

ISSN 1411 - 9471

Volume 11 nomor 1, Januari 2011



Jurnal TEKNIK MESIN

TERAKREDITASI
Nomor : 13/DIKTI/Kep/2008

JURNAL TEKNIK MESIN	Volume 11	Nomor 1	Halaman 1 - 85	SURABAYA Januari 2011	ISSN 1411-9471
------------------------	-----------	---------	-------------------	--------------------------	-------------------



Jurnal TEKNIK MESIN

Volume 11 Nomor 1, Januari 2011

ISSN 1411 – 9471, TERAKREDITASI Nomor : 43/DIKTI/Kep/2008

- Pengaruh Kekerasan dan Kekasaran Permukaan Prototipe *Socket Prosthesis* Terhadap Kenyamanan Pengguna halaman 1 - 7
Agustinus Purna Irawan, Tresna P. Soemardi, Agus H.S. Reksoprodjo, Widjajalaksmi Kusumaningsih
- Hardenability* Dan Ketahanan Korosi Paduan Fe-7.5Al-15Mn halaman 8 - 15
Ratna Kartikasari, Soekrisno, M. Noer Ilman, Suyitno
- Konversi Oli Bekas Menjadi Bahan Bakar Minyak Dengan Metode Pirolisis halaman 16 - 21
I Dewa Ketui Okariawan, I Made Mara, Ida Bagus Alif
- Efisiensi *Heat Recovery* pada Pembakaran Batubara Peringkat Rendah, Cangkang Sawit dan Campurannya halaman 22 - 31
Mahidin, Asri Gani, Khairil
- Pengaruh Variasi Temperatur Fluida Panas terhadap Karakteristik Modul Termoelektrik Generator halaman 32 - 41
Zuryati Djafar, Nandy Putra, R.A. Koestoer
- Faktor Gesekan dan Energi Pemompaan pada Aliran di Dalam Annulus dengan Silinder Bagian Dalam yang Berputar halaman 42 - 51
Prajitno, Sutrisno, Purnomo, Indarto
- Studi Pembentukan Lapisan Intermetalik Pada Permukaan dalam Produk Besi Tuang Nodular halaman 52 - 65
Dody Prayitno, Budi Susilowati
- Pengaturan Aliran Udara untuk Meningkatkan Kinerja Tungku Briket Batubara halaman 66 - 76
Abdul Rakhman, Ibnu Ziad
- Analisa Thermogravimetry Pembakaran Briket Char Bambu halaman 77 - 85
Dwi Aries Himawanto, Indarto, Harwin Saptoadi, Tri Agung Rohmat, Sidhi Pratama R
-

JURNAL TEKNIK MESIN

ISSN 1411 – 9471, TERAKREDITASI Nomor : 43/DIKTI/Kep/2008

*Jurnal Teknik Mesin terbit tiga kali setahun pada bulan Januari, Mei dan September.
Berisi tulisan yang diangkat dari hasil penelitian dan kajian analitis kritis di bidang Teknik Mesin.*

Ketua Penyunting
Prof. Dr. Ing. Herman Sasongko

Wakil Penyunting
Prof. Dr. Ir. Wajan Berata, DEA.

Penyunting Pelaksana
Prof. Ir. Sutardi, M.Eng. PhD.
Ir. Sudjud Darsopuspito, MT.
Dr. Bambang Sudarmanta, ST. MT.
Is Bunyamin Suryo, ST. MSc.
M. Khoirul Effendi, ST. MSc.
Wahyu Wijanarko, ST. MSc.

Penyunting Ahli

of. Ir. Djati Nursuhud, MSME.
of. Ir. I Nyoman Sutantra, MSc., PhD.
of. Dr. Ir. Triyogi Yuwono, DEA.
Bambang Daryanto W., MSME., PhD.
Sudiyono Kromodihardjo, MSc., PhD.
Budi Utomo Kukuh W, ME.
of. Ir. Abdullah Shahab, MSc.
of. Eng. Prabowo, M.Eng.
of. Ir. Agus Sigit Pramono, DEA.
of. Dr. Ing. I Made Londen Batan, ME.
of. Dr. Ir. Johny Wahyuadi Soedarsono, DEA.
r. Ir. Suhanan, DEA.
r. Ir. Berkah Fajar T., Dipl. Ing.
r. Ir. Iwan Kusmarwanto
of. Dr. Ing. Harwin Saptoadi, MSc.

