



P-ISSN 0126-3188

E-ISSN 2443-3926

METALURGI

MAJALAH ILMU DAN TEKNOLOGI

VOLUME 34 Nomor 3, DESEMBER 2019

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

Rancangan Proses Perlakuan Panas untuk Meningkatkan Ketahanan Sifat Erosi Baja AISI 4140

Pengaruh Material *Counter Electrode* pada *Dye-Sensitized Solar Cell*

Reaksi Karbotermik Nickeliferous Sintetik dengan Campuran Batubara Sub-Bituminous dan Sulfur Kadar Tinggi

Investigasi Model Isoterm Adsorpsi Litium dari *Brine Water* Bogor Menggunakan Adsorben *Hydrous Manganese Oxide (HMO)* dengan Variasi Dosis Adsorben dan Waktu Adsorpsi

Karakteristik Lapisan *Hot Dip Aluminizing* pada Baja Tahan Karat Martensitik 13 Cr

Pusat Penelitian Metalurgi dan Material
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia



METALURGI

VOLUME 34 NOMOR 3, DESEMBER 2019

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

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

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 Puspiptek 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

Pengantar Redaksi.....iii

Abstrak.....v

**Rancangan Proses Perlakuan Panas untuk
Meningkatkan Sifat Ketahanan Erosi Baja AISI
4140**

Beny Bandanadjaja, dkk.....101-108

**Pengaruh Material Counter Electrode pada Die
Sensitized Sollar Cell**

Ellyse Oktaviani, dkk.....109-130

**Reaksi Karbotermik Nickeliferous Sintetik
dengan Campuran Batu Bara Sub-Bituminous
dan Sulfur Kadar Tinggi**

Muhammad Rafdli, dkk131-140

**Investigasi Model Isoterm Adsorpsi Litium dari
Brine Water-Bogor Menggunakan Adsorben
Hydrous Manganese Oxide (HMO) dengan
Variasi Dosis Adsorben dan Waktu Adsorpsi**

Muhammad Yasin Siregar, dkk.....141-150

**Karakteristik Lapisan Hot Dip Aluminizing
pada Baja Tahan Karat Martensitik 13Cr**

Mikhael Kevin, dkk.....151-158

Indeks

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur Majalah Metalurgi Volume 34 Nomor 3, Desember 2019 kali ini dapat menampilkan 5 buah tulisan.

Tulisan pertama merupakan hasil kegiatan penelitian yang disampaikan oleh Benny Bandanadjaja dan kawan-kawan mengenai Rancangan Proses Perlakuan Panas untuk Meningkatkan Ketahanan Sifat Erosi Baja AISI 4140. Tulisan kedua adalah hasil review oleh Ellyse Oktaviani dan Natalita Maulani Nursam mengenai Pengaruh Material *Counter Electrode* pada *Dye-Sensitized Solar Cell*. Tulisan selanjutnya memiliki topik Reaksi Karbotermik Nickeliferous Sintetik dengan Campuran Batu Bara Sub-Bituminous dan Sulfur Kadar Tinggi yang dipaparkan oleh Muhammad Rafdli dan kawan-kawan. Untuk tulisan keempat dengan penulis Muhammad Yassin dan kawan-kawan menampilkan topik Investigasi Model Isoterm Adsorpsi Litium dari *Brine Water* Bogor Menggunakan Adsorben *Hydrous Manganese Oxide* (HMO) dengan Variasi Dosis Adsorben dan Waktu Adsorpsi. Tulisan kelima oleh Mikhael Kevin dan kawan-kawan menyampaikan topik Karakteristik Lapisan *Hot Dip Aluminizing* pada Baja Tahan Karat Martensitik 13 Cr .

