

## KAJI EKSPERIMENTAL PRILAKU DEGRADASI KOKAS DARI BATUBARA MUDA

Khairil <sup>1,\*</sup>, Iskandar <sup>1)</sup> dan Mahidin <sup>2)</sup>

<sup>1,\*</sup>) Jurusan Teknik Mesin, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

<sup>2)</sup> Jurusan Teknik Kimia, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia  
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 pada proses peleburan biji besi adalah sangat didambakan oleh industri peleburan besi dan baja. Karena penggunaan kokas kualitas tinggi sangat berpengaruh terhadap operasional dari proses peleburan secara keseluruhan. Eksperimental pembuatan kokas dari batubara muda telah dilakukan dengan menggunakan dapur berbahan bakar minyak tanah pada skala laboratorium. Parameter yang dikaji dalam penelitian ini adalah pengaruh fraksi penurunan massa terhadap temperatur pemanasan, indek kekerasan terhadap abrasi dan indek kekuatan pecah. Sampel yang digunakan adalah kokas dari hasil karbonisasi batubara muda dan kokas yang telah dipadatkan (briket kokas). Parameter indek kekerasan terhadap abrasi dan indek kekuatan pecah dari kokas dan briket kokas dianalisa berdasarkan hasil pengujian kekuatan dengan menggunakan I-Type Tumbler test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fraksi penurunan massa kokas dapat diperlambat dengan menggunakan kokas yang telah dipadatkan (briket kokas). Kekuatan terhadap daya pecah kokas dapat diturunkan dengan menggunakan briket kokas yang berbahan perekat. Briket kokas lebih mudah terabrasi jika dibandingkan dengan kokas tanpa dipadatkan.

Kata kunci: BATUBARA MUDA, KOKAS, DEGRADASI, INDEK ABRASI DAN PECAH

### Pendahuluan

Permintaan besi dan baja oleh masyarakat dunia akhir-akhir ini terus meningkat, hal ini diakibatkan oleh berkembangnya industri manufaktur, real estate dan industri automobil. 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, seperti yang diamanahkan dalam kebijakan energi nasional, dimana konsumsi batubara dalam

negeri ditingkatkan hingga 32.7% sampai Tahun 2025 [4].

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 seperti misalnya pada 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 menggangu operasional tanur tinggi secara keseluruhan.

Beberapa peneliti sebelumnya yang berhubungan dengan degradasi kokas di dalam tanur tinggi seperti dilaporkan oleh [5] dan [6] bahwa degradasi kokas sering terjadi pada daerah peleburan (*cohesive zone*) dan daerah tumpuan (*deadman zone*). Peneliti sebelumnya [7] 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 literature dapat disimpulkan bahwa kualitas kokas sangat diperlukan untuk menghindari degradasi kokas selama operasional tanur tinggi (*blast furnace*).

Berdasarkan hasil laporan dari referensi [8] bahwa pembuatan kokas dari jenis batubara peringkat menengah (*bituminous*) telah dibuat dengan pemanasan pada temperatur  $1100\text{ }^\circ\text{C}$

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 lainya 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 Tungking. 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 [9] 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*.