Mesin-Mesin Konversi Energi - Jurusan Teknik Mesin ITS
Automotive - Jurusan Teknik Mesin ITS
Mekanika & Mesin Fluida - Jurusan Teknik Mesin ITS
Vibrasi & Sistem Dinamis - Jurusan Teknik Mesin ITS
Sistem Manufaktur & Otomasi Industri - Jurusan Teknik Mesin ITS
Perpindahan Panas & Termodinamika Terapan - Jurusan Teknik Mesin ITS
Metallurgi - Jurusan Teknik Mesin ITS
Perpindahan Panas & Termodinamika Terapan - Jurusan Teknik Mesin ITS
Mekanika Benda Padat - Jurusan Teknik Mesin ITS
Metrologi & Kalibrasi Dimensi - Jurusan Teknik Mesin ITS
Departemen Metallurgi dan Material - UI
Perpindahan Panas - Jurusan Teknik Mesin UGM
Perpindahan Panas & Massa - Jurusan Teknik Mesin UNDIP
Praktisi Industri, Ahli Aeronautics
Teknik Pembakaran - Jurusan Teknik Mesin UGM

Tata Pelaksana Usaha
Sri Suharti, BA
Imam Dahroni

Alamat Redaksi
Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp. 031- 5922941, 5946230, Fax. 031-5922941

Jurnal Teknik Mesin diterbitkan oleh
Jurusan Teknik Mesin FTI - ITS

E-mail : jurnalme@me.its.ac.id,
jurnalme@yahoo.co.id
Website : www.me.its.ac.id/Data/jurnal.html,
jurnalme.bravehost.com

*Penyunting menerima sumbangan tulisan yang belum pernah diterbitkan dalam media lain.
Naskah diketik mengikuti Persyaratan Naskah Jurnal Teknik Mesin
seperti tercantum pada bagian dalam sampul belakang Jurnal Teknik Mesin.*



KATA PENGANTAR

Pada penerbitan kali ini, JTM berhasil memuat artikel dari beragam lingkup studi dan asal peneliti di bidang Teknik Mesin. Sembilan artikel yang berhasil dimuat secara merata tersebar dalam dua kelompok lingkup studi, yaitu: Material/Metalurgi dan Konversi Energi. Dari sembilan artikel, seluruhnya berasal dari peneliti luar ITS (Universitas Indonesia, Universitas Gajah Mada, Universitas Mataram, Universitas Syiah Kuala (Banda Aceh), Universitas Hasanuddin, Universitas Trisakti, Politeknik Negeri Sriwijaya (Palembang), Universitas Negeri Solo).

Dewan penyunting mengucapkan terima kasih kepada para pengirim artikel dan penyunting ahli yang telah memberi sumbangan pada kualitas Jurnal ini. Kami juga berterima kasih kepada seluruh pelanggan kami yang telah memanfaatkan JTM sebagai bahan rujukan dan inspirasi dalam penelitiannya.

Kami mengajak para peneliti dan praktisi bidang Teknik Mesin dan bidang terkait untuk menulis artikel pada Jurnal Teknik Mesin ini (terbit setiap Januari, Mei, dan September). Artikel anda akan dirujuk oleh pelanggan kami dari seluruh penjuru Indonesia.

Akhirnya kami berharap semoga artikel-artikel berkualitas dalam jurnal ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan memberikan inspirasi dalam pengembangan teknologi di bidang rekayasa mesin.

