



P-ISSN 0126-3188

E-ISSN 2443-3926

METALURGI

MAJALAH ILMU DAN TEKNOLOGI

VOLUME 34 Nomor 2, AGUSTUS 2019

AKREDITASI JURNAL ILMIAH NO.3/E/KPT/2019

Performa Korosi Baja Karbon pada Uji Simulasi Pipa
untuk Sistem Saluran Air Pendingin

Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Paduan Magnesium Berpori
dengan Variasi Komposisi Agen Pengembang dan Temperatur Sinter
untuk Aplikasi Implan Mampu Luruh

Reduksi Bijih Besi Lampung Memanfaatkan Reduktor Model Gas Produser

Studi Perhitungan Ukuran Butiran Magnesium Karbonat
Hasil Proses Karbonasi dengan Metode *Free Settler*

*Carburization Study on a Fired Heater Tube of a
Petroleum Processing Refinery*

Pusat Penelitian Metalurgi dan Material
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

METALURGI

VOLUME 34 NOMOR 2, AGUSTUS 2019
P-ISSN 0126-3188
E-ISSN 2443-3926



Penanggung Jawab :

Kapuslit Metalurgi dan Material – LIPI

Ketua Dewan Redaksi :

Dr. Ika Kartika, S.T, M.T, P2MM - LIPI

Dewan Editor :

Prof. Dr. Ir. F. Firdiyono (P2MM – LIPI)
Dr. Ir. Rudi Subagja (P2MM - LIPI)
Prof. Dr. Ir. Rochim Suratman (ITB)
Prof. Dr. Ir. Akhmad Herman Yuwono,
M.Phil. Eng (UI)
Dr. I Nyoman Jujur, M.Eng (BPPT)

Mitra Bestari :

Dr. Anawati, M.Sc (Fakultas MIPA,
Universitas Indonesia)
Dr. Witha Berlian Kesuma Putri S.Si, M.Si
(Pusat Penelitian Fisika – LIPI)
Dr. Yulianti Herbani, M.Sc (Pusat Penelitian
Fisika - LIPI)
Prof. Dr. mont. Mohammad Zaki Mubarak,
S.T, M.T (Teknik Metalurgi, Institut
Teknologi Bandung)
Dr. Asep Ridwan S. (Teknik Mesin, Institut
Teknologi Bandung)
Alfirano, S.T, M.T, Ph.D (Teknik Metalurgi,
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)
Nofrijon Sofyan, Ph. D (Fakultas Teknik,
Universitas Indonesia)
Ir. Soesaptri Oediyani, ME (Teknik
Metalurgi, Universitas Sultan Ageng
Tirtayasa)
Prof. Dr. Timotius Pasang (Auckland
University of Technology, New Zealand)

Redaksi :

Lia Andriyah, M.Si
Tri Arini, M.T

Disain Grafis :

Nadia Natasha, M.Si

Website :

Daniel Panghuhutan, M.Si
Adi Noer Syahid, A.Md
M. Satrio Utomo, M.Sc
Galih Senopati, M.T

Sekretariat dan Penerbit :

Pusat Penelitian Metalurgi dan Material –
LIPI Ged. 470, Kawasan Puspipetek Serpong,
Tangerang Selatan, 15314
Telp: (021) 7560911

E-mail:

ejurnal.material.metalurgi@gmail.com

Majalah ilmu dan teknologi terbit berkala setiap
tahun, satu volume terdiri atas 3 nomor

AKREDITASI : SK No. 3/E/KPT/2019

Pengantar Redaksi.....iii

Abstrak.....v

**Performa Korosi Baja pada Uji Simulasi Pipa
untuk Sistem Saluran Air Pendingin**

Ahmad Rovani, dkk.....49-60

**Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Magnesium
Berpori dengan Variasi Komposisi Agen
Pengembang dan Temperatur Sinter untuk
Aplikasi Implan Mampu Luruh**

Aprilia Erryani, dkk.....61-70

**Reduksi Bijih Besi Lampung Memanfaatkan
Reduktor Model Gas Produser**

Suharto, dkk71-80

**Studi Perhitungan Ukuran Butiran Magnesium
Karbonat Hasil Proses Karbonasi dengan
Metoda Free Settler**

Ayu Dwi Privanti, dkk.....81-90

**Carburization Study on a Fired Heater Tube of
a Petroleum Processing Refinery**

Dewa Nyoman Adnyana.....91-98

Indeks

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur Majalah Metalurgi Volume 34 Nomor 2, Agustus 2019 kali ini dapat menampilkan 5 buah tulisan.

