

# KAJI EKSPERIMENTAL TEKNOLOGI PEMBUATAN KOKAS DARI BATUBARA SEBAGAI SUMBER PANAS DAN KARBON PADA TANUR TINGGI (BLAST FURNACE)

Khairil dan Irwansyah

Jurusan Teknik Mesin,  
Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdul Rauf No. 7, Darussalam-Banda Aceh  
Telp.: (0651) 7428420, Fax: (0651) 7428420, E-mail: khairil@msn.com

## ABSTRAK

*Kualitas kokas yang baik sebagai penyedia panas dan karbon dalam tanur tinggi (blast furnace) adalah sangat didambakan oleh industri besi dan baja. Karena penggunaan kokas kualitas tinggi sangat berpengaruh terhadap operasional blast furnace secara keseluruhan. Eksperimental pembuatan kokas dari batubara telah dilakukan dengan menggunakan dapur pemanas listrik skala laboratorium, dimana temperatur dalam ruang dapur dapat diatur sesuai dengan temperatur yang ditetapkan. Parameter yang dikaji dalam penelitian ini adalah efek temperatur pemanasan terhadap perilaku karbonisasi, indek kekerasan terhadap abrasi dan indek kekuatan pecah kokas. Kualitas kokas dianalisa berdasarkan hasil pengujian kekuatan dengan menggunakan I-Type Tumbler test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur pemanasan dapat mempengaruhi proses karbonisasi, dimana semakin tinggi temperatur pemanasan maka fraksi massa yang hilang dari batubara semakin meningkat. Pada temperatur pemanasan yang tinggi yaitu sekitar 1100 °C diperoleh waktu karbonisasi lebih singkat jika dibandingkan dengan pemanasan pada temperatur rendah yaitu sekitar 700 °C. Kualitas kokas A hasil dari karbonisasi pada temperatur 700 °C adalah lebih mudah pecah sedangkan kokas B dari karbonisasi pada temperatur 1100 °C adalah lebih mudah terabrasi.*

*Kata kunci : Batubara, kokas, perilaku karbonisasi, indek abrasi, indek pecah*

## 1. Pendahuluan

Permintaan besi dan baja oleh masyarakat dunia akhir-akhir ini terus meningkat, hal ini diakibatkan oleh berkembangnya industri manufaktur, real estate dan industri mobil. Sebagai mana diketahui bahwa material utama untuk memproduksi besi dan baja adalah biji besi (*iron ore*) dan kokas (*coke*). Dari hasil penelitian sebelumnya dilaporkan bahwa untuk memproduksi satu ton besi cair (*hot metal*) adalah diperlukan hampir setengah ton kokas [1].

Indonesia adalah salah satu negara yang mengkonsumsi kokas, dimana kokas tersebut digunakan untuk keperluan industri peleburan besi dan baja. Kondisi saat ini, sebagian kokas untuk memenuhi keperluan tersebut terpaksa mengimpor dari luar negeri seperti Jepang, China dan Taiwan [2]. Mengingat kokas adalah salah satu komoditi yang sangat penting dalam proses peleburan besi, maka usaha atau pengembangan untuk pemenuhan kokas dalam

negeri sangat diperlukan sekarang ini.

Sebagai mana diketahui bahwa Indonesia juga memiliki cadangan batubara yang banyak yaitu sekitar  $\pm$  36,00 miliar ton [3]. Dari laporan peneliti sebelumnya diperoleh informasi bahwa sekitar 65% cadangan batubara yang ada di Indonesia adalah dikategorikan sebagai batubara muda dan batubara tersebut masih belum termanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu perlu dipikirkan suatu usaha bagaimana memproduksi kokas dari batubara untuk memenuhi kebutuhan secara nasional.

Peran kokas dalam proses peleburan besi adalah sangat dominan, yaitu pertama sebagai bahan bakar untuk memproduksi energi panas supaya berlangsungnya reaksi kimia dalam proses peleburan. Kedua yaitu sebagai agen pereduksi untuk penyedia gas carbon monoksida pada proses mereduksi biji besi (*iron ore*) menjadi besi murni (*pig iron*). Ketiga adalah sebagai tempat tumpuan untuk proses pemisahan antara besi cair (*hot metal*) dengan abu cair (*slag*).



