



P-ISSN 0126-3188

E-ISSN 2443-3926

METALURGI

MAJALAH ILMU DAN TEKNOLOGI

VOLUME 32 Nomor 3, DESEMBER 2017

AKREDITASI NO. SK 637/AU3/P2MI-LIPI/07/2015

Daur Ulang Refraktori Bekas Pakai *Kiln* dan *Fly Ash* Batu Bara
dengan Variasi Tekanan *Greenbody*

Pengaruh Waktu *Milling* terhadap Mikrostruktur
dan Sifat Magnetik Komposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4\text{-NdFeO}_3$

Peningkatan Ketahanan Aus pada Baja Tahan Karat Martensitik 13Cr AISI 410
setelah Proses Austenisasi dan *Tempering*

Stress Corrosion Cracking of Cage Superheater Tubes of A Newly Built Boiler

Studi Awal Sintesis dan Karakterisasi Bi(Pb)-Sr-Ca-Cu-O
dengan Penambahan *Carbon Nanotube* dan TiO_2
Menggunakan Metoda Reaksi Padatan dan Proses *Sintering* Berulang

Pusat Penelitian Metalurgi dan Material
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia



METALURGI

VOLUME 32 NOMOR 3, DESEMBER 2017
P-ISSN 0126-3188
E-ISSN 2443-3926

Penanggung Jawab :

Kapuslit Metalurgi dan Material – LIPI

Ketua Dewan Redaksi :

Dr. Ika Kartika, 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)

Dr. M. Zaki Mubarak (Teknik Metalurgi,
Institut Teknologi Bandung)

Dr. Asep Ridwan S. (Teknik Mesin, Institut
Teknologi Bandung)

Alfirano, ST, MT, 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)

Timotius Pasang (Auckland University of
Technology, New Zealand)

Redaksi :

Lia Andriyah, M.Si

Tri Arini, M.T

Disain Grafis :

Arif Nurhakim, S.Sos

Website :

Daniel Panghuhutan, M.Si

Adi Noer Syahid, A.Md

M. Satrio Utomo, M.Sc

Sekretariat dan Penerbit :

Pusat Penelitian Metalurgi dan Material –
LIPI Ged. 470, Kawasan Puspiptek Serpong,
Tangerang Selatan, 15310

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 637/AU3/P2MI-LIPI/07/2015

Pengantar Redaksi.....xxv

Abstrak.....xxvii

Daur Ulang Refraktori Bekas *Kiln* dan *Fly Ash*
Batubara dengan Variasi Tekanan *Greenbody*
Ayu Septriana,dkk.....97-104

Pengaruh Waktu *Milling* Terhadap
Mikrostruktur dan Sifat Magnetik Komposit
 $NiFe_2O_4-NdFeO_3$
Ade Mulyawan,dkk.....105-114

Peningkatan Ketahanan Aus pada Baja Tahan
Karat Martensitik 13Cr AISI 410 Setelah Proses
Austenisasi dan *Tempering*
Annisa Siti Apriani, dkk.....115-122

Stress-Corrosion Cracking of Cage Superheater
Tubes of A Newly Built Boiler
Dewa Nyoman Adnyana.....123-136

Studi Awal Sintesis dan Karakterisasi Bi(Pb)-
Sr-Ca-Cu-O dengan Penambahan *Carbon*
Nanotube dan TiO_2 Menggunakan Metoda
Reaksi Padatan dan Proses *Sintering* Berulang
Rizki Svahfina,dkk.....137-142

Indeks

PENGANTAR REDAKSI

Syukur Alhamdulillah Majalah Metalurgi Volume 32 Nomor 3, Desember 2017 kali ini menampilkan 5 buah tulisan.

Tulisan pertama hasil penelitian disampaikan oleh Ayu Septriana dan kawan-kawan menulis tentang *Daur Ulang Refraktori Bekas Kiln dan Fly Ash Batubara dengan Variasi Tekanan Greenbody*. Selanjutnya Ade Mulyawan dan kawan-kawan menulis tentang *Pengaruh Waktu Milling Terhadap Mikrostruktur dan Sifat Magnetik Komposit NiFe₂O₄-NdFeO₃*. Annisa Siti Apriani dan kawan-kawan menulis tentang *Peningkatan Ketahanan Aus pada Baja Tahan Karat Martensitik 13Cr AISI 410 Setelah Proses Austenisasi dan Tempering*. Selanjutnya, Dewa Nyoman Adnyana menulis tentang *Stress-Corrosion Cracking of Cage Superheater Tubes of A Newly Built Boiler*. Terakhir yaitu Rizki Syahfina dan kawan-kawan menulis tentang *Studi Awal Sintesis dan Karakterisasi Bi(Pb)-Sr-Ca-Cu-O dengan Penambahan Carbon Nanotube dan TiO₂ Menggunakan Metoda Reaksi Padatan dan Proses Sintering Berulang*.