Tulisan pertama merupakan hasil kegiatan penelitian yang disampaikan oleh Ahmad Royani dan kawan-kawan mengenai Performa Korosi Baja pada Uji Simulasi Pipa untuk Sistem Saluran Air Pendingin. Tulisan selanjutnya adalah hasil penelitian Aprilia Erryani dan kawan-kawan menulis tentang Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Magnesium Berpori dengan Variasi Komposisi Agen Pengembang dan Temperatur Sinter untuk Aplikasi Implan Mampu Luruh. Hasil penelitian selanjutnya adalah makalah Suharto dan kawan-kawan tentang Reduksi Bijih Besi Lampung Memanfaatkan Reduktor Model Gas Produser. Untuk tulisan keempat adalah hasil penelitian Nadia Chrisayu dan kawan-kawan mengenai Studi Perhitungan Ukuran Butiran Magnesium Karbonat Hasil Proses Karbonasi dengan Metoda *Free Settler*. Dewa Nyoman Adnyana pada makalah kelima menyampaikan *Carburization Study on a Fired Heater Tube of a Petroleum Processing Refinery*.

Semoga penerbitan Majalah Metalurgi volume ini dapat bermanfaat bagi perkembangan dunia penelitian di Indonesia.

REDAKSI

UDC (OXDCF) 620.112

Ahmad Royani, Siska Prifiharni, Gadang Priyotomo, Joko Triwardono, Sundjono (Pusat Penelitian Metalurgi dan Material – LIPI)

Performa Korosi Baja Karbon pada Uji Simulasi Pipa untuk Sistem Saluran Air Pendingin

Metalurgi, Vol. 34 No. 2 Agustus 2019

Masalah utama dalam sistem pendingin air dalam unit pembangkit listrik panas bumi meliputi korosi, deposit dan slime (lendir). Korosi dapat memperpendek umur pakai peralatan sistem pendingin air karena mengakibatkan penurunan efisiensi operasi, kebocoran dan polusi. Masalah-masalah tersebut sangat kompleks dan banyak faktor penyebabnya. Di sisi lain, sebagian besar sistem air pendingin di industri mengandung komponen baja karbon yang mudah terkorosi. Untuk mengetahui nilai laju korosi baja karbon pada unit pembangkit listrik panas bumi, maka dilakukan uji simulasi menggunakan sistem resirkulasi air terbuka pada temperatur 37 °C. Proses simulasi dilakukan dengan metode interval test dan berdasarkan standar NACE RP0775. Laju korosi baja tersebut diukur dengan metode pengurangan berat. Morfologi permukaan dan komposisi produk korosi dikarakterisasi menggunakan SEM (*scanning electron microscopy*), XRD (*x-ray diffraction*) dan EDS (*energy dispersive spectroscopy*). Nilai laju korosi baja karbon hasil uji simulasi selama 1, 3 dan 4 minggu masing-masing sebesar 2,29 mmpy; 1,23 mmpy; dan 0,93 mmpy. Terjadi penurunan laju korosi jika waktu simulasi diperpanjang akibat terbentuknya lapisan produk korosi pada permukaan baja. Sementara itu, parameter air yang paling menentukan laju korosi adalah DO (*dissolved oxygen*). Perubahan DO sangat mempengaruhi kecepatan laju korosi. Berdasarkan morfologi produk korosi, serangan korosi terjadi secara lokal yang sebarannya merata. Produk korosi berupa senyawa oksida dalam bentuk Fe₃O₄, FeOOH dan Fe₂O₃.

Kata Kunci: Baja karbon, korosi, NACE RP0775, simulasi, pengurangan berat

Corrosion Performance of Carbon Steel in Pipe Simulation Test for Cooling Water Systems

*The main problem in cooling water systems in geothermal power plant units is caused by corrosion, deposits, and slime. Corrosion can shorten the life of cooling water system equipment due to a decrease in operating efficiency, leakage, and pollution. These problems, occur very complex and associated with many causes. On the other hand, most cooling water systems in the industry contain carbon steel components that are easily corroded. To determine the value of the corrosion rate of carbon steel in a geothermal power plant, a simulation test using an open recirculating system at 37 °C was carried out. The simulation process was done by an interval test method and based on NACE RP0775 standard. The corrosion rate of the carbon steel specimen was determined by weight loss method. The morphology of surface and composition of corrosion products are characterized using SEM (*scanning electron microscopy*), XRD (*x-ray diffraction*) and EDS (*energy dispersive spectroscopy*). The corrosion rate values of carbon steel from the simulation obtained after 1, 3 and 4 weeks were 2.29 mmpy; 1.23 mmpy; and 0.93 mmpy, respectively. There was a decrease in the corrosion rate by the extent of the simulation time due to the formation of corrosion product layers on the steel surface. Meanwhile, the most decisive water parameter that affects the corrosion rate of the specimen is DO (*dissolved oxygen*). The change of DO greatly affects the corrosion rate of carbon steel. Based on the morphology of corrosion product, the corrosion attacks occur locally. The corrosion products identified were the oxide compounds of Fe₃O₄, FeOOH and Fe₂O₃.*