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

REDAKSI

UDC (OXDCF) 627.5

Beny Bandanadjaja, Dewi Idamayanti, Rinaldy Alviana Hanafi (Jurusan Teknologi Pengecoran Logam Politeknik Manufaktur Bandung)

Rancangan Proses Perlakuan Panas untuk Meningkatkan Sifat Ketahanan Erosi Baja AISI 4140

Metalurgi, Vol. 34 No. 3 Desember 2019

Part diffuser merupakan bagian dari mesin mill batu bara PLTU (pembangkit listrik tenaga uap) Bukit Asam yang terkikis habis oleh erosi serbuk batu bara. Material asli yang digunakan sebelumnya adalah FC250+0,5%Cr yang memiliki nilai laju erosi 0,0015 mg/s dan harga impact 4,25 J/cm². Material tersebut memiliki umur pakai hanya 6 bulan, sementara umur pakai yang diinginkan adalah minimal 18 bulan. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan proses pada material AISI 4140 untuk menjadi pengganti material lama. Tujuannya untuk mendapatkan material pengganti yang memiliki umur pakai 18 bulan atau lebih. Selain sifat ketahanan erosi, ketahanan terhadap munculnya retak akibat getaran juga menjadi tuntutan yang perlu diperhatikan. Dengan demikian yang menjadi batas atas adalah laju erosi material baru 1/3 laju erosi material asli yaitu sebesar 0,0005 mg/s dan batas bawahnya adalah nilai impact material asli sebesar 4,25 J/cm². Metode yang dipakai pada material AISI 4140 adalah dengan proses perlakuan panas normalising-hardening yang diikuti dengan variasi tempering 200, 300, 450, dan 600 °C sebagai pilihan untuk dianalisis proses terbaiknya. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan Rockwell, uji impact dan uji keausan. Dari hasil percobaan dapat diperoleh persamaan fungsi umur pakai $U(x)$ terhadap kekerasan HRC (x), yaitu $U(x) = 0,9574 \cdot e^{0,071x}$. Hasil terbaik diperoleh pada material AISI 4140 dengan variasi tempering 200 °C dengan perkiraan umur 27 bulan dan tempering 450 °C dengan perkiraan umur pakai 18 bulan.

Kata Kunci: Ketahanan erosi, AISI 4140, mill batu-bara, diffuser, perlakuan panas

Heat Treatment Process Design to Improve Erosion Resistance Characteristics of AISI 4140 Steel

The diffuser is a spare part of the coal mill machine of the Bukit Asam Steam Electricity Power Plant. This spare part was eroded completely by the erosion of coal powder. The previous diffuser material was FC250+0.5% Cr, which had an erosion rate of 0.0015 mg/s and an impact value of 4.25 J/cm². This material has a service life of 6 months only, while the requirement of service life is at least 18 months. In this study, a process design was carried out on AISI 4140 material for replacing the previous materials. This study aims to make alternate diffuser materials with a lifetime of 18 months or more. Besides the erosion resistance, the resistance to cracks propagation due to vibration also becomes an important consideration. According to the requirement, the upper limit was set at the maximum erosion rate of new material, which equals 1/3 of the erosion rate of original material (0.0005 mg/s), and the lower limit was set to the minimum, which is equal to the impact value of the original material (4.25 J/cm²). The method was the normalizing-hardening heat treatment process, followed by variations of tempering at 200, 300, 450, and 600 °C. The analytical tests were conducted using the Rockwell hardness test, impact test, and jet erosion test. The analysis showed that the derived equation could be used to estimate the lifetime $U(x)$ as a function of the hardness HRC (x). That is $U(x) = 0.9574 \cdot e^{0.071x}$. The best result was achieved from the sample with a tempering of 200 and 450 °C that conforms to the requirement for a lifetime of 27 months and 18 months, respectively.

Keywords: Erosion resistance, AISI 4140, coal mill, diffuser, heat treatment

UDC (OXDCF) 621.312

Ellyse Oktaviani^a, Natalita Maulani Nursam^b (^aProgram Studi Teknik Fisika Energi, Fakultas Teknik, Universitas Surya, ^bPusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi – LIPI)