Dewan Penyunting



Hardenability Dan Ketahanan Korosi Paduan Fe-7,5Al-15Mn

Ratna Kartikasari, Soekrisno, M. Noer Ilman, Suyitno
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta
e-mail: kartikafajar@yahoo.com

Diterima 05 Februari 2010; diterima terkoreksi 26 Agustus 2010; disetujui 23 Nopember 2010

Abstract

On the basis of economic and lower density considerations, Fe-Al-Mn alloy could be a good candidate for replacing some of the conventional stainless steel. Aluminium and manganese are used to replace the expensive alloying element in conventional Fe-Cr-Ni system. The aim of the research is to investigate harden ability and corrosion resistance of Fe-7,5Al-15Mn in the NaCl and H₂SO₄ solution. Thirty five kilograms of Fe-Al-Mn were prepared from medium carbon steel scrap, high purity aluminium, and Fe-Mn medium C. The alloy was prepared in an induction furnace under an argon atmosphere. Jominy test and microstructure were examined. The corrosion rate were carried out with three-electrode polarization in 0.5% NaCl and 0.05M H₂SO₄. The corrosion type and the morphology of the oxide scale were examined by optical microscopy and scanning electron microscope (SEM). Corrosions products were examined with EDS/EDAX. The optical micrograph shows that as cast Fe-7,5Al-15Mn alloy has austenite and ferrite microstructure. The result of Jominy test shows that Fe-Al-Mn alloy non-harden able. The result of corrosion testing showed that the alloy more resistance in NaCl than in H₂SO₄ solution. Optical micrograph and SEM analysis indicated that corrosion form is general corrosion and there is no trend toward intergranular attack.

Keywords: *fe-al-mn alloy, conventional stainless steel, harden ability, corrosion resistance*

Fe-Cr-Ni sering disebut sebagai *conventional stainless steel* [1,2] dimana keunggulan sifat-sifat yang dimilikinya ditentukan oleh Cr dan Ni sebagai unsur utama dalam paduan tersebut [3]. Unsur Cr dan Ni dalam paduan Fe-18Cr-8Ni, masing-masing berperan sebagai pembentuk atau penstabil struktur ferit dan austenit[4]. *Austenitic stainless steel* merupakan kelompok *stainless steel* yang paling banyak digunakan dalam industri (meliputi 65% sampai 75% dari penggunaan *stainless steel*), terutama untuk AISI seri 300 [5].

Selain kenampakannya yang menarik *conventional stainless steel* memiliki sifat ketahanan korosi dan ketahanan oksidasi yang baik. Sifat-sifat tersebut terutama berasal dari unsur chromium (Cr) yang dikandungnya [6]. Kekurangan yang dimiliki oleh *stainless steel* adalah terutama pada mahalanya biaya produksi. Karena Cr dan Ni, terutama Cr merupakan material strategis dan

mahal di banyak negara. Dimana 95 % cadangan Cr dunia hanya terdapat di Afrika Selatan dan Zimbabwe.

Dengan alasan dasar ekonomi dan strategi tersebut, maka diperlukan upaya untuk menemukan paduan baru yang dapat menggantikan *conventional stainless steel*. Diantara sistim paduan yang paling menjanjikan dapat menggantikan peran paduan Fe-Cr-Ni adalah paduan Fe-Al-Mn [1,2].

Unsur aluminium (Al), diketahui keberadaannya di dunia sangat melimpah, yaitu merupakan unsur terbesar ketiga di bumi[5] dan harganya relatif murah dan proses produksinya relative mudah [7]. Al juga telah dikenal dapat berperan sebagai penstabil struktur ferit, dan penambahan Al pada sistim paduan dapat meningkatkan ketahanan korosi dan ketahanan oksidasi [7,8]. Mangan (Mn) telah dikenal mampu berperan sebagai penstabil struktur austenit, dan penambahan Mn dalam sistim



paduan dapat meningkatkan *workability* dan *ductility* [4].