Keywords: Carbon steel, corrosion, NACE RP0775, simulation test, weight loss

UDC (OXDCF) 669.7

Aprilia Erryani^a, Novantoro^b, Franciska Pramuji Lestari^a, Made Subekti Dwijaya^a, Ika Kartika^a (^aPusat Penelitian Metalurgi dan Material – LIPI, ^bTeknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)

Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Paduan Magnesium Berpori dengan Variasi Komposisi Agen Pengembang dan Temperatur Sinter untuk Aplikasi Implan Mampu Luruh

Metalurgi, Vol 34 No. 2 Agustus 2019

Implan magnesium berpori memiliki potensi yang besar sebagai aplikasi scaffold berdasarkan sifat mampu luruh, biokompatibilitas dan sifat mekaniknya yang mendekati tulang manusia. Kombinasi Mg, Zn dan Sr dalam implan dapat membantu mempercepat proses penyembuhan tulang. Optimalisasi parameter untuk membuat logam berpori dengan SrCO₃ sebagai agen pengembang adalah dengan melakukan variasi temperatur sintering 650, 675 dan 700 °C dengan waktu tahan konstan selama 3 jam serta komposisi %berat SrCO₃ pada 5, 10 dan 20. Karakterisasi struktur mikro paduan Mg dilakukan dengan menggunakan SEM (*scanning electron microscope*), persebaran unsur dilakukan dengan mapping EDS (*energy dispersive spectrometry*) dan juga XRD (*x-ray diffraction*). Dilakukan pengujian tekan untuk mengetahui nilai kekuatan paduan serta %porositas dengan metode Archimedes. Porositas tertinggi Mg didapat pada 20 %berat SrCO₃ pada temperatur sinter 700 °C, yaitu 29,63% porositas, serta kekuatan kompresi 283,28 MPa pada 5 %berat SrCO₃ pada temperatur sinter 700 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur pori serta sifat mekanik yang dihasilkan mendekati kesesuaian dengan *cortical bone* dan *consellous bone*.

Kata Kunci: Paduan Mg, struktur berpori, metalurgi serbuk, foaming agent SrCO₃, implan mampu luruh

Mechanical Properties and Microstructure of Magnesium Alloy Foam Using Various Foaming Agent and Sintering Temperature for the Implant Application

Porous magnesium implant has great potential for scaffold application due to their biodegradable properties, biocompatible, and their mechanical properties which close to natural human bone. A combination of Mg and Sr in implant application accelerates bone formation. The parameter optimization for making porous metal with SrCO₃ as a foaming agent is to vary the sintering temperature of 650, 675 and 700 °C with a constant holding time of 3 hours and the composition of SrCO₃ at 5, 10 and 20 wt.%. Characterization of the microstructure of Mg alloy is carried out by using a SEM (scanning electron microscopy). The elemental distribution is analyzed by EDS (energy dispersive spectrometry) mapping and XRD (x-ray diffraction). The compressive test was carried out to determine the strength of alloy and percentage of porosity by the Archimedes method. The highest porosity of Mg was obtained at 20 wt.% SrCO₃ sintered at 700 °C, having 29.63% porosity, and the highest compression strength of 283.28 MPa was obtained at 5 wt.% SrCO₃ sintered at 700 °C. The results showed that the resulting pore structure and mechanical properties were close to conformity with cortical bone and concellous bone.

