses pencairan besi dan dapat berakibat langsung pada penurunan temperatur besi cair.

Dalam suatu proses produksi selalu diawali dengan perhitungan neraca massa dan neraca energi berdasarkan kondisi proses optimal yang telah diperoleh dari suatu rangkaian percobaan pembentukan produk. Berdasarkan penelitian dari beberapa umpun batubara dan variasi proses yang telah dilaksanakan Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara dalam hal pembuatan kokas dari batubara *non coking* Indonesia diperoleh kondisi proses optimal antara lain( Suganal, 2006; Suganal, 2007) :

- karbonisasi batubara : temperatur karbonisasi > 900°C selama 4 jam
- pembriketan kokas : ukuran serbuk kokas – 20 mesh, bahan pengikat aspal sebanyak 12,5 %, tekanan pembriketan 200 kg/cm<sup>2</sup>
- rekarbonisasi : temperatur rekarbonisasi > 900°C selama 4 jam.

Pada penyusunan neraca massa dan neraca energi, kapasitas proses ditentukan sebesar 1.000 kg per hari sesuai kapasitas peralatan terkecil yang digunakan pada pilot plant kokas, Sentra Teknologi Pemanfaatan Batubara, Palimanan. Perhitungan neraca massa dan neraca energi tercantum pada Gambar 5.



Gambar 5. Neraca Massa Dan Neraca Energi Pembuatan Kokas Pengecoran

### 4.3. Prospek Pembuatan Skala Komersil

Akhir dari suatu kegiatan penelitian dan pengembangan adalah hitungan ekonomi untuk penilaian kelayakan usaha secara komersil. Pada kegiatan pembuatan kokas pengecoran telah diperoleh beberapa parameter proses yang sudah dapat diterapkan secara komersil meskipun masih pada kapasitas terbatas. Hitungan ekonomi dilakukan pada kapasitas 3.000 ton per tahun atau sekitar 10 ton per hari. Kapasitas tersebut merupakan kapasitas yang cukup ideal untuk memasok satu sentra industri pengecoran logam. Jenis dan harga peralatan yang digunakan merupakan masukan dari *basic design* pada

tahun 2005 (Suganal, 2006; Suganal 2007).

Asumsi : Harga batubara : US\$ 60 / ton ≈  
Rp. 660.000,-/ton  
(1 US\$ ≈ Rp11.000,-)  
Bahan pengikat briket kokas :  
aspal petroleum  
Bahan bakar : batubara serbuk –  
30 mesh menggunakan pembakar siklon

#### 4.3.1 Kebutuhan Peralatan

Kebutuhan peralatan terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Kebutuhan Peralatan dan Pendukung Pembuatan Briket kokas

No	Nama Alat	Harga	
1	<b>Tungku karbonisasi</b>	<i>Rail circuit</i>	Rp. 60.000.000,-
		Lori	Rp. 770.000.000,-
		Sagar	Rp. 1.200.000.000,-
		<i>Loading station</i>	Rp. 90.000.000,-
		<i>Tunnel kiln</i>	Rp. 440.000.000,-
		<i>Unloading station</i>	Rp. 78.000.000,-
		<i>Driving station</i>	Rp. 500.000.000,-
		<i>Cooling down</i>	Rp. 290.000.000,-
		<b>Total</b>	<b>Rp. 3.428.000.000,-</b>
2	<b>Mesin briket</b>	<i>Milling unit</i>	Rp. 130.000.000,-
		<i>Asphalt smellter</i>	Rp. 48.000.000,-
		<i>Mixing unit</i>	Rp. 70.000.000,-
		<i>Briquetting machine</i>	Rp. 150.000.000,-
		<i>Conveyor unit dan silo</i>	Rp. 160.000.000,-
		<b>Total</b>	<b>Rp. 558.000.000,-</b>
3	<b>Tungku rekarbonisasi</b>	<i>Rail circuit</i>	Rp. 20.000.000,-
		Lori	Rp. 403.000.000,-
		Sagar	Rp. 982.000.000,-
		<i>Loading station</i>	Rp. 60.000.000,-
		<i>Tunnel kiln</i>	Rp. 720.000.000,-
		<i>Unloading station</i>	Rp. 78.000.000,-
		<i>Driving station</i>	Rp. 500.000.000,-
		<i>Cooling down</i>	Rp. 300.000.000,-
		<b>Total</b>	<b>Rp. 3.063.000.000,-</b>
	<b>Total Biaya Peralatan</b>	<b>Rp. 7.049.000.000,-</b>	