Paduan Fe-Al-Mn merupakan kandidat yang menjanjikan untuk menggantikan beberapa jenis *stainless steel* konvensional pada aplikasi temperatur medium sampai tinggi [9]. Paduan Fe-Al-Mn austenitik menunjukkan sifat-sifat fisik, mekanik dan teknologikal, ketahanan korosi dan oksidasi, dan biaya bahan baku yang rendah [10].

Paduan Fe-Al-Mn austenitik sangat cocok untuk pengembangan disain tipe baru *high strength lightweight steel* [7]. Paduan Fe-Al-C dikembangkan untuk aplikasi struktur pada temperatur sampai dengan 873K [11,12].

Mengingat Indonesia adalah salah satu negara dengan cadangan Al terbesar di dunia [13] maka upaya untuk mengembangkan paduan ini menjadi sangat mendesak. Apalagi kebutuhan industri dalam negeri akan bahan *stainless steel* konvensional masih dipenuhi dengan import.

Berbagai penelitian dengan berbagai metoda peleburan untuk membuat paduan ini sudah dilakukan. Percobaan peleburan menggunakan dapur induksi dengan pelindung gas argon [8,14] dan percobaan peleburan menggunakan dapur induksi dengan vakum [15] telah dilakukan. Bahan baku peleburan yang digunakan adalah material dengan kemurnian tinggi. Percobaan peleburan menggunakan *air induction melting with flux cover and electroslag remelting (ESR)* [16] Selain menggunakan bahan baku material dengan kemurnian tinggi juga mencoba *scrap* baja untuk peleburannya.

Pengaruh laju pendinginan terhadap kekerasan dan keuletan masih kontroversial [17]. Sedangkan *hardenability* yang merupakan sifat dasar bahan untuk melakukan *heat treatment* masih belum banyak dipelajari. Peluang penelitian untuk mengkaji paduan ini masih terbuka luas, mulai dari pengaturan komposisi paduan hingga proses *heat treatment* yang mungkin dilakukan untuk modifikasi sifat paduan.

Penelitian ini menggunakan *scrap* baja karbon medium, Fe-Mn Med C, dan

aluminium murni sebagai bahan baku. Peleburan dilakukan menggunakan dapur induksi frekwensi tinggi dengan modifikasi proses yang dapat dilaksanakan oleh IKM Pengecoran logam. Penelitian ini mengkaji *hardenability* dan ketahanan korosi paduan Fe-7,5Al-25Mn dalam media 0,5% NaCl dan 0,05M H₂SO₄.

Metode Penelitian

Peleburan menggunakan dapur induksi frekwensi tinggi kapasitas 50 kg milik POLMAN Cepur, Klaten, Jawa Tengah yang dimodifikasi menggunakan pelindung gas argon. Bahan baku peleburan menggunakan *scrap* baja karbon rendah, Fe-Mn medium C dan aluminium murni. Coran dibuat dalam bentuk ingot dengan ukuran 3 mm x 3 mm x 200 mm. Target komposisi yang akan dicapai adalah Fe-7,5% berat Al-20% berat Mn. Perhitungan komposisi secara manual dilakukan dengan *material balance*. Kontrol komposisi dilakukan dengan *chill test*. Ingot paduan Fe-Al-Mn selanjutnya dipotong menggunakan *meta-cut* dibentuk menjadi specimen uji Jominy berdasarkan standard EN ISO 642 dan specimen uji korosi dengan ukuran diameter 14 mm tebal 3mm. Uji korosi dilakukan dengan metoda polarisasi sel tiga elektroda di Laboratorium Uji Korosi milik PPNY-BATAN Yogyakarta. Uji distribusi kekerasan dilakukan dengan metoda makro Vickers. Foto struktur mikro dengan mikroskop optik merk Olympus milik Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin Program D3 UGM. Perilaku korosi uji dengan SEM-EDS milik Laboratorium Metalurgi Fisik ITB Bandung.