### Prosedur Eksperimental

#### Proses Persiapan Sampel

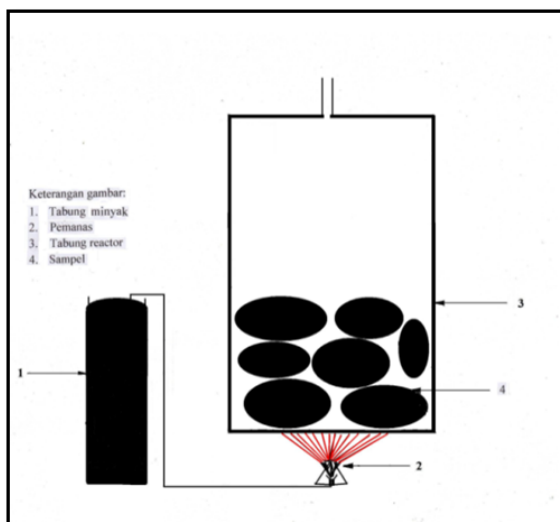
Sampel kokas diperoleh dari hasil karbonisasi batubara muda yang berasal dari daerah Kuala Beu Kabupaten Aceh Barat (Aceh, Indonesia). Sifat-sifat fisik dari batubara dapat dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1 dapat dilihat, berdasarkan analisa proksimasi menunjukkan bahwa kandungan zat terbang (*volatile matter*) sekitar 46,0 %, karbon tetap sekitar 42,7 % dan memiliki nilai kalor sekitar 5904 Kkal/Kg. Berdasarkan informasi dari literature [10] bahwa batubara yang memiliki sifat kandungan karbon tetap sebesar 25 % – 40 % dapat diklasifikasikan sebagai batubara muda.

Tabel 1. Analisa proksimasi dan ultimasi pada batubara Aceh

Sampe l	Analisa proksimasi [% massa, basis basah]				
	Kand unga n Air [%]	Kandun gan Abu [%]	Karbon tetap [%]	Zat terban g [%]	Nilai kalor [Cal/ gr]
Batub ara lignit	5,8	5,4	42,7	46,0	5904
	Analisa ultimasi [% massa, basis basah]				
	C [%]	H [%]	O [%]	N [%]	S [%]
	60,6 5	5,75	27,34	0,48	0,38

Sumber: Hasil Pengujian

Proses pembuatan kokas atau karbonisasi dilakukan dengan dapur pemanas berbahan bakar minyak tanah. Dapur pemanas dibuat berbentuk silinder dengan diameter 25 cm dan tinggi sekitar 40 cm. Skematik dapur karbonisasi dapat di lihat pada Gambar 1. Proses karbonisasi dilakukan dengan pemanasan yang menggunakan bahan bakar minyak tanah, dimana temperatur api dapat diatur sekitar 550°C sampai dengan 700°C.



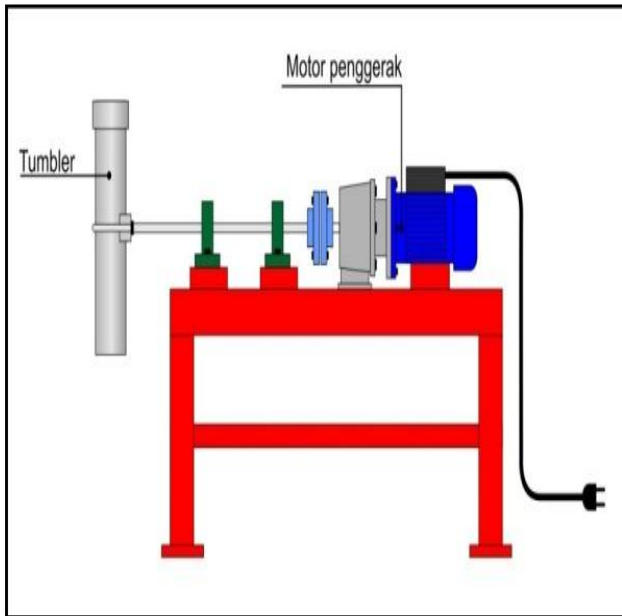
Gambar 1. Skematik dapur karbonisasi batubara

Sampel diletakkan didalam dapur pemanas selama periode waktu 60 menit untuk proses karbonisasi. Pengukuran temperature ruang karbonisasi dilakukan dengan termokopel, dimana sensor termokopel diletakkan pada posisi horizontal tepat di pangkal dapur pemanas. Pengukuran ruang karbonisasi dilakukan dengan menjaga ruang karbonisasi dalam keadaan tertutup rapat dan dipastikan tidak ada kebocoran pada dapur selama proses karbonisasi berlangsung.