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

REDAKSI

Kata Kunci bersumber dari artikel. Lembar abstrak ini boleh diperbanyak tanpa izin dan biaya.

UDC (OXDCF) 620.21

Ayu Septriana^a, Azhar^a, Widi Astuti^b

(^aJurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, ^bBalai Penelitian Teknologi Mineral – LIPI)

Daur Ulang Refraktori Bekas *Kiln* dan *Fly Ash* Batubara dengan Variasi Tekanan *Greenbody*

Metalurgi, Vol 32 No. 3 Desember 2017

Refraktori merupakan salah satu jenis bahan keramik yang tahan terhadap panas (temperatur tinggi) dan memiliki kemampuan untuk mempertahankan kondisinya baik secara fisik maupun kimia pada temperatur tinggi tersebut. Pembuatan refraktori pada penelitian ini menggunakan bahan baku refraktori bekas pakai *kiln* pabrik semen dengan tambahan 15% *fly ash* batu bara. Penelitian ini menganalisis pengaruh tekanan *green body* dari campuran refraktori bekas pakai dan *fly ash* batu bara yang dihasilkan terhadap sifat fisik refraktori tersebut. Bahan baku refraktori bekas pakai dihaluskan dengan distribusi ukuran agregat besar -40+80 *mesh* dan ukuran agregat kecil -80 *mesh*, sedangkan *fly ash* batu bara berukuran -100 *mesh*. Pemadatan bahan baku dilakukan dengan menggunakan alat *press hydraulic*, dengan cetakan berbentuk kubus dengan ukuran 5 x 5 x 5 cm. Dilakukan variasi tekanan campuran *green body* sebesar 8, 9, 10, 11, 12, dan 13 ton. Pengujian produk dilakukan dengan uji porositas (*apparent porosity*) dan densitas (*bulk density*) dengan metode archimedes, kuat tekan (*cold crushing strenght*), dan uji konduktivitas termal bahan dilakukan dengan metode *guarded hot plate* menggunakan standar ASTM (C 177-04). Pengaruh tekanan *green body* dari campuran *fly ash* batu bara dan refraktori bekas pakai *kiln* terhadap sifat fisik refraktori adalah semakin tinggi tekanan pencetakan *green body*, maka semakin tinggi nilai kuat tekan dan densitasnya, sedangkan nilai konduktivitas termal dan porositas akan semakin rendah. Nilai tertinggi untuk kuat tekan dan densitas adalah 4,48MPa; 1,119 gr/cm³; nilai terendah konduktivitas termal dan porositas adalah 11,60 W/m.K; 22,034 %. Nilai-nilai tersebut didapatkan dari tekanan *green body* 13 ton.

Kata Kunci: Refraktori, kiln, fly ash batu bara, tekanan green body

Recycling of Used Refractory of Kiln and Coal Fly Ash by Various of Greenbody Presure

Refractory is one type of ceramic material which is thermostable (high temperature resistant) and has the ability to maintain a good physical and chemical condition at high temperature. Manufacture of refractory in this study using used kiln refractory from cement industry and 15% coal fly ash as additional. This research analyzed the effect of green body pressure produced by physical properties of refractory which made from mixture of used refractory and coal fly ash. Used refractory crushed into large aggregate size -40 +80 mesh and small aggregate size -80 mesh, while fly ash -100 mesh. Then, the two of material mixed. Raw material pressed by press hydrauliuic, with a cube-shaped mold in 5 x 5 x 5 cm size. The pressure of green body varied in 8, 9, 10, 12, and 13 tons. The product tested by archimedes methode to getting apparent porosity and bulk density, and guarded hot plate methode standard use ASTM (C 177-04) to getting the cold crushing strenght and thermal conductivity. Higher pressure molding green body product was obtained with higher compressive strength and bulk density, with lower value of the apparent thermal conductivity and porosity. The highest value for the compressive strength and bulk density was 4.48 MPa; 1.119 g / cm³; the lowest value of thermal conductivity and apparent porosity is 11.60 W / m.K; 22.034%. Those values obtained from green pressure body 13 tons.

Keywords: Refractory, kiln, fly ash coal, green body pressure

Kata Kunci bersumber dari artikel. Lembar abstrak ini boleh diperbanyak tanpa izin dan biaya.