Kualitas kokas yang baik sebagai penyedia energi dalam bentuk panas dan penyedia gas karbon monoksida sebagai agen pereduksi biji besi dalam proses peleburan besi dengan menggunakan sistem teknologi tanur tinggi (*blast furnace*) sangat didambakan oleh industri metallurgi. Karena selama operasi tanur tinggi sering terjadi degradasi kokas atau penurunan kekuatan kokas yang dapat menimbulkan pecahan kokas dan terbentuk partikel-partikel kecil dari kokas itu sendiri.

Phenomena ini dapat mengganggu baik pada proses aliran gas hasil pembakaran seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$  dari bawah keatas dan juga dapat mengganggu proses pemisahan logam cair (*hot metal*) dengan abu cair (*slag*) dari atas ke bawah. Peristiwa ini dapat berakibat mengganggu operasional tanur tinggi secara keseluruhan.

Beberapa peneliti sebelumnya yang berhubungan dengan degradasi kokas di dalam tanur tinggi seperti dilaporkan oleh [4] dan [5] bahwa degradasi kokas sering terjadi pada daerah peleburan (*cohesive zone*) dan daerah tumpuan (*deadman zone*). Peneliti sebelumnya [6] menyebutkan bahwa degradasi kokas juga terjadi di daerah landasan pacu (*raceway zone*) dalam tanur tinggi yang diakibatkan oleh interaksi antara abu cair (*molten ash*) dengan kokas. Dari beberapa literatur dapat disimpulkan bahwa kualitas kokas sangat diperlukan untuk menghindari degradasi kokas selama operasional tanur tinggi (*blast furnace*).

Berdasarkan hasil laporan dari referensi [7] bahwa pembuatan kokas dari jenis batubara peringkat menengah (*bituminous*) telah dibuat dengan pemanasan pada temperatur  $1100^\circ\text{C}$  tanpa menggunakan gas oksigen. Dari hasil penelitian dilaporkan bahwa kualitas kokas sangat besar dipengaruhi oleh peringkat batubara, komposisi batubara (kandungan dari *maceral* dan *mineral*) dan kemampuan perubahan menjadi getas selama pemanasan. Peneliti lainnya seperti yang disebut pada referensi [2] telah mencoba membuat kokas briket dari jenis batubara yang mengandung sulfur 0,38 % dan kandungan abu 8,9 % dengan menggunakan jenis tungku Tungkik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan kokas briket yang diperoleh adalah sekitar  $54,32 \text{ kg/cm}^2$ . Penelitian tentang peningkatan kekuatan kokas briket pada permukaan telah dilakukan oleh [8] dengan menambah asam fospor pada binder. Dari beberapa peneliti sebelumnya masih sedikit terdapat informasi tentang pembuatan kokas dengan menggunakan batubara peringkat rendah.

Oleh karena itu, pada penelitian akan memfokuskan tentang teknologi pembuatan kokas dari batubara peringkat muda dengan kualitas tinggi sehingga dapat membantu menyelesaikan permasalahan degradasi kokas dalam proses peleburan besi dengan menggunakan teknologi *blast furnace*.

Tabel 1. Data sifat-sifat batubara (basis kering)

Bahan Bakar	Proximate analysis (basis adb)				Ultimate Anaylsis (basis adb)					Nilai Kalor (kcal/kg)
	Kadar Air	Volatile	Karbon Tetap	Kadar Abu	C	H	N	O	S	
Batubara	7,94	39,77	49,11	3,18	70,07	5,59	1,56	15,89	3,71	6795
Kokas A	3,09	29,69	66,25	0,99	78,65	4,55	1,69	10,97	3,15	7460
Kokas B	2,05	1,56	90,31	6,05	89,65	0,59	1,41	0,44	2,74	7229