Pengaruh Material Counter Electrode pada Dye-Sensitized Solar Cell

Metalurgi, Vol. 34 No. 3 Desember 2019

Sel surya tersensitasi pewarna atau DSSC (dye-sensitized solar cell) merupakan sel surya generasi ketiga yang teknologinya sangat menjanjikan untuk menjadi alternatif sel surya berbasis silikon. DSSC umumnya memiliki dua bagian utama, yaitu working electrode (anoda) dan counter electrode (katoda). Counter electrode memiliki peran krusial pada DSSC, utamanya sebagai katalis untuk mempercepat reaksi reduksi-oksidasi pada elektrolit. Dengan demikian, pemilihan jenis material pada bagian counter electrode memiliki pengaruh signifikan terhadap performa DSSC secara keseluruhan. Platina merupakan salah satu material yang sangat umum digunakan pada counter electrode DSSC dikarenakan karakteristiknya yang hampir mendekati counter electrode ideal. Material counter electrode lain seperti karbon dan poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate (PEDOT:PSS) juga digunakan sebagai alternatif counter electrode platina yang memiliki harga yang mahal dan persediaan terbatas. Dalam paper review ini akan dibahas mengenai berbagai usaha yang dilakukan untuk meningkatkan performa DSSC menggunakan counter electrode platina, karbon dan PEDOT:PSS. Usaha tersebut meliputi peningkatan aktivitas katalis, konduktivitas, porositas, dan luas permukaan counter electrode. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa karbon dan PEDOT:PSS mampu menghasilkan performa DSSC yang mendekati dan bahkan melebihi counter electrode platina. Pengaruh variasi metode deposisi dan jenis komponen lain seperti fotoanoda, dye, dan elektrolit terhadap performa DSSC dengan counter electrode platina, karbon dan PEDOT:PSS juga dibahas dalam paper ini. Pemilihan material dan komponen DSSC yang sesuai, sangat penting dilakukan untuk menghasilkan sel surya dengan performa tinggi.

Kata Kunci: Dye-sensitized solar cell, counter electrode, platina, karbon, PEDOT:PSS

The Influence of Counter Electrode Material on Dye-sensitized Solar Cells

A dye-sensitized solar cell (DSSC) is a third-generation solar cell that has a promising technology to be the alternative for replacing silicon-based solar cells. DSSC typically consists of two main components, i.e., working electrode (anode) and counter electrode (cathode). The counter electrode has a crucial role in DSSC, predominantly as a catalyst to accelerate the reduction-oxidation reactions within the electrolyte. Platinum is one of the most widely used counter electrode materials in DSSC because of its nearly ideal characteristics as counter electrode. Other materials such as carbon and poly(3,4-ethylene dioxythiophene) polystyrene sulfonate (PEDOT: PSS) are used as the alternative for the platinum counter electrode since platinum is generally high in cost and limited in supply. This review paper will discuss some studies that have been done to improve the performance of DSSC by applying platinum, carbon, and PEDOT: PSS as a counter electrode. Several studies have shown that carbon and PEDOT: PSS were capable of producing DSSC performance that approaches and even exceeded that of the platinum counter electrode. The effects of deposition methods and the selection of other components such as photoanode, dye, and electrolytes on DSSC performance related to the application of platinum, carbon, and PEDOT: PSS counter electrode is also discussed in this paper. It is important to consider the materials selection and suitable DSSC components to produce solar cells with high performance.

Keywords: Dye-sensitized solar cell, counter electrode, platinum, carbon, PEDOT:PSS

UDC (OXDCF) 620.18

Muhammad Rafdli¹, Iwan Setiawan², Ani Febriana², Rudi Subagja², Sri Harjanto¹ (¹Departemen Metalurgi dan Material, Universitas Indonesia, ²Pusat Penelitian Metalurgi dan Material – LIPI)

Reaksi Karbotermik Nickeliferous Sintetik dengan Campuran Batu Bara Sub-Bituminous dan Sulfur Kadar Tinggi

Metalurgi, Vol. 34 No. 3 Desember 2019

Konsumsi nikel dunia semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan material nikel untuk energi, konstruksi dan kimia. Padahal kandungan nikel dalam bijih semakin menurun. Sehingga perlu meningkatkan kadar nikel dalam bijih kadar rendah dengan berbagai metoda. Peningkatan konsentrasi nikel dapat dilakukan dengan reduksi selektif bijih kadar rendah yaitu nickeliferous. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar sulfur tinggi dan pengaruh waktu milling nilai recovery nikel dan besi. Reduksi dilakukan terhadap campuran dari nickeliferous sintetik, sub-bituminous, dan sulfur hasil dari proses milling. Nilai recovery unsur Ni dan Fe diuji oleh AAS (atomic absorption spectrometry) pada fraksi magnetik. Pada variasi penambahan sulfur, nilai recovery nikel dan besi tertinggi berada pada sampel pada penambahan 34,5% sulfur. Sedangkan pada variasi waktu milling, nilai recovery nikel dan besi tertinggi berada pada sampel dengan penambahan 52% sulfur pada 20 ja milling. Berdasarkan hasil XRD (x-ray diffraction) diketahui bahwa puncak SiO₂ masih muncul pada pencampuran sampel dengan cara di aduk menggunakan mortar. senyawa SiO₂ serta semua jenis sampel tidak terdeteksi senyawa ferronickel (FeNi). Dari hasil pemetaan EDS (energy dispersive spectrometry), hampir semua jenis sampel memperlihatkan senyawa nikel sulfida (NiS).