Hasil Penelitian Dan Pembahasan Analisis *Hardenability* (hasil uji Jominy)

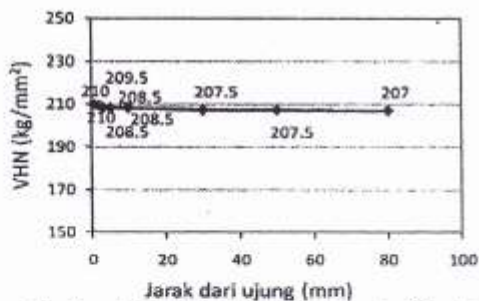
Tabel 1 adalah nilai kekerasan paduan Fe-7,5Al-15Mn setelah uji Jominy. Gambar 1 menunjukkan kurva distribusi kekerasan paduan Fe-7,5Al-15Mn setelah uji Jominy, terlihat bahwa nilai kekerasan di bagian ujung specimen uji Jominy lebih tinggi dibanding bagian yang lebih jauh dari ujung. Nilai kekerasan setelah uji Jominy masih di bawah nilai kekerasan paduan Fe-7,5Al-15Mn *as cast* yaitu sebesar 219,3 VHN. Penurunan nilai kekerasan setelah uji Jominy disebabkan proses homogenisasi yang



terjadi selama proses pemanasan. Sementara itu pendinginan cepat pada saat uji Jominy tidak menyebabkan terbentuknya struktur martensit. Keberadaan unsur Mn dalam paduan menyebabkan struktur austenit tetap stabil pada temperatur ruang. Jika dilihat hasil uji struktur mikro paduan Fe-7,5Al-15Mn *as cast* (Gambar 2) mempunyai struktur austenit yang mendominasi dengan sebagian kecil struktur ferit. Setelah uji Jominy tidak terlihat adanya perubahan pada struktur mikro paduan, struktur tetap seperti raw material yaitu austenite dengan sisa ferit yang tersebar merata. Peran Al sebagai penstabil ferit pada paduan ini terkalahkan oleh peran Mn sebagai pembentuk dan penstabil struktur austenit.

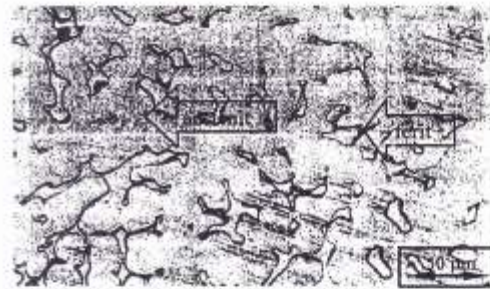
Tabel 1. Harga kekerasan vickers uji jominy paduan Fe-7,5Al-15Mn *as cast*

No	Fe-7,5Al-15Mn Jarak dari ujung (mm)	VHN (kg/mm ²)
1	0,2	210
2	1	210
3	2	209,5
4	3	208,5
5	5	208,5
6	10	208,5
7	30	207,5
8	50	207,5
9	70	207

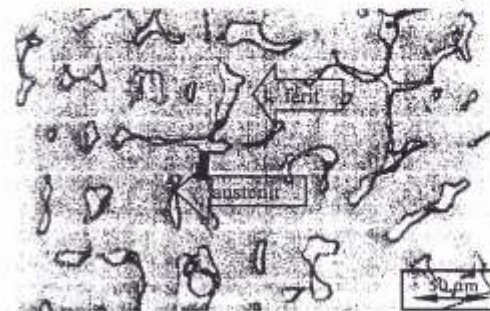


Gambar 1. Grafik kekerasan vickers dari Fe-Al-15Mn uji jominy

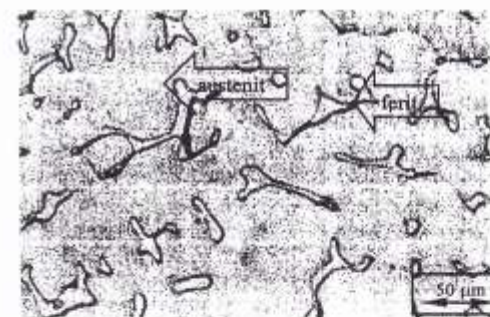
Hasil foto struktur mikro dengan perbesaran 200x setelah mengalami uji jominy terlihat pada Gambar 2-12.