## 2. Prosedur Eksperimental

### 2.1. Prosedur pembuatan kokas

Material untuk membuat kokas adalah batubara. Jenis batubara adalah peringkat rendah yang berasal dari daerah Kuala Beu Kabupaten Aceh Barat (Aceh, Indonesia). Properti dari batubara yang dipergunakan sebagai sampel pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari tabel 1 berdasarkan analisa proksimasi menunjukkan bahwa kandungan zat terbang (*volatile matter*) sekitar 39,77 % dan memiliki karbon tetap sekitar 49,11 %. Hal ini menunjukkan bahwa indek pembakaran atau perbandingan antara karbon tetap terhadap kandungan zat terbang adalah sekitar 1,24. Sedangkan dari hasil analisa ultimasi menunjukkan kandungan karbon dan sulfur masing-masing sekitar 70,07 % dan 3,71%. Sebagai mana diketahui bahwa kandungan karbon yang tinggi dan



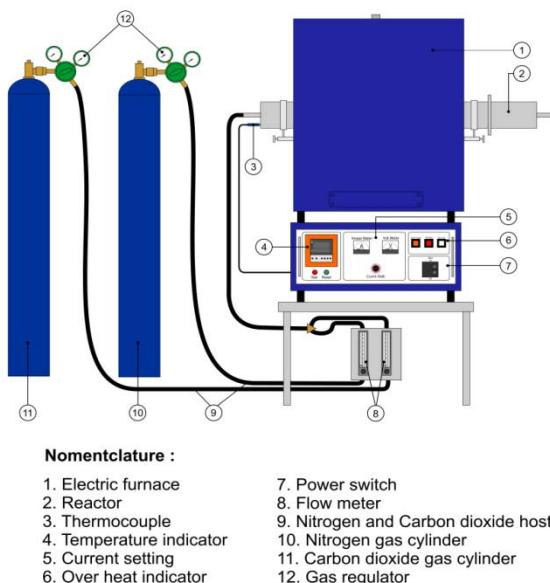
kandungan sulfur yang rendah adalah sangat diinginkan pada material kokas.

Proses karbonisasi yang dilakukan untuk memproduksi kokas dalam penelitian ini adalah dengan cara memasukkan bongkahan batubara muda dengan ukurannya panjang sekitar 54 mm dan lebar sekitar 24 mm ke dapur, dimana temperatur ruang dapur dapat diatur sesuai dengan temperatur yang ditetapkan pada rancangan eksperimen yaitu 700 °C, 900 °C dan 1100 °C. Pemilihan ukuran bongkahan batubara adalah disesuaikan dengan ukuran kokas yang umumnya dipakai pada peleburan besi dengan menggunakan tanur tinggi yaitu antara 18.5 mm dan 76 mm [9]. Set up instalasi alat pengujian dapat dilihat pada Gambar 1. Selama proses karbonisasi berlangsung, diinjeksikan gas N<sub>2</sub> dengan laju aliran sekitar 15 L/min ke dalam ruang dapur. Pemakaian gas N<sub>2</sub> adalah sebagai carrier gas untuk menghambat laju masuknya udara dari luar dapur akibat kemungkinan adanya kebocoran. Periode karbonisasi ditetapkan secara bervariasi yaitu 2 menit, 4 menit, 6 menit dan 10 menit. Setelah mencapai periode karbonisasi yang telah ditetapkan, maka sampel ditarik

keluar dapur untuk pengukuran massa akhir setelah periode karbonisasi. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan timbangan digital. Langkah penelitian secara detail dapat dilihat pada diagram alir proses penelitian seperti pada Gambar 2.

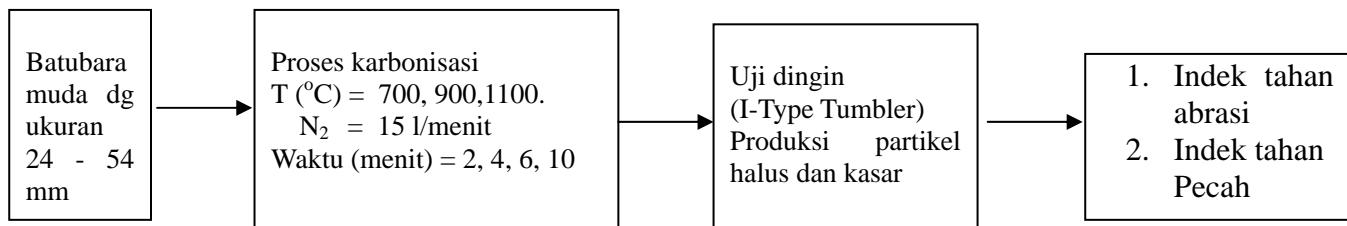
## 2.2. Prosedur pengujian kekuatan kokas