Keywords: Mg alloy, porous structure, powder metallurgy, foaming agent SrCO₃, biodegradable implant

UDC (OXDCF) 622.7

Suharto^a, Soesaptri Oediyani^b, Syuqron Fajri Shiddiq^b, Suropto Dwi Yuwono^c Suhartono^d (^aBalai Penelitian Teknologi Mineral LIPI, ^bTeknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, ^cJurusan Kimia - FMIPA UNILA, ^dJurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani)

Reduksi Bijih Besi Lampung Memanfaatkan Reduktor Model Gas Produser

Metalurgi, Vol. 34 No. 2 Agustus 2019

Model gas produser hasil gasifikasi limbah biomassa digunakan sebagai reduktor dalam proses reduksi bijih besi. Campuran gas dengan kandungan CO, H₂, CH₄, CO₂, CnHm dan N₂ digunakan sebagai model gas produser untuk mereduksi bijih besi Lampung, yang kandungan mineral primernya berupa hematit. Bijih besi ini dipreparasi hingga ukuran -6+3 mm dan -12+10 mm, kemudian direduksi dalam *vertical tube furnace* dengan variasi temperatur 800, 900 dan 1000 °C, dan waktu reduksi 45, 60 dan 75 menit. Persentase Fe dan metalisasi diamati pada berbagai temperatur, waktu reduksi dan ukuran bijih besi tersebut. Reduksi bijih besi dengan ukuran -6+3 mm pada temperatur 1000 °C selama 75 menit menghasilkan persentase Fe dan metalisasi tertinggi, masing-masing sebesar 67,36% dan 84,25%. Analisa menggunakan software Image-J menunjukkan bijih besi dengan ukuran -6+3 mm memiliki jumlah porositas (39,48%) lebih banyak dibanding porositas bijih besi ukuran -12 +10 mm. Hasil analisa XRD (*x-ray diffraction*) menampilkan bahwa kandungan logam Fe paling banyak (puncak tertinggi) diperoleh dari bijih besi ukuran -6+3 mm pada temperatur dan waktu reduksi 1000 °C dan 75 menit. Gas produser hasil gasifikasi diharapkan dapat digunakan secara nyata sebagai reduktor bijih besi dalam upaya mensubstitusi batubara dan gas alam.

Kata Kunci: Bijih besi, gas produser, gasifikasi, persentase metalisasi, reduktor

Reduction of Lampung Iron Ore Using Producer Gas Model Reductor

The producer gas model from the biomass waste gasification was utilized as reduction in the iron ore reduction process. A mixture of gases containing CO, H₂, CH₄, CO₂, CnHm, and N₂ was used as a producer gas model for reducing the Lampung iron ore, which hematite as the primary mineral content. Iron ore is prepared up to sizes -6+3 mm and -12+10 mm, and then to be reduced in the vertical tube furnace at a temperature variation of 800, 900 and 1000 °C, and a reduction time of 45, 60 and 75 minutes, respectively. The percentage of Fe and metallization were observed at various temperatures, reduction times, and the size of the iron ore. The reduction of iron ore of a size of -6+3 mm at a temperature of 1000 °C during 75 minutes yielded the highest percentage of Fe and metallization of 67.36% and 84.25%, respectively. Image-J analysis depicted than iron ore of a size of -6+3 mm had a greater amount of porosity (39.48%) than the porosity of the size of the iron ore size -12+10 mm. The XRD analysis results show that the highest content of Fe metal (highest peak) was obtained from samples of -6+3 mm at temperatures and reduction times of 1000 °C and 75 minutes, respectively. Producer gas from gasification is expected to be employed as an iron ore reduction actually in an effort to substitute coal and natural gas.

Keywords: Iron ore, gas producer, gasification, percent metallization, reduction

UDC (OXDCF) 620.18

Ayu Dwi Priyanti¹, Nadia Chrisayu Natasha², Eko Sulistiyono², Fariza Eka Yunita², Ahmad Rizky Ramdhani², Dian Maruto Wijanarko¹ (¹Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, ²Pusat Penelitian Metalurgi dan Material, LIPI)

Studi Perhitungan Ukuran Butiran Magnesium Karbonat Hasil Proses Karbonasi dengan Metode Free Settler