Catatan : Harga dibuat pada tahun 2005 dan telah disesuaikan pada tahun 2008

### 4.3.2 Kebutuhan Bangunan

No	Nama Bangunan	Harga
1	Stock Pile Batubara 15mx15m	Rp. 225.000.000,-
2	Perkantoran 50m <sup>2</sup> , 1 unit	Rp. 100.000.000,-
3	Kafetaria 50m <sup>2</sup> , 1 unit	Rp. 100.000.000,-
4	Mushola, 50m <sup>2</sup> , 1 unit	Rp. 50.000.000,-
5	Gudang produk 15m x 15m	Rp. 225.000.000,-
6	Gudang Bahan-bahan, 15m x 15m	Rp. 225.000.000,-
7	Parkir	Rp. 50.000.000,-
8	Bangunan Pabrik, 2 unit, 15m x 15m	Rp. 2.400.000.000,-
9	Jalan Lingkungan Pabrik	Rp. 750.000.000,-
<b>Total</b>		<b>Rp. 4.125.000.000,-</b>

Catatan : Harga dibuat pada tahun 2005 dan telah disesuaikan pada tahun 2008

### 4.3.3 Kebutuhan Lahan

Tanah 1 ha Rp. 500.000.000,-

### 4.3.4 Perincian Capital Cost

#### 4.3.4.1 Fixed Capital Cost

a. Peralatan/mesin	Rp. 7.049.000.000,-
b. Bangunan	Rp. 4.125.000.000,-
c. Perijinan	Rp. 50.000.000,-
d. Contractor Fee, 1.5% x Biaya peralatan	Rp. 106.000.000,-
e. Feasibility Fee, % x Biaya peralatan	Rp. 212.000.000,-
f. Trial run dan jasa konstruksi	Rp. 600.000.000,-
<b>Total</b>	<b>Rp. 12.142.000.000,-</b>

#### 4.3.4.2 Working Capital Cost (WCC) untuk 2 bulan

a. Bahan baku	Rp. 825.000.000,-
b. Bahan pembantu	Rp. 520.000.000,-
c. Bahan bakar	Rp. 300.000.000,-
d. Gaji karyawan	Rp. 143.000.000,-
e. Persediaan kas	Rp. 100.000.000,-
f. Pengemasan	Rp. 50.000.000,-
g. Listrik PLN	Rp. 70.000.000,-
<b>Total</b>	<b>Rp. 2.008.000.000,-</b>

### 4.3.4.3. Kebutuhan Lahan

Lahan Lokasi Pabrik, 1 ha **Rp. 500.000.000,-**

Total Kebutuhan Investasi

Total Investasi =

*Fixed Capital Cost + Working Capital Cost + Kebutuhan Lahan Pabrik = Rp. 12.142.000.000,- + Rp. 2.008.000.000,- + Rp. 500.000.000,- =*  
**Rp. 4.650.000.000,-**

Kebutuhan investasi berupa modal sendiri.

Perincian kebutuhan dana dalam pembuatan Pabrik Kokas dapat dilihat pada Tabel 4.