Pengujian kekuatan dilakukan dengan menggunakan alat I-type tumbler test [10]. Pengujian dimaksud adalah untuk menentukan kekuatan kokas terhadap abrasi dan terhadap daya pecah. Kokas dimasukkan kedalam I-type tumbler dengan ukuran dimeter 63.3 mm dan panjang 350 mm. Selinder tersebut diputar dengan putaran 30.5 rpm selama 5 menit. Setelah dilakukan test maka pertikel tersebut dilakukan pemisahan dengan bantuan ayak (*sieved*) dengan ukuran mesh 12 (<1.41 mm). Tujuan pemisahan ini adalah untuk mendapatkan partikel halus sekitar lebih kecil 1.41 mm dan partikel kasar lebih besar 1.41 mm. Set up I-type tumbler test dapat dilihat pada Gambar 3.

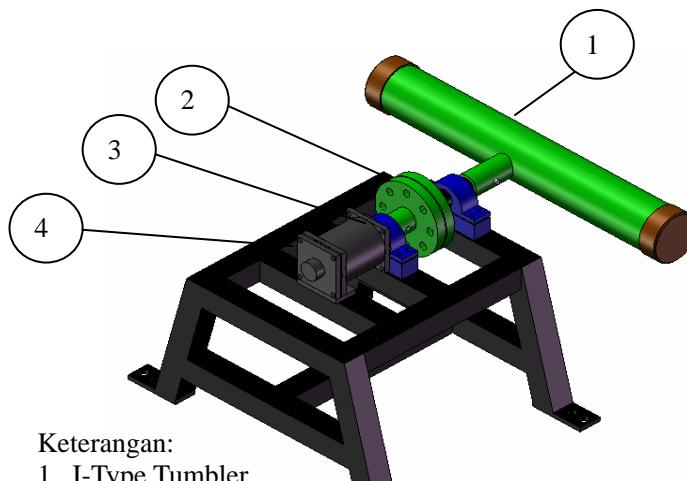


Gambar 1. Skema alat proses karbonisasi





Gambar 2 Diagram alir proses penelitian



Keterangan:

1. I-Type Tumbler
2. Kopling Fleksibel
3. Gearbox
4. Motor Listrik

Gambar 3. Skema I-type tumbler test

### 3. Hasil dan Diskusi

#### 3.1 Efek temperatur karbonisasi terhadap penurunan massa kokas

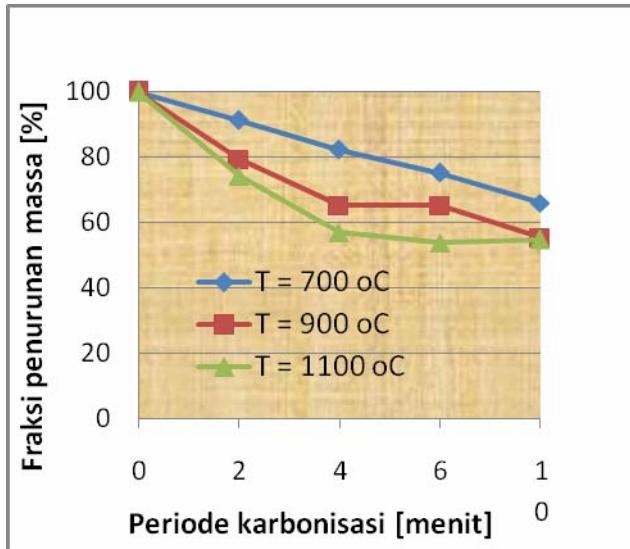
Kokas merupakan hasil dari proses karbonisasi batubara pada temperatur tertentu tanpa menggunakan udara. Sebagai akibat dari kenaikan temperatur maka material yang terkandung dalam batubara sebagian akan terlepas keluar. Peristiwa ini sering disebut dengan proses *devolatilization*. Selama proses *devolatilization*, dimana kandungan dalam batubara seperti misalnya hidrogen, oksigen, nitrogen dan sulfur akan terlepas keluar sebagai