Hasil dari proses karbonisasi batubara disebut dengan kokas, dimana kokas tersebut digunakan sebagai sampel pembuatan briket. Proses pembuatan briket dilakukan dengan cara kokas dihancurkan menjadi serbuk kokas dan dicampur dengan media perekat dalam hal ini aspal atau ter telah dipilih sebagai media perekat dan selanjutnya dilakukan pengepresan. Beban yang digunakan untuk menekan briket kokas sekitar 8 ton dengan menggunakan mesin press. Untuk mencetak 1 bongkahan briket kokas yang memiliki diameter sekitar 5,5 cm dan tinggi sekitar 6 cm, maka dibutuhkan sekitar 203 gram massa kokas dan media perekat.

#### Prosedur pengujian kekuatan kokas

Kekuatan dari kokas dan briket kokas terhadap daya pecah dan abrasi akan dievaluasi dengan menggunakan alat uji *I-type tumbler*. Skematik alat uji *I-type tumbler test* [11] dapat dilihat pada Gambar 2. Alat uji ini terdiri dari tabung silinder dengan diameter 63,3 mm dan panjang 350 mm. Tabung tersebut dapat diputar dengan menggunakan unit motor penggerak. Alat tersebut akan diputar dengan putaran konstan sekitar 30,5 rpm. Pegujian kekuatan kokas dan briket kokas dilakukan selama periode waktu 5 menit untuk setiap sampel.



Gambar 3. Skema I-type tumbler test

Setelah dilakukan pengujian selama waktu 5 menit, kemudian sampel dikeluarkan dari *I-type tumbler* untuk melakukan proses pemisahan dengan bantuan ayak (*sieved*) ukuran 3,360 mm (6 mesh). Tujuan dari pengayakan adalah untuk memisahkan partikel besar dan kecil, dimana fraksi partikel besar mengindikasikan jumlah dari sampel yang pecah dan fraksi partikel kecil mengindikasikan adanya partikel yang terabrasi.

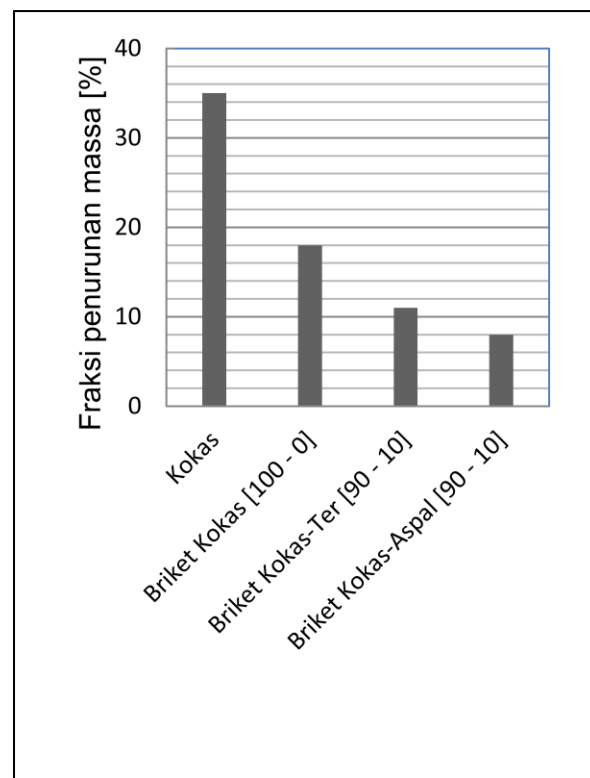
### Hasil dan Diskusi

Efek tekanan pengepresan terhadap degradasi 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 adanya efek fraksi penurunan massa terhadap perlakuan kokas. Dimana fraksi penurunan massa dari kokas dengan proses karbonisasi pada temperature 550 °C s/d 700 °C adalah sekitar 35% massa. Fraksi penurunan massa ini dapat dikurangi hingga 18% massa jika kokas tersebut ditekan atau dibuat dalam bentuk briket. Selanjutnya fraksi penurunan massa kokas juga dapat dikurangi lagi jika kokas tersebut dibuat dalam bentuk briket dengan menggunakan media perekat. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa fraksi penurunan massa briket dengan menggunakan media perekat aspal lebih kecil jika dibandingkan dengan briket menggunakan media perekat ter.