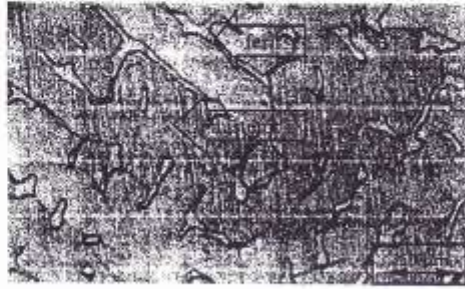
Gambar 2. Struktur mikro paduan Fe-7,5Al-15Mn *as cast*



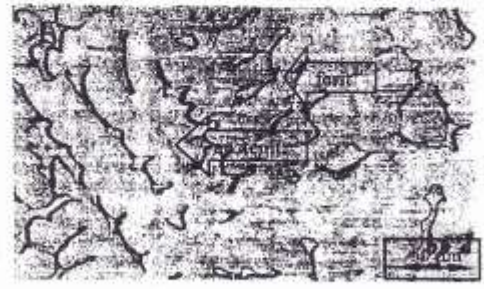
Gambar 3. Struktur mikro paduan Fe-7,5Al-15Mn jarak 0,2 mm dari ujung uji Jominy



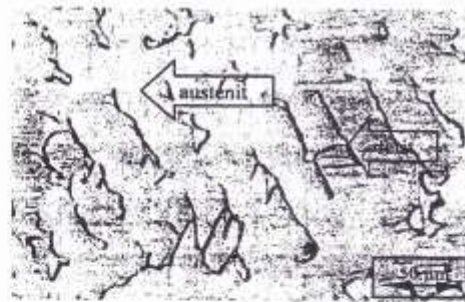
Gambar 4. Struktur mikro paduan Fe-7,5Al-15Mn jarak 1 mm dari ujung uji Jominy



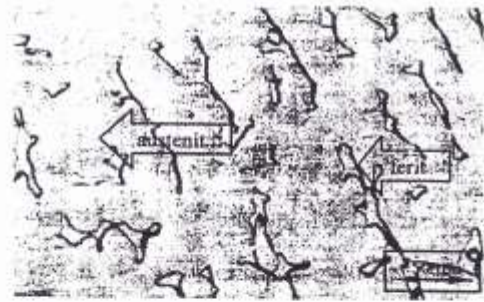
Gambar 5. Struktur mikro paduan Fe-7,5Al-15Mn jarak 1 mm dari ujung uji Jominy



Gambar 8. Struktur mikro paduan Fe-7,5Al-15Mn jarak 5 mm dari ujung uji Jominy



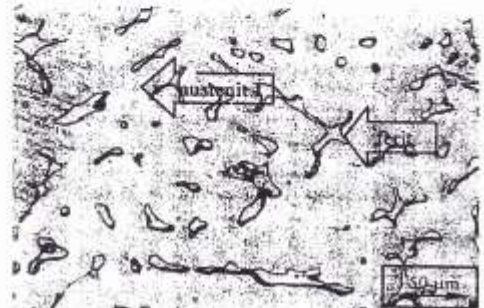
Gambar 6. Struktur mikro paduan Fe-7,5Al-15Mn jarak 2 mm dari ujung uji Jominy



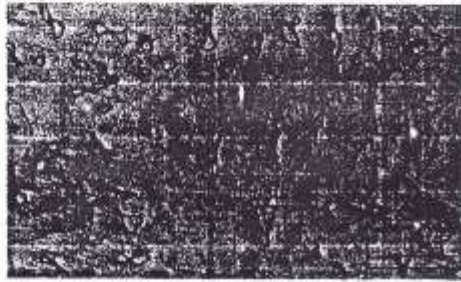
Gambar 9. Struktur mikro paduan Fe-7,5Al-15Mn jarak 10 mm dari ujung uji Jominy



