

INTISARI

Industri Besi/Baja saat ini telah menghadapi masalah yang serius dikarenakan ketergantungan pada kebutuhan kokas metalurgi, yang menghasilkan emisi CO₂ dalam jumlah besar dan sumbernya terbatas di Indonesia. Selain itu, hampir sebagian besar proses pembuatan besi dan baja bermutu tinggi juga menggunakan bahan baku berupa bijih besi berkualitas tinggi / primer (total Fe > 60% massa). Keterbatasan bahan baku akan mempengaruhi fluktuasi harga dalam pemenuhannya. *Coke-free iron making* adalah salah satu metode efisien untuk mengurangi kebutuhan kokas metalurgi. Konsep utama dari proyek ini adalah membuat komposit bijih besi dan karbon dalam kontak nano satu sama lain untuk meningkatkan reaktivitas. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh suhu pada proses impregnasi karbon kedalam pori-pori jenis bijih besi kualitas rendah sehingga diperoleh jumlah deposisi karbon yang optimum dan mengevaluasi mekanisme reaksi dari carbon-infiltrated goethite ore dari masing-masing suhu impregnasi selama proses reduksi. *Carbon-infiltrated goethite ore* disiapkan melalui proses impregnasi dari tar batubara dan bijih goethite (FeOOH) pada variabel suhu yakni 400, 500 dan 600 °C. Selanjutnya produk yang dihasilkan kemudian dilakukan uji reduksi pada pemanasan hingga suhu 1000 °C. Hasil dari produk yang telah dibuat pada variabel tersebut kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD, XRF dan SEM/EDX. Hasil menunjukkan terjadi perubahan struktur oksida besi dari setiap tahapan proses. Struktur goethite tergantikan menjadi *hematite* setelah proses kalsinasi lalu berubah menjadi *magnetite* setelah proses impregnasi dan produk akhir berupa *wustite* dan logam besi. Deposisi karbon berlangsung dengan baik sesuai dengan hasil dari distribusi ukuran pori dan luas permukaan BET dengan metode adsorpsi-desorpsi N₂. Luas permukaan BET bijih besi meningkat 4 kali dibandingkan dengan sebelum dikalsinasi. Berbanding terbalik, luas permukaan BET hampir mendekati nol setelah proses impregnasi yang menandakan karbon telah terdeposisi kedalam pori-pori. Analisis *cross-sectional* dari partikel komposit yang telah disiapkan menggunakan ketiga suhu impregnasi menunjukkan bahwa bahan karbon yang diturunkan dari tar telah benar-benar terimpregnasi atau uap berhasil terinfiltrasi ke dalam mesopori dalam komposit C/Fe_xO_y. Kandungan karbon dari variabel 400, 500 dan 600 °C berturut-turut adalah 41,77, 35,89 dan 26,78 %wt. Parameter kinetika dievaluasi melalui analisis TG-DSC untuk mengetahui laju pengurangan massa selama proses pemanasan. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan reaksi reduksi dari komposit C/Fe_xO_y terdiri dari 3 zona reaksi yaitu re-evaporasi tar, reduksi *magnetite* menjadi *wustite* dan reduksi *wustite* menjadi logam besi. Energi aktivasi dari reaksi utama *wustite* menjadi logam besi dari variabel 400, 500 dan 600 °C berturut-turut adalah 436, 366 dan 380 kJ/mol. Reaksi reduksi dapat didekati dengan orde satu. Evaluasi keseluruhan dari penelitian ini menunjukkan komposit C/Fe_xO_y merupakan variabel terbaik karena memerlukan energi aktivasi terendah dan menghasilkan derajat reduksi tertinggi (92,62%) dibandingkan komposit lainnya (65,82% dan 78,29 %). Dipastikan bahwa reaktivitas tinggi *carbon-infiltrated goethite ore* dikarenakan kontak skala nano antara bijih goethite dan karbon di interior nanopori maupun permukaan bijih memfasilitasi laju reduksi besi.

Kata kunci : karbon; tar batubara ; impregnasi; reduksi besi; kinetika

ABSTRAK

The Iron/Steel industry is currently facing serious problem due to excessively dependent on metallurgical coke, which is produced a large amount of CO₂ emission dan it was limited source in Indonesia. In addition, most high-quality iron dan steel making processes also use high-quality iron ore raw materials (total Fe > 60% by mass). Limitations of raw materials will affect price fluctuations in their fulfillment. Coke-free iron-making is one of the efficient method to reduce the amount of cokes. The main concept of this project is to make iron ore dan carbon composites in nano contact with each other to increase reactivity. This study aims to examine the effect of suhu on the carbon impregnation process into the pores of low quality iron ore types in order to obtain the optimum amount of carbon deposition dan evaluate the reaction mechanism of carbon-infiltrated goethite ore from each impregnation suhu during the reduction process. Carbon-infiltrated iron ores were prepared by impregnation process from coaltar solution dan goethite ore (FeOOH) at 400, 500 dan 600 °C to promote direct reduction in iron making. Furthermore, the resulting product is then subjected to a reduction test on heating to a suhu of 1000 °C. These variables were systematically characterized by XRF, XRD dan SEM/EDX. Pore distribution dan BET surface area were determined by N₂ adsorption-desorption measurement. The results showed that there was a change in the structure of iron oxide at each stage of the process. The structure of goethite is replaced by hematite after the calcination process dan then transforms into magnetite after the impregnation process dan the final product is wustite dan ferrous metal. The carbon deposition proceeded well according to the results of the pore size distribution dan BET surface area by the N₂ adsorption-desorption method. The S_{BET} of iron ore increased 4 times compared to before calcining. Inversely, the S_{BET} is almost close to zero after the impregnation process which indicates that carbon has deposited into the pores. Cross-sectional analyses of composite particles prepared using both suhu showed that tar-derived carbonaceous materials have completely either impregnated or vapor infiltrated into the mesoporous in pyrolyzed goethite ore. The carbon content of the variables 400, 500 dan 600 °C were 41.77, 35.89 dan 26.78 %wt, respectively. The kinetics parameters were evaluated through TG-DSC analysis to determine the rate of mass reduction during the heating process. Based on the calculations that have been carried out the reduction reaction of the C / Fe_xO_y composite consists of 3 reaction zones namely re-evaporation of tar, magnetite reduction to wustite dan wustite reduction to ferrous metals. The activation energy of the main reaction of wustite to ferrous metal of the variables 400, 500 dan 600 oC is 436, 366 dan 380 kJ/mol, respectively. The reduction reaction can be approached in first order. Overall evaluation of this study showed that the C / Fe_xO_y composite was the best variable because it required the lowest activation energy dan produced the highest reduction degree (92.62%) compared to other composites (65.82% dan 78.29%). It is confirmed that high reactivity of carbon-infiltrated iron ores is due to close contact between the goethite ore dan carbon in its nanoporous interior facilitated the fast reduction.

Keyword : carbon; coal tar; impregnation; ironmaking; kinetics