gas produk dan sisanya adalah bongkahan kristal yang berpori umumnya adalah kandungan karbon. Sebagai akibat terlepasnya sebagian material yang terkandung dalam bongkahan batubara dapat menyebabkan terjadinya penurunan massa secara keseluruhan. Profil penurunan massa selama proses karbonisasi dapat dilihat pada gambar 4.

Dari gambar 4 terlihat bahwa fraksi penurunan massa dari kokas dengan proses karbonisasi pada temperatur 1100 °C adalah lebih besar jika dibandingkan dengan proses karbonisasi pada temperatur 700 °C. Phenomena lain juga dapat dilihat bahwa periode karbonisasi dapat



berlangsung lebih cepat untuk pemanasan pada temperature tinggi yaitu 900 °C dan 1100 °C.



Gambar 4. Profil penurunan massa dari kokas.

### 3.2. Kekuatan kokas (*Strength indices*)

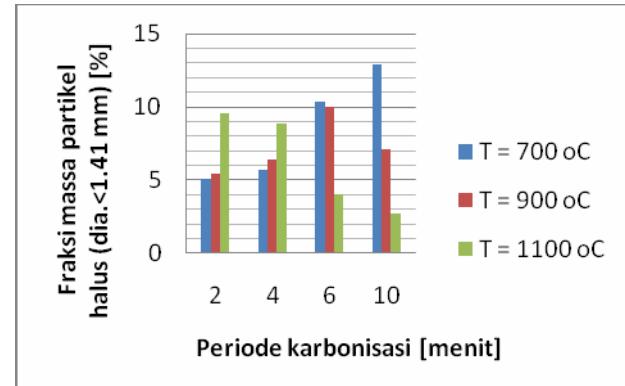
Pengujian kekuatan kokas dilakukan untuk mendapatkan informasi apakah ada pengaruh antara temperatur karbonisasi dengan kekuatan terhadap kekerasan abrasi dan kekuatan terhadap daya pecah. Kokas yang telah diproduksi berdasarkan perbedaan temperatur karbonisasi dilakukan pengujian kekuatan dengan menggunakan alat I-type tumbler test. Hasil dari test tersebut diperoleh kokas terpecah menjadi partikel halus dan partikel kasar. Profil fraksi massa partikel halus dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 menjelaskan bahwa adanya pengaruh antara temperatur karbonisasi dengan kekerasan kokas. Dari gambar terlihat bahwa pada awal periode karbonisasi yaitu sekitar 2 menit dan 4 menit dimana produksi partikel halus meningkat dengan kenaikan temperatur karbonisasi. Peristiwa ini terjadi barangkali karena proses karbonisasi belum sempurna. Hal ini merupakan sebuah fakta yang diperoleh dari hasil pada Gambar 4, dimana pada periode tersebut masih terjadinya penurunan massa dari kokas.

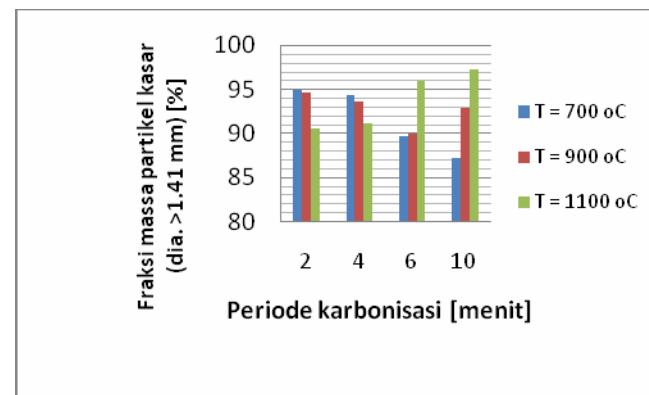
Sedangkan pada periode karbonisasi untuk 6 menit dan 10 menit, dimana fraksi massa partikel halus menurun dengan meningkatnya temperatur karbonisasi. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kokas lebih tahan terhadap kekerasan abrasi untuk temperatur karbonisasi tinggi.