Kata Kunci: Nickeliferous sintetik, kadar sulfur tinggi, milling, reaksi karbotermik

Carbothermic Reaction of Nickeliferous Synthetics with Sub Bituminous Coal and High Sulfur Content Coal

Global nickel consumption is increasing linearly with growth in the use of nickel for energy, construction, and chemistry. In fact, the content of nickel in ore decreases, so it is necessary to increase the levels of nickel in low-grade nickel ore by various methods. Increasing the concentration of nickel can be done by selective reduction. One such selective reduction method is the addition of sulfur additives and variations in the reducing agent-containing different sulfur compositions. To find out the effect of sulfur on the reduction of nickel and iron in a laterite matrix, synthetic ore-like laterite was made called synthetic nickeliferous. Synthetic nickeliferous mixture, sub-bituminous, and sulfur are milled, then reduced to a calcin. Calcin is then magnetically separated to produce tailings and concentrates. Concentrates were analyzed using AAS to determine the recovery of nickel and iron. In the variety of sulfur addition, the highest recovery value of nickel and iron was obtained in the sample with the addition of 34.5% sulfur. Whereas in the variation of milling time, the highest recovery value of nickel and iron was obtained in the sample with the addition of 52% sulfur in 20 h of milling. Based on XRD (x-ray diffraction) results, it is known that the peak of SiO₂ still appears in mixing the sample by stirring using a mortar. SiO₂ compounds and all types of samples were not detected as ferronickel (FeNi) particles. From the results of EDS mapping, almost all types of samples showed nickel sulfide compounds (NiS).

Keywords: Synthetic nickeliferous, high sulfur content, milling, carbothermic reaction

UDC (OXDCF) 546.38

Muhamad Yasin Siregar¹, Latifa Hanum Lalasari², Soesaptri Oediyani¹, Januar Irawan², Lia Andriyah², Tri Arini², Florentinus Firdiyono² (¹Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, ² Pusat Penelitian Metalurgi dan Material- LIPI)

Investigasi Model Isoterm Adsorpsi Litium dari Brine Water-Bogor Menggunakan Adsorben Hydrous Manganese Oxide (HMO) dengan Variasi Dosis Adsorben dan Waktu Adsorpsi

Metalurgi, Vol. 34 No. 3 Desember 2019

Telah dilakukan proses adsorpsi litium dari brine water yang berasal dari Ciseeng, Bogor. Adsorpsi dilakukan dengan menggunakan variasi dosis adsorben (5; 7,5; 10; 12,5; dan 15 g/L) dan waktu proses (0,5; 1; 2; 3; 4; dan 24 jam) dengan menggunakan adsorben sintesis $H_2Mn_2O_4$ (HMO) hasil aktivasi asam dari prekursor $LiMn_2O_4$ (LMO). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis adsorben dengan persen adsorpsi litium tertinggi didapatkan pada dosis 7,5 g/L dengan persen adsorpsi litium 7,28 % dengan nilai selektifitas $\alpha_{Li/Na}$ 0,92 dan $\alpha_{Li/K}$ 1,18. Persen adsorpsi litium dengan variasi waktu tertinggi yaitu pada waktu 24 jam dengan persen adsorpsi litium sebesar 15,33 % dengan nilai selektifitas $\alpha_{Li/Na}$ 2,38 dan $\alpha_{Li/K}$ 0,89 pada dosis 7,5 g/L. Adsorpsi Li dari brine water Bogor ini mengikuti model isoterm Freundlich karena nilai R^2 lebih tinggi daripada model isoterm Langmuir, sehingga adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi fisik (fisiosorpsi) dan membentuk lapisan multilayer.