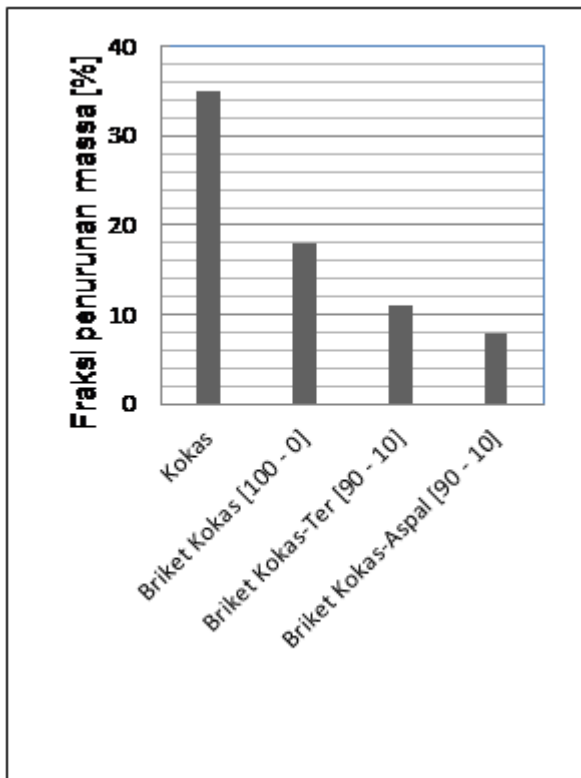


Gambar 4. Profil fraksi penurunan massa selama proses karbonisasi.

### Analisa Degradasi Briket kokas

Pengujian kekuatan kokas dilakukan untuk mendapatkan informasi apakah ada pengaruh perlakuan kokas seperti misalnya tekanan

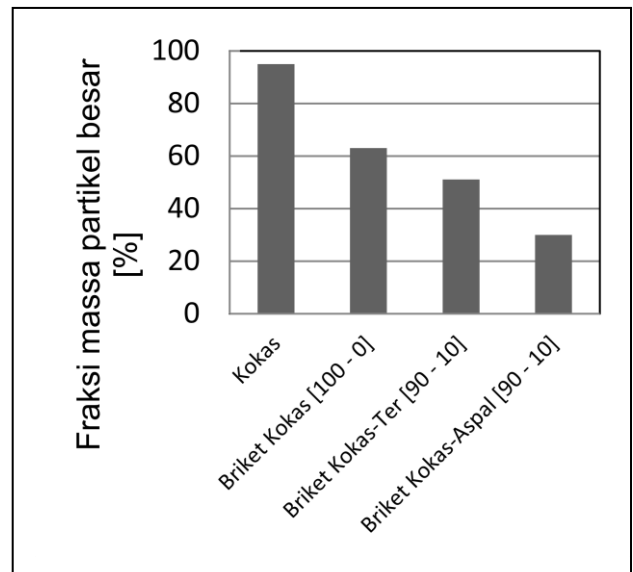
pengepresan, media perekat terhadap kekuatan daya pecah dan abrasi pada saat kokas digunakan untuk proses peleburan. Oleh karena itu, kokas yang telah diproduksi akan dilakukan pengujian kekuatan dengan menggunakan alat I-type tumbler test. Sampel yang digunakan adalah kokas, briket kokas dan briket kokas dengan menggunakan media perekat. Hasil dari test tersebut akan dipisahkan partikel besar dan partikel halus. Fraksi massa partikel halus dapat dinyatakan fraksi massa dari abrasi sedangkan fraksi massa partikel kasar mengindikasikan adanya fraksi massa yang pecah. Profil fraksi massa partikel halus dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Profil fraksi massa partikel halus.