Kekuatan kokas terhadap pecah (*breakage stability factor*) diperoleh berdasarkan hasil pemisahan partikel

kasar (>1.41 mm) dari I-type tumbler test. Profil fraksi massa partikel kasar dapat dilihat pada gambar 6. Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa kokas dengan temperatur karbonisasi tinggi sekitar 1100 °C lebih mudah pecah jika dibandingkan dengan kokas hasilkarbonisasi pada temperatur rendah yaitu sekitar 700 °C.



Gambar 5. Profil fraksi massa partikel halus.



Gambar 6. Profil fraksi massa partikel kasar.

### 4. Kesimpulan

Dari hasil kaji eksperimental teknologi pembuatan kokas dari batubara sebagai sumber panas dan karbon pada tanur Tinggi (*blast furnace*) dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Periode karbonisasi dapat berlangsung lebih cepat untuk proses pembuatan kokas pada temperatur tinggi jika dibandingkan pembuatan kokas pada temperatur rendah.
2. Kokas yang dihasilkan dari proses karbonisasi pada temperatur rendah yaitu sekitar 700 °C (Kokas A) lebih mudah pecah.



3. Kokas yang dihasilkan dari proses karbonisasi pada temperatur tinggi yaitu sekitar 1100 °C (Kokas B) lebih mudah terabrasi.

*Coke and Recovery of Coal Chemicals*, Pittsburgh, PA, 1999.

- [10] Khairil, (2001), *Study on Combustion Characteristics and Ash Deposition Behaviors for Pulverized Coal Injection Technology in Blast Furnace*, Thesis, Toyohashi University of Technology, Japan, 2001.

## Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Syiah Kuala, Kementerian Pendidikan Nasional, atas biaya dari program unit Vucer Multi Tahun (VMT) Batch II No.: 336/H11/A.01/APBN-P2T/2010. Ucapan terimakasih juga kepada mahasiswa (Afrizal, Rusydi Mahdi, Robi Rizaldi dan Muttaqin) yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

## Daftar pustaka

- [1] Stromquist, B., Forsberg, S., Edberg, N., *Pulverized coal injection in the blast furnace research and practice at SSAB*, First European Dry Fine Coal Conference, Farrogate, 1989.
- [2] Herry Suprianto, *Pemanfaatan Kokas Briket Sebagai bahan Bakar Industri Pengecoran Logam*, Chem-is-try.org, Juli 12, 2009.
- [3] Soedjoko Ts. dan Abdurrohman, *Kecendrungan Penyediaan dan Permintaan Jangka Panjang Sub-Sektor Batubara*, Berita Batubara dan Gambut, Direktorat Batubara, Indonesia, 1993.
- [4] Mori, K., Takagaki, N., Shimomura, A., sakai, A., Kimura, K., Maki, A., CAMP-ISIJ, 9, p.94, 1996.
- [5] Sunahara, K., Inada, T. and Iwanaga, Y., *Ironmaking and Steelmaking*, 20, 3, p.207, 1993.
- [6] Khairil, Daisuke Kamihashira and Ichiro NARUSE, *Effect of Molten Coal Ash on Coke Degradation in High Temperature Pulverized Coal Reaction (in Japanese)*, 141<sup>st</sup> the ISIJ Meeting, CAMP-ISIJ, Vol. 14, No. 1, 2001.
- [7] Gareth D. Michel, *Coal Utilization in the Steel Industry*, Director Coal and Organic Petrology Laboratories, The Pennsylvania State University, 2010.
- [8] Henry Plancher, Pradeep K Agarwal and Richard severns, *Improving from Coke Briquette Strength*, Fuel Proceesing Technology, vol. 79, p.83-92, 2002.
- [9] AISE Steel Foundation, *Manufacture of Metallurgical*