Kata Kunci: Adsorpsi, brine, dosis, litium, waktu

Investigation of Lithium Adsorption Isotherm Model from Brine Water Bogor Using Hydrous Manganese Oxide (HMO) Adsorbent with the Variety of Dosage and Time of Adsorption

The lithium adsorption process has been carried out from brine water from Ciseeng, Bogor. Adsorption was done by using various doses of adsorbent (5; 7.5; 10; 12.5; and 15 g/L) and processing times (0.5; 1; 2; 3; 4; and 24 h) using synthetic $H_2Mn_2O_4$ (HMO) adsorbent from the result of acid activation from the precursors $LiMn_2O_4$ (LMO). The results showed that the highest dose of lithium adsorption was 7.5 g / L with 7.28% lithium adsorption with selectivity values of $\alpha_{Li/Na}$ 0.92 and $\alpha_{Li/K}$ 1.18. Percentage of lithium adsorption with the highest time variation was at 24 h with lithium adsorption percentage of 15.33% with selectivity values of $\alpha_{Li/Na}$ 2.38 and $\alpha_{Li/K}$ 0.89 at a dose of 7.5 g/L. The Li adsorption process from Bogor brine water follows the Freundlich isotherm model because the R^2 value is higher than the Langmuir isotherm model, so the adsorption that occurs is physical adsorption (physisorption) and forms a multilayer.

Keywords: Adsorption, brine, dose, lithium, time

UDC (OXDCF) 620.112

Mikhael Kevin^a, Mochammad Syaiful Anwar^b, Alfirano^a, Efendi Mabruhi^b (^aTeknik Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, ^bPusat Penelitian Metalurgi dan Material – LIPI)

Karakteristik Lapisan Hot Dip Aluminizing pada Baja Tahan Karat Martensitik 13Cr

Metalurgi, Vol. 34 No. 3 Desember 2019

Pada material aplikasi suhu tinggi, pelapisan permukaan merupakan hal penting dalam memberikan ketahanan oksidasi dan korosi temperatur tinggi, ketahanan erosi dan abrasi. Hot dip Aluminizing merupakan metode alternatif pelapisan yang dapat digunakan, karena lebih murah dari pada CVD (chemical vapour deposition), pack cementation, plasma coating. Persiapan permukaan, komposisi lelehan Al dan Al – Si, dan parameter proses seperti temperatur dan waktu pencelupan berpengaruh terhadap ketebalan, komposisi dan struktur mikro lapisan. Baja dilapisi lelehan Al murni, Al – 5% Si, Al - 11% Si, dan Al – 15% Si pada temperatur dan waktu celup yang bervariasi. Unsur Si memberikan pengaruh terhadap perubahan morfologi antara substrat dengan interface intermetalik dan mencegah kemungkinan terjadinya konsentrasi tegangan akibat morfologi finger-like. Pada waktu pencelupan yang sama sebesar 3 menit dari 4 variasi komposisi coating yang berbeda, ketebalan lapisan coating terbesar adalah sampel Al – 15% Si dengan temperatur 800 °C, sedangkan ketebalan lapisan intermetalik terbesar adalah sampel Al murni dengan temperatur 861 °C dengan nilai ketebalan masing-masing sebesar 480µm dan 46,8 µm.

Kata Kunci: Baja tahan karat martensitik, aluminizing, intermetalik, Fe-Al, Fe-Al-Si, lapisan

Characteristic of Hot-Dip Aluminizing Coating on 13Cr Martensitic Stainless Steel

The high-temperature materials, the surface coating, is important to provide oxidation and corrosion resistance, erosion, and abrasion resistance. Hot-dip aluminizing is an alternative coating method that can be used, because it is cheaper than CVD (chemical vapour deposition), pack cementation, plasma coating. Surface preparation, the coating composition of Al and Al-Si, temperature and immersion time effect coating thickness, composition and microstructure of the coating. The steel coated by pure Al molten, Al - 5% Si, Al - 11% Si, and Al - 15% Si at varying temperatures and dip durations. An element of Si influences morphological changes between the substrate and the intermetallic interface and prevents the possibility of concentration stress due to finger-like morphology. At the same immersion time of 3 minutes from four different coating composition variations, the thickness of the most substantial coating is Al - 15% Si with a temperature of 800 °C, while the thickness of the most substantial intermetallic layer is pure Al samples with a temperature of 861 °C with a thickness of 480µm and 46.8 µm.

Keywords: Martensitic stainless steel, aluminizing, intermetallic, Fe-Al, Fe-Al-Si, coating