### 4.3.5. Biaya Operasional Tahunan

*Variable Cost*

- Bahan Baku, 7500 ton, @ Rp. 660.000,-/t	Rp. 4.950.000.000,-
- Bahan Penunjang (aspal), 375 ton, @ Rp 1.200.000,-/160 kg	Rp. 2.812.500.000,-
- Bahan Bakar (batubara) Rp. 600/kg briket kokas	Rp. 1.800.000.000,-
- Gaji karyawan produksi	Rp. 486.000.000,-
- Pengemasan	Rp. 150.000.000,-
<b>Total</b>	<b>Rp. 10.198.500.000,-</b>

Tabel 4. Kebutuhan Dana Investasi

No	Kegiatan	Jumlah dana
1	Pengadaan Lahan	Rp 500.000.000,-
2	Pengadaan Peralatan/Mesin	Rp 7.049.000.000,-
3	Pengadaan Bangunan	Rp 4.125.000.000,-
4	Modal Kerja	Rp 2.008.000.000,-
5	Perijinan, Trial Run, Engineering Fee, Construction Fee, Contractor Fee, dan Feasibility Fee	Rp 968.000.000,-
<b>Total</b>		<b>Rp 14.650.000.000,-</b>

*Fixed Cost*

- Gaji karyawan non produksi	Rp.	372.000.000,-
- Biaya Telephone	Rp.	12.000.000,-
- Biaya Administrasi	Rp.	24.000.000,-
- Listrik PLN 60 KVA	Rp.	420.000.000,-
- Depresiasi Alat, 10% x Rp. 7.049.000.000,-	Rp.	704.900.000,-
- Depresiasi Bangunan, 5% x Rp. 4.125.000.000,-	Rp.	206.250.000,-
- Amortisasi, 10% x Rp. 968.000.000,-	Rp.	9.680.000,-
- Asuransi, 1% x Rp. 7.049.000.000,-	Rp.	704.900.000,-
- Perawatan, 2% x Rp. 7.049.000.000,-	Rp.	140.980.000,-
- Pajak Kekayaan, 2% x Rp. 7.049.000.000,-	Rp.	140.980.000,-
<b>Total</b>	<b>Rp.</b>	<b>2.735.690.000,-</b>

TOTAL BIAYA OPERASIONAL =  
*Variable Cost + Fixed Cost* =  
 Rp. 10.198.500.000,- + Rp. 2.735.690.000,-  
 = Rp. 12.934.190.000,-

**4.3.6 Harga Pokok Produksi**

a. Kapasitas Produksi	3.000 ton/tahun
b. Harga jual Kokas Briket	Rp. 6.000.000,-/ton
c. Harga Pokok Produksi (HPP) =	<b>Rp. 12.934.190.000,-</b>
3000 ton	= Rp. 4.311.397,-/ton

**4.3.7. Perhitungan Laba – Rugi**

a. Hasil penjualan kokas 3.000 ton x Rp 6.000.000,-	Rp.	18.000.000.000,-
b. Harga pokok produksi	Rp.	12.934.190.000,-
c. Laba kotor	Rp.	5.065.810.000,-
d. PPN, 10%	Rp.	1.800.000.000,-

e. Laba sebelum pajak	Rp.	5.065.810.000,-
f. Pajak 30% x Rp. 5.065.810.000,-	Rp.	1.519.743.000,-
g. Laba bersih	Rp.	3.546.067.000,-

**4.3.8 Break Even Point**

a. Fixed cost (FC)	Rp.	2.735.690.000,-
b. Variabel cost (VC)	Rp.	10.198.500.000,-
c. Penjualan/tahun (S)	Rp.	18.000.000.000,-
d. BEP		

$$BEP = \frac{FC}{1 - \frac{VC}{S}} = \frac{Rp. 2.735.690.000,-}{1 - \frac{Rp. 10.198.500.000,-}{Rp. 18.000.000.000}} = Rp. 6.317.990.762,-$$

BEP Produksi 35,09% dari kapasitas terpasang

**4.3.9 Perhitungan Cash Flow**

Tahun 2007	
Pembelanjaan	Rp. 14.650.000.000,-
Pemasukan	Rp. 0,-
NCF	Rp. 14.650.000.000,-

Tahun 2008	
Annual Profit (P)	Rp. 3.546.067.000,-
Annual Depresiasi (AD)	Rp. 911.150.000,-
Amortisasi (A)	Rp. 9.680.000,-
Bunga Pinjaman (AB)	Rp. 0,-

$$NCF = AP + AD + A - AB = Rp. 4.466.897.000,-$$

Tahun 2009 s/d 2018, jumlah NCF sama dengan NCF 2008, yaitu Rp. 4.466.897.000,-  
 Salvage Value (nilai sisa) Rp. 910.000.000,-

Dengan menggunakan tabulasi ANCF, maka diperoleh IRR sebesar 29,30%. Sebagai pembanding, bunga deposito sebesar 11 %/ tahun.