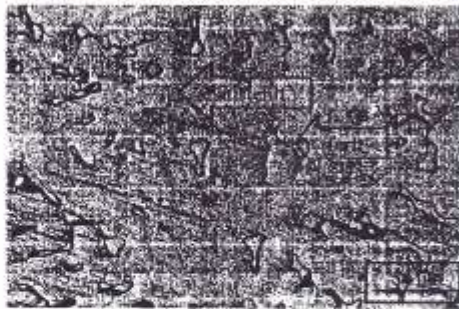
Gambar 7. Struktur mikro paduan Fe-7,5Al-15Mn jarak 3 mm dari ujung uji Jominy



Gambar 10. Struktur mikro paduan Fe-7,5Al-15Mn jarak 30 mm dari ujung uji Jominy



Gambar 11. Struktur mikro paduan Fe-7,5Al-15Mn jarak 50 mm dari ujung uji Jominy



Gambar 12. Struktur mikro paduan Fe-7,5Al-25Mn jarak 80 mm dari ujung uji Jominy

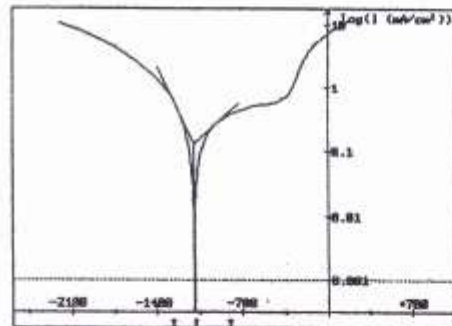
Jadi dapat diambil kesimpulan bahwa ada kesesuaian antara data kekerasan dengan data struktur mikro yaitu bahwa paduan Fe-7,5Al-15Mn tidak dapat dikeraskan dengan metoda pemanasan yang dilanjutkan dengan *quenching*. Perbedaan kekerasan yang terjadi tidak cukup signifikan.

Analisis Hasil Uji Korosi

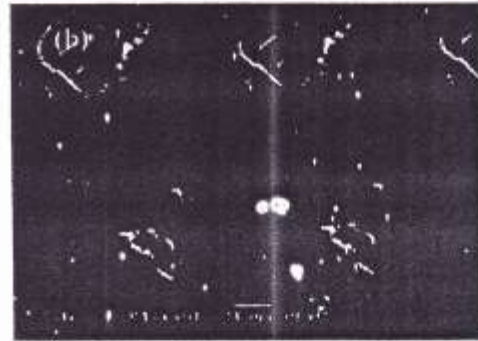
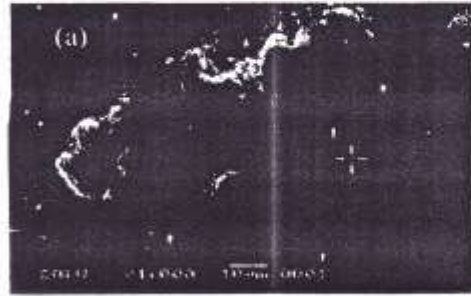
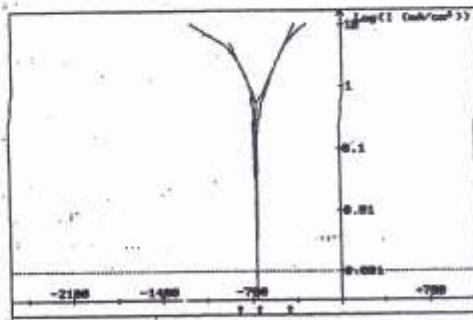
Hasil uji korosi paduan Fe-7,5Al-15Mn menunjukkan bahwa laju korosi sebesar 0,66 mm/th terjadi dalam medium NaCl 0,5% sedangkan laju korosi dalam medium 0,05 M H_2SO_4 sebesar 3,16 mm/th. Berdasar standar laju korosi Fontana, laju korosi paduan Fe-7,5Al-15Mn dalam medium 0,5% NaCl termasuk dalam kategori baik (0,1-0,5 mm/th) sedangkan dalam medium 0,05 M H_2SO_4 termasuk dalam kategori kurang (1-5 mm/th)[18]. Laju sebesar ini masih lebih baik