UDC (OXDCF) 621.91

Ade Mulyawan, Yunasfi, Wisnu Ari Adi (Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM) – BATAN)

Pengaruh Waktu *Milling* Terhadap Mikrostruktur dan Sifat Magnetik Komposit NiFe₂O₄-NdFeO₃

Metalurgi, Vol 32 No. 3 Desember 2017

Pengembangan bahan penyerap gelombang elektromagnetik dan gelombang mikro sangat penting dilakukan untuk mengatasi masalah interferensi gelombang elektromagnetik pada teknologi komunikasi dan juga dalam pengembangan bahan radar untuk kepentingan militer. Pada penelitian ini berhasil dilakukan pembuatan material penyerap gelombang elektromagnetik komposit fasa NiFe₂O₄-NdFeO₃ dengan menggunakan Fe₂O₃, NiO, dan Nd₂O₃ melalui reaksi padatan. Material komposit dilakukan *milling* dengan variasi waktu 10, 15, 20, dan 25 jam dan selanjutnya disinter pada suhu 1200 °C selama 3 jam. Identifikasi fasa dilakukan dengan XRD (*x-ray diffractometer*) menunjukkan bahwa komposit hanya terdiri dari fasa NiFe₂O₄ dan NdFeO₃. Ukuran kristalit fasa NiFe₂O₄ berada pada kisaran 59-68 nm, sedangkan fasa NdFeO₃ pada kisaran 62-65 nm. Pengamatan morfologi permukaan dilakukan menggunakan SEM (*scanning electron microscopy*). Berdasarkan hasil karakterisasi sifat magnetik menggunakan VSM (*vibrating sample magnetometer*), diketahui bahwa parameter sifat magnetik seperti magnetisasi saturasi (Ms), magnetisasi remanen (Mr), dan koersivitas (Hc) sangat bergantung pada fraksi massa, ukuran kristalit, dan homogenitas fasa yang terbentuk.

Kata Kunci: *Penyerap gelombang elektromagnetik, komposit NiFe₂O₄-NdFeO₃, waktu milling, sifat magnet*

Influence Of Milling Time on Microstructure and Magnetic Properties of NiFe₂O₄-NdFeO₃ Composite

*The development of electromagnetic wave and microwave absorbing materials was important to overcome the electromagnetic wave interference in communication technology and in the development of radar materials for military purposes. In this study the composite which contained two different phases of NiFe₂O₄-NdFeO₃ has successfully synthesized using Fe₂O₃, NiO, and Nd₂O₃ as starting materials through solid state reaction method. The composites were made by varying milling times from 10, 15, 20, and 25 hours then followed by sintering process at 1200 °C for 3 hours. Phase identification was performed using XRD (*x-ray diffractometer*) which revealed only NiFe₂O₄ and NdFeO₃ phases. The crystallite size of the NiFe₂O₄ phase is in the range of 59-68 nm, and NdFeO₃ in the range of 62-65 nm. The agglomeration of particles was observed by using SEM (*scanning electron microscope*). Referring to the characterization result of the magnetic properties by using VSM (*vibrating sample magnetometer*), it is known that the parameters of the magnetic properties such as magnetization saturation (Ms), magnetization remanence (Mr), and coercivity (Hc) are highly dependent on the mass fraction, crystallite size, and the homogeneity of the phase composition.*

Keywords: *Electromagnetic wave absorbing, NiFe₂O₄-NdFeO₃ composite, milling time, magnetic properties*

Kata Kunci bersumber dari artikel. Lembar abstrak ini boleh diperbanyak tanpa izin dan biaya.

UDC (OXDCF) 620.112

Annisa Siti Apriani^a, Mochamad Syaiful Anwar^b, Rusnaldy^a, Efendi Mabru^b
(^aJurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, ^bPusat Penelitian Metalurgi dan Material – LIPI)

Peningkatan Ketahanan Aus pada Baja Tahan Karat Martensitik 13Cr AISI 410 setelah Proses Austenisasi dan *Tempering*

Metalurgi, Vol 32 No. 3 Desember 2017

Sudu (*blade*) turbin yang terbuat dari baja tahan karat martensitik 13Cr yang selalu beroperasi pada kecepatan putaran yang tinggi pada pembangkit listrik tenaga uap sering ditemukan kegagalan pada material tersebut. Salah satu penyebab kegagalan ini adalah adanya benda asing yang memberikan dampak aus pada permukaan sudu turbin. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pengaruh perlakuan panas austenisasi dan *tempering* terhadap kekerasan dan ketahanan aus baja tahan karat martensitik 13Cr. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan Rockwell C dan uji ketahanan aus. Hasil penelitian ini adalah nilai kekerasan optimum ditemukan pada baja tahan karat martensitik 13Cr yang mengalami austenisasi pada suhu 1050 °C dengan suhu *tempering* 600 °C. Kenaikan suhu *tempering* pada baja tahan karat 13Cr tidak memberikan pengaruh negatif secara linier terhadap ketahanan aus baja tersebut.