Berdasarkan uraian hitungan ekonomi tersebut di atas, teridentifikasi bahwa usaha pembuatan kokas pengecoran cukup layak untuk direalisasikan dengan menghasilkan :

- a. laba bersih : Rp 3.546.067.000,- / tahun,
- b. IRR : 29,30 %,
- c. jangka waktu pengembalian modal:4,3 tahun (termasuk 1 tahun masa konstruksi).

Sebagai pembanding, harga kokas pengecoran impor ex Cina saat ini mencapai Rp 7.5000.000,-/ton.

## 5. KESIMPULAN

- Bahan baku berupa batubara dari Kalimantan Selatan menunjukkan kadar abu relatif rendah yaitu 3,41 % untuk batubara Sungai Danau dan 0,50 % untuk batubara Waringin, cukup baik untuk pembuatan kokas pengecoran.
- Mutu kokas yang paling baik adalah kokas bentuk silinder dari batubara Waringin dengan tumbler 75%, nilai kalor 7.802 kkal/kg, adb dan abu 2,10 %.
- Kokas bentuk silinder lebih baik sifat fisiknya, tetapi produktivitasnya akan lebih rendah.
- Hitungan ekonomi pada kapasitas 3.000 ton per tahun cukup layak diusahakan secara komersil dengan kebutuhan modal Rp 14.650.000.000,-, menghasilkan laba bersih Rp 3.546.067.000,- per tahun , IRR 29,3 % per tahun dan pengembalian modal 4,3 tahun.
- Pada pembuatan kokas pengecoran secara komersil disarankan menggunakan bahan baku batubara Waringin, bentuk kokas adalah silinder dan bahan bakar berupa batubara serbuk menggunakan pembakar siklon.

## DAFTAR PUSTAKA

- Kenji Chijiwa dan Tata, S., 1996. *Teknik Pengecoran Logam*, Pradya Paramita, Jakarta.
- Ozden, O. dan Gencer, Z., 1983. *A Pilot Plant Scale Investigation Of Possibility Of Using Non Coking Armutcuk And Amasra Coals In Metallurgical Coke Production*. [www.answer.com](http://www.answer.com)
- Perry, RH, 2008. *Chemical Engineers' Handbook*, Seventh edition, Mc Graw Hill Book, India.
- Schinzel, W., 1961. *Briquetting*, dalam Martin AE(editor), *Chemistry of Coal Utilization*, John Wiley&Son, Texas, USA: 609-665.
- Suganal, 2007. Kokas dari Batubara Non Coking Indonesia, *Prosiding Seminar Nasional XVI "Kimia dalam Industri dan Lingkungan, Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia*, Yogyakarta, Desember 2007.
- Suganal, dkk., 2006. Optimasi Proses Pembuatan Kokas Pengecoran Dari Batubara Indonesia Menuju Skala Komersil, *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia, 11 Nopember 2006*, Jurusan Kimia FMIPA UNNES Semarang.
- Suganal dan Permana, N., 2004. Peningkatan Mutu Briket Kokas Dari Batubara Adaro Melalui Rekarbonisasi Briket Kokas Mentah Dalam Tunnel Kiln, *Buletin Bahan Galian Industri, Volume 8 No. 21, April 2004*, Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.
- Wilson, P.J., 1960. *Coal, Coke and Coal Chemistry*, Mc Graw-Hill Book Co, London.
- \_\_\_\_\_, 2005. *Iron Making* ,<http://www.answer.com>.
- \_\_\_\_\_, 2007. *Coke Production for Blast Furnace Iron Making*, <http://www.energymanagertraining.com>