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa adanya pengaruh karakteristik degradasi briket kokas terhadap material perekat. Kokas tanpa pengepresan diperoleh hasil lebih mudah pecah. Briket kokas dengan campuran aspal ternyata lebih mudah terabrasi jika dibandingkan dengan briket kokas dengan campuran ter. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kokas lebih tahan terhadap kekerasan abrasi bila dibuat dalam bentuk briket dengan menggunakan media perekat.

Kekuatan kokas terhadap pecah (*breakage stability factor*) diperoleh berdasarkan hasil pemisahan partikel kasar (>3.36 mm) dari I-type tumbler test. Profil fraksi massa partikel kasar untuk variasi sampel dapat dilihat pada Gambar 6. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa adanya pengaruh karakteristik degradasi briket kokas terhadap material perekat. Kokas tanpa mengalami pengepresan ternyata lebih mudah pecah jika dibandingkan dengan kokas yang telah dipress (briket kokas). Selanjutnya dari hasil penelitian juga ditemukan adanya pengaruh dari material perekat terhadap daya pecah. Briket kokas dengan campuran ter ternyata lebih mudah pecah jika dibandingkan dengan briket kokas dengan campuran aspal.



Gambar 6. Profil fraksi massa partikel kasar untuk variasi sampel.

### Kesimpulan

Dari hasil uji eksperimental perilaku degradasi kokas dari batubara muda pada proses peleburan biji besi dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Penurunan massa selama karbonisasi untuk kokas lebih cepat jika dibandingkan dengan briket kokas. Briket kokas dengan penambahan media perekat dapat sedikit mengurangi fraksi penurunan massa.
2. Briket kokas dengan campuran aspal ternyata lebih mudah terabrasi jika dibandingkan dengan briket kokas dengan campuran ter.

3. Kokas tanpa mengalami pengeprasan ternyata lebih mudah pecah jika dibandingkan dengan kokas yang telah dipress (briket kokas).
4. Kokas dengan campuran ter ternyata lebih mudah pecah jika dibandingkan dengan briket kokas dengan campuran aspal.

#### Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Syiah Kuala, Kementrian Pendidikan Nasional, atas bantuan sebagian biaya penelitian dari program hibah pasca sarjana sumber PNBPN Unsyiah Tahun 2014. Ucapan terimakasih juga kepada mahasiswa pasca sarjana (Kamal Nasir) dan mahasiswa sarjana (Samsul Bahri) 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] Peraturan Presiden No. 5, Arah dan Kebijakan Pengembangan Energi Nasional Indonesia, (2006)
- [5] Mori, K., Takagaki, N., Shimomura, A., Sakai, A., Kimura, K., Maki, A., CAMP-ISIJ, 9, (1996), p.94.
- [6] Sunahara, K., Inada, T. and Iwanaga, Y., Ironmaking and Steelmaking, 20, 3, (1993), p.207.
- [7] 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).
- [8] Gareth D. Michel, Coal Utilization in the Steel Industry, Director Coal and Organic Petrology Laboratories, The Pennsylvania State University, 2010.
- [9] Henry Plancher, Pradeep K Agarwal and Richard severns, Improving from Coke Briquette Strength, Fuel Processing Technology, vol. 79, (2002), p.83-92.
- [10] Smoot, D. L., Fundamentals of Coal Combustion for Clean and Efficient Use, Elsevier, New York, 1993.
- [11] Khairil dan Sarwo Edhy, Kaji Eksperimental Pengaruh Material Perikat Terhadap Degradasi Briket Kokas Pada Temperatur Rendah, Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII (SNTTM XII), Universitas Lampung, Bandar Lampung, 23-24 Oktober 2013.
- [12] AISE Steel Foundation, *Manufacture of Metallurgical Coke and Recovery of Coal Chemicals*, Pittsburgh, PA, 1999.