Kata Kunci: *Baja tahan karat martensitik 13Cr, sudu turbin uap, austenisasi, tempering*

Improvement of Wear Resistance of 13Cr AISI 410 Martensitic Stainless Steel after Austenitizing and Tempering Process

The turbine blades that were developed from martensitic stainless steel 13Cr are usually operate on high rotation speed in steam power plants and often found to be failures in the material. One of the failure causes is the presence of foreign material that gives the abrasion impact on the surface of the turbine blade. The aim of this study is observed the effect of austenitization and tempering temperatures on the hardness and abrasion resistance of 13Cr martensitic stainless steel. The examinations were carried out i.e. hardness Rockwell C and abrasion resistance. The optimum hardness values obtained on 13Cr martensitic stainless steel which austenitizing at 1050 °C and tempering of 600 °C. The increasing of tempering temperature in the 13Cr stainless steel does not give a linear negative effect on the abrasion resistance of the steel.

Keywords: *13Cr martensitic stainless steel, steam turbine blade, austenitizing, tempering*

METALURGI
(Metallurgy)

P-ISSN 0126-3188
E-ISSN 2443-3926

Vol 32 No. 3 Desember 2017

Kata Kunci bersumber dari artikel. Lembar abstrak ini boleh diperbanyak tanpa izin dan biaya.

UDC (OXDCF) 620.112

Dewa Nyoman Adnyana (Department of Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology
The National Institute of Science and Technology - ISTN)

Korosi Retak Tegang pada Pipa Superheater Ketel Uap yang Baru Dibangun

Metalurgi, Vol 32 No. 3 Desember 2017

Sejumlah pipa penukar panas lanjut pada sebuah ketel uap yang baru dibangun ditemukan bocor selama operasi komisioning yang pertama. Kebocoran terjadi ketika ketel uap baru saja mencapai tekanan 23,7 barg dan temperatur 405 °C dari tekanan dan temperatur operasi yang direncanakan yaitu 53 barg dan 485 °C. Dalam makalah ini dibahas jenis kerusakan dan faktor-faktor yang kemungkinan telah menyebabkan terjadinya kebocoran pada pipa penukar panas lanjut tersebut. Penelitian/pengujian metalurgi telah dilakukan dengan mempersiapkan sejumlah benda uji yang diperoleh dari salah satu potongan pipa yang bocor tersebut. Berbagai pengujian laboratorium telah dilakukan meliputi: uji makro, analisa komposisi kimia, uji metalografi, uji kekerasan dan uji SEM (*scanning electron microscopy*) yang dilengkapi dengan analisis EDS (*energy dispersive spectroscopy*). Hasil penelitian/pengujian metalurgi yang diperoleh menunjukkan bahwa pipa penukar panas lanjut yang bocor tersebut telah mengalami retak korosi tegangan yang disebabkan oleh efek kombinasi antara korosi dan tegangan tarik. Unsur korosif yang kemungkinan dapat menimbulkan terjadinya retak korosi tegangan pada pipa penukar panas lanjut adalah kaustik sodium (Na) dan elemen-elemen lainnya pada tingkatan yang relatif rendah seperti Ca, Cl, S dan P.

Kata Kunci: *Pipa penukar panas lanjut, retak korosi tegangan, kaustik sodium (Na)*

Stress Corrosion Cracking of Cage Superheater Tubes of a Newly Built Boiler

A number of cage superheater tubes of a newly built steam boiler have been leaking during boiler's first start-up commissioning. Leaking occurred when the boiler had just reached a pressure of 23.7 barg and temperature 405 °C from the intended operating pressure of 53 barg and temperature of 485 °C. Type of failure and factors that may have caused the leakage of the cage superheater tube are discussed in this paper. The metallurgical assessment was conducted by preparing a number of specimens from the as received leaked cage superheater tube. Various laboratory examinations were performed including macroscopic examination, chemical composition analysis, metallographic examination, hardness test and SEM (scanning electron microscopy) examination equipped with EDS (energy dispersive spectroscopy) analysis. Results of the metallurgical assessment obtained show that the leaked cage superheater tubes have been experiencing stress-corrosion cracking (SCC) caused by the combined effect of corrosion and tensile stress. The corrosion agent that may have been responsible for the occurrence of SCC in the tube was mostly due to caustic sodium (Na) and other elements in a lesser extent such as Ca, Cl, S and P.