Metalurgi, Vol 34 No. 2 Agustus 2019

Metode penghitungan ukuran butiran dengan proses pengendapan suspensi (*free settler*) merupakan metode pengukuran yang paling praktis dan sederhana. Prinsip metode ini adalah adanya gaya gravitasi yang berlawanan dengan gaya apung akibat dari tekanan fluida cair terhadap padatan. Pada tulisan ini dibahas mengenai penggunaan metode *free settler* sebagai rujukan dalam proses penghitungan ukuran butiran magnesium karbonat. Magnesium karbonat berukuran nano pada percobaan ini dibuat dengan cara pemanasan larutan magnesium bikarbonat menggunakan gelombang ultrasonik dan pemanasan biasa menggunakan *hot plate* dan *stirrer*. Hasil optimum penghitungan ukuran butiran yang dihasilkan melalui proses pemanasan ultrasonik pada amplitudo 30% selama 35 menit menggunakan metode stokes berada pada rentang 0,491 μm – 1,072 μm , sedangkan ketika dilakukan analisis menggunakan PSA Nano (*particle size analyzer*) ukuran butiran berada pada rentang 0,451 μm – 2,617 μm . Hal ini menunjukkan bahwa meskipun hasil penghitungan ukuran butiran dengan kedua metode analisis tersebut memberikan hasil yang berbeda, namun masih berada pada rentang ukuran yang beririsan. Selain itu, dapat dilihat adanya kecenderungan berkurangnya ukuran ketika dilakukan penambahan gelombang ultrasonik. Dari analisis tersebut diperoleh kesimpulan bahwa metode *free settler* dapat digunakan sebagai metode awal untuk memprediksi ukuran partikel terutama bagi lembaga riset yang belum memiliki peralatan pengukur ukuran partikel (PSA).

Kata Kunci: Free settler, PSA nano, magnesium karbonat, suspensi

Study of Magnesium Carbonate Particle Size Measurement from Carbonation Process with Free Settler Method

Particle size measurement with the free settler method is the most practical and straightforward method. The principle of this method is the presence of gravity that is opposite with buoyancy due to the pressure between liquid and solid. This paper explains the use of the free settler method as a reference in the magnesium carbonate particle size measurement method. In this research, nano magnesium carbonate was made by heating magnesium bicarbonate solution using ultrasonic wave and hot plate. The optimum result of nano magnesium carbonate using ultrasonic heating process with 30% amplitude for 35 minutes by stokes method is 0.491 μm – 1.072 μm , while using the PSA (particle size analysis) is 0.451 μm – 2.617 μm . It shows that although the particle size measurement with those analysis methods has different results, they still have intersecting size range. It also can be seen that the grain size will be reduced when an ultrasonic wave is added. In this work, the free settler method can be used as a preliminary method to predict the particle size of nanomaterial should a particle size analyzer (PSA) is not available.

Keywords: Free settler, PSA nano, magnesium carbonate, suspension

UDC (OXDCF) 621.402

Dewa Nyoman Adnyana (Department of Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology)

Kebocoran Pipa Dapur Pemanas Kilang Minyak Bumi Akibat Karburisasi

Metalurgi, Vol. 34 No. 2 Agustus 2019

Dapur pemanas pada sebuah kilang pengolahan minyak bumi mengalami kebocoran pada salah satu pipa konveksi. Pipa tersebut terbuat dari baja karbon rendah jenis ASTM A-106 Gr.B. Cairan proses di dalam pipa adalah xylene dengan tekanan desain 15,8 kg/cm²g dan suhu desain yaitu 299 °C (pada saluran masuk) dan 405 °C (pada saluran keluar). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis dan faktor penyebab serta mekanisme terjadi kebocoran pada pipa tersebut. Sejumlah pengujian telah dilakukan meliputi pemeriksaan visual dan makroskopik, analisa kimia, pengujian metalografi dan kekerasan, serta analisa SEM (*scanning electron microscopy*) yang dilengkapi dengan EDS (*energy dispersive spectroscopy*). Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa kebocoran yang terjadi pada pipa konveksi disebabkan oleh karburisasi dan pembentukan debu/serbuk logam. Karburisasi terjadi pada dinding bagian dalam pipa yang mengalami panas berlebih secara lokal akibat terbentuknya endapan kokas.

Kata Kunci: Pipa konveksi, karburisasi, endapan kokas, panas berlebih secara lokal, pembentukan debu logam

Carburization Study on a Fired Heater Tube of a Petroleum Processing Refinery

The fired heater of a petroleum processing refinery leaks in one of the convection tubes. The tube is made of ASTM A-106 Gr.B. Process fluid in the tube is xylene with a design pressure of 15.8 kg/cm²g and design temperature of 299 °C (at the inlet) and 405 °C (at the outlet). This study aims to determine the type and causes and the mechanism of leakage in the tube. A number of tests have been carried out including visual inspection and macroscopic analysis, chemical analysis, metallographic and hardness testing, and SEM (scanning electron microscopy) analysis which is equipped with EDS (energy dispersive spectroscopy). The results obtained showed that the leak that occurred in the convection tube was caused by carburization and metal dusting. Carburization occurs in the inner walls of the tube that experience some localized overheating due to the formation of coke deposits.

Keywords: Convection tube, carburization, coke deposits, localized overheating, metal dusting

