

Baja merupakan material penting untuk pembangunan infrastruktur suatu negara. Seriring dengan industri besi dan baja yang berkembang pesat, maka tingkat konsumsi dan tingkat produksi baja mengalami peningkatan. Proses pemurnian bijih besi dalam industri baja umumnya dilakukan melalui proses *Blast Furnace* menghasilkan emisi gas CO₂. Strategi yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi CO₂ adalah dengan mensubstitusi agen reduksi dari bahan bakar fosil dengan biomassa. Biomassa merupakan sumber energi alternatif terbarukan dan memiliki potensi sebagai agen pereduksi dalam proses reduksi bijih besi. Dalam proses reduksi bijih besi, terjadi proses pirolisis/gasifikasi biomassa menjadi gas, tar dan arang. Penelitian ini mempelajari proses reduksi bijih besi kualitas rendah hasil rendaman dalam tar (*carbonized ore*) menggunakan biomassa berupa cangkang kelapa sawit hasil pirolisis.

Tahapan penelitian ini diawali dengan proses persiapan bahan baku yang digunakan yaitu bijih besi kualitas rendah (*goethite*) dan tar biomassa yang dihasilkan dari proses pirolisis cangkang kelapa sawit, proses dehidrasi bijih besi, karakterisasi bijih besi, perendaman bijih besi dan proses karbonisasi, karakterisasi *carbonized ore*, proses pembentukan pelet, dan proses reduksi *carbonized ore*. Variasi penelitian berupa laju pemanasan (15°C/menit dan 20°C/menit) dan suhu reduksi (600–900 °C). Selama proses reduksi dilakukan pengambilan sampel hasil reduksi berupa padatan untuk mengetahui karakteristik dan komposisi dari produk didapatkan. Komposisi gas dari hasil reduksi dianalisis dalam *gas analyzer*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan *heating rate* maka semakin besar komposisi senyawa Fe dan derajat reduksi. Pada penelitian ini didapat komposisi maksimal senyawa Fe dan derajat reduksi masing-masing sebesar 90,813% dan 93,111% pada suhu 900°C dan *heating rate* 20°C/menit. Adanya kenaikan intensitas senyawa Fe dengan kenaikan suhu dan *heating rate* menandakan terjadi perubahan fase senyawa FeO menjadi logam Fe pada suhu 800-900°C dan *heating rate* 20°C/menit. Selain itu, dengan meningkatnya suhu dan *heating rate* maka proses gasifikasi karbon meningkat, sehingga menghasilkan CO yang lebih banyak. Sementara itu, model Flynn-Wall-Ozawa (FWO) menjadi model yang cocok dalam penelitian ini, untuk memperoleh parameter kinetika berupa energi aktivasi sebesar 103,352 kJ/mol ($\alpha=0,2$) dan konstanta laju sebesar 0,0626-0,2291/menit pada kisaran suhu 530,52-561,64 K.

Kata kunci: bijih besi, biomassa tar, *carbonized ore*, reduksi besi, kinetika

ABSTRACT

Steel is an important material for a country's infrastructure development. Steel consumption and production have increased in concurrently with the rapidly expanding iron and steel industry. In the steel industry, the iron ore refining process is typically carried out using the Blast Furnace process, which emits CO₂ gas emissions. To reduce CO₂ emissions, one strategy is to replace reducing agents from fossil fuels with biomass. Biomass is a renewable alternative energy source that has been used as a reducing agent in the iron ore reduction process. A pyrolysis/gasification process of biomass gas, tar, and charcoal is used in the iron ore reduction process. The process of reducing low-quality iron ore in tar (carbonized ore) using pyrolyzed palm oil biomass is investigated in this study.

This research phase begins with the process of preparing the raw materials used, namely low quality iron ore (goethite) and biomass tar produced from the pyrolysis of oil palm shells, iron ore dehydration, iron ore characterization, iron ore immersion and carbonization process, carbonization ore characterization, pelletizing process, and carbonized ore reduction process. Heating rate (15°C/minute and 20°C/minute) and reduction temperature (600–900°C) were the research variables. The sample reduction results in the form of solids during the reduction process to determine the characteristics and composition of the product obtained. A gas analyzer is used to examine the reduction's gas composition.

The results showed that the composition of Fe compounds and reductions increased with increasing temperature and heating rate. At 900°C and a heating rate of 20°C/minute, the maximum composition of Fe compounds and the degree of reduction were 90.813% and 93.111%, respectively. At a temperature of 800-900°C and a heating speed of 20°C/min, the increase in Fe compound with increasing temperature and heating speed indicates a phase change of FeO metal compound Fe. Furthermore, as the temperature and heating rate rise, the carbon gasification process accelerates, producing more CO. Meanwhile, the Flynn-Wall-Ozawa (FWO) model is a good fit for this study, yielding kinetic parameters such as an activation energy of 103.352 kJ/mol ($\alpha=0.2$) and a rate constant of 0.0626-0.2291/minutes at temperatures ranging from 530.52 to 561.64 K.

Keywords: iron ore, tar biomass, carbonized ore, iron reduction, kinetics