Keywords: *Cage superheater tube, stress-corrosion cracking (SCC) caustic sodium (Na)*

Kata Kunci bersumber dari artikel. Lembar abstrak ini boleh diperbanyak tanpa izin dan biaya.

UDC (OXDCF) 620.5

Rizki Syahfina^a, Bintoro Siswayanti^b, Sigit Dwi Yudanto^b, Agung Imaduddin^b, Nurul Suhada^a, Fauzan Amri^a, dan Mukti Hamjah Harahap^a (^aJurusan Fisika, Universitas Negeri Medan; ^bPusat Penelitian Metalurgi dan Material – LIPI)

Studi Awal Sintesis dan Karakterisasi Bi(Pb)-Sr-Ca-Cu-O dengan Penambahan *Carbon Nanotube* dan TiO₂ Menggunakan Metoda Reaksi Padatan dan Proses *Sintering* Berulang

Metalurgi, Vol 32 No. 3 Desember 2017

Telah dilakukan sintesis Bi_{1,6}Pb_{0,4}Sr₂Ca₂Cu₃O_{10+δ} dengan penambahan CNT (*carbon nanotube*) dan penambahan TiO₂ menggunakan metode reaksi padatan dengan proses *sintering* berulang. Penambahan CNT sebesar 0,1 %berat dan TiO₂ sebesar 5 %berat dan *sintering* berulang dilakukan untuk mempelajari pengaruhnya terhadap pembentukan fasa 2223 beserta pengotornya, dan mempelajari perubahan morfologi Bi_{1,6}Pb_{0,4}Sr₂Ca₂Cu₃O_{10+δ}. Bi_{1,6}Pb_{0,4}Sr₂Ca₂Cu₃O_{10+δ} yang dibuat dianalisis dengan XRD (*x-ray diffractometer*) dan SEM (*scanning electron microscopy*). Berdasarkan hasil XRD, penambahan 0,1 %berat CNT dan TiO₂ sebesar 5 %berat pada superkonduktor Bi(Pb)-2223 diketahui menghasilkan fasa 2223, fasa 2212, dan juga fasa pengotor. Namun proses *sintering* berulang mampu mengurangi fasa impuritas, meningkatkan fraksi volume 2223, serta menurunkan fraksi volume 2212. Berdasarkan pengamatan struktur morfologi melalui SEM, penambahan CNT pada superkonduktor Bi(Pb)-2223 membentuk serpihan memanjang dengan ruang porositas yang besar sedangkan penambahan TiO₂ membentuk gumpalan pada struktur morfologi Bi(Pb)-2223. Proses *sintering* berulang mampu memperbaiki struktur morfologi B-CNT dan B-TiO menjadi semakin rapat dan ruang porositas yang semakin kecil.

Kata Kunci: Bi(Pb)-2223, carbon nanotubes, TiO₂, metoda padatan, *sintering* berulang

Preliminary Study Synthesis and Characterization of Bi(Pb)-Sr-Ca-Cu-O By Addition of Carbon Nanotube and TiO₂ Using Solid Reaction Method and Recurrent Sintering Process

Bi_{1,6}Pb_{0,4}Sr₂Ca₂Cu₃O_{10+δ} with the addition of carbon nanotubes (CNT) and TiO₂ have been synthesized using solid state reaction method with the repeated sintering process. 0.1 wt % of CNT and 5 wt% of TiO₂ have been added to analyze the effect on the synthesizing of 2223 phases. The superconductors were analyzed using XRD (*x-ray diffractometer*) and SEM (*scanning electron microscopy*). Based on the XRD, the addition of CNTs and TiO₂ at this composition results, 2223, 2212, and impurities. However, the repeated sintering process in the B-CNT and B-TiO eliminates the impurities phase thus increasing the volume fraction 2223 and decreasing the volume fraction 2212. Based on morphological structure through SEM observation, the addition of CNT in the Bi(Pb)-2223 formed longer plates with large porosity spaces while the addition of TiO₂ formed clumps on the Bi(Pb)-2223 morphological structure. However, the repeated sintering process improves the morphological structure of B-CNT and B-TiO to become denser and decreases porosity space.

Keywords: Bi(Pb)-2223, carbon nanotubes, TiO₂, solid state method, repeated sintering