jika dibandingkan dengan laju korosi SS 304 dalam media yang sama [18]. Gambar 13 menunjukkan kurva polarisasi paduan Fe-7,5Al-15Mn dalam media 0,5% NaCl dimana terlihat adanya kecenderungan untuk membentuk daerah pasif. Pada Gambar 14 terlihat kurva polarisasi paduan Fe-7,5Al-15Mn dalam medium 0,05M H_2SO_4 yang tidak lengkap hal ini disebabkan kemampuan alat yang digunakan terbatas. Pada kurva ini tidak dapat diketahui kecenderungan adanya pasivasi. Jika paduan ini dibandingkan dengan SS 304 maka paduan ini mempunyai kecenderungan untuk membentuk daerah pasif dalam media NaCl yang sangat mirip dengan kurva pasivasi H_2SO_4 [19]. Hasil uji SEM-EDS menunjukkan pola perusakan yang berbeda pada kedua medium. Dalam medium H_2SO_4 (Gambar 15a) terlihat jelas pola austenitik pada bekas uji korosi sedangkan dalam medium NaCl (Gambar 15b) terlihat pola perusakan yang acak. Tidak ada indikasi terjadinya korosi intergranular.

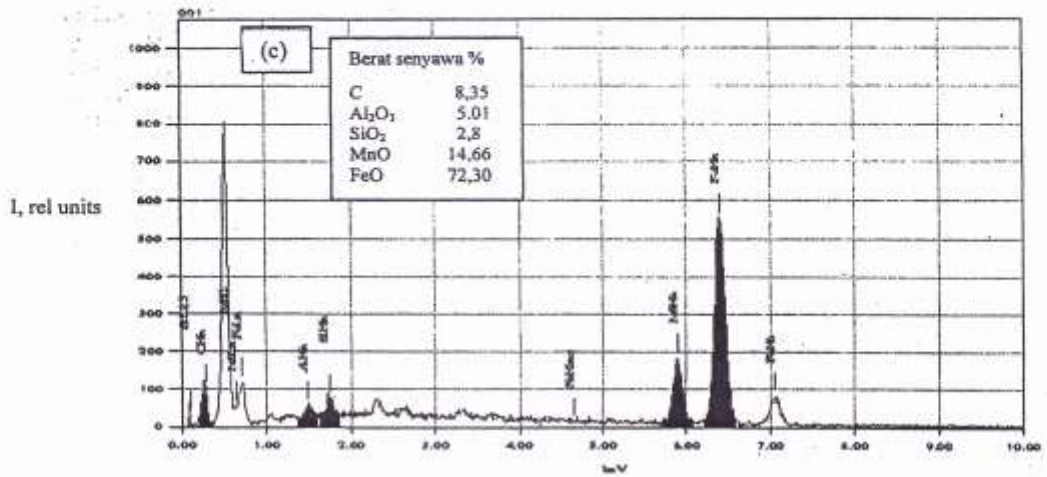
Pada Gambar 15 terlihat hasil uji SEM-EDS pada permukaan terkorosi. Senyawa yang muncul menunjukkan kondisi teroksidasi dari Fe dan Al. Sedangkan unsur S kemungkinan berasal dari medium uji korosi H_2SO_4 . Pada permukaan terkorosi dalam medium NaCl menunjukkan senyawa yang terdeteksi lebih kompleks yaitu Si, Al, Fe dan Na yang masing-masing dalam bentuk oksida. Sedangkan C dan Cl terdeteksi sebagai unsur.



Gambar 13. Kurva polarisasi paduan Fe-7,5Al-15Mn dalam larutan 0,5% NaCl



Gambar 14. Kurva polarisasi paduan Fe-7,5Al-15Mn, dalam larutan 0,05 M H₂SO₄



This document is the property of Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). No part of this document may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, without the prior written permission of ITS.

