

PROSIDING

PROSIDING

ISBN: 978-979-95620-9-8

SEMINAR NASIONAL

Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri Ke-19

Kantor Pusat
Fakultas Teknik UGM
Yogyakarta, 4 Juni 2013

SEMINAR NASIONAL
Perkembangan Riset dan Teknologi
di Bidang Industri Ke-19

**PANITIA SEMINAR NASIONAL
PERKEMBANGAN RISET DAN TEKNOLOGI
DI BIDANG INDUSTRI KE-19**

*Pusat Studi Ilmu Teknik UGM
Jl. Teknika Utara, Berek, Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Telp. 0274-565834, 0274-902287
Fax. 0274-565834
email : psit@ugm.ac.id*



2013



*Pusat Studi Ilmu Teknik
Jurusan Teknik Mesin dan Industri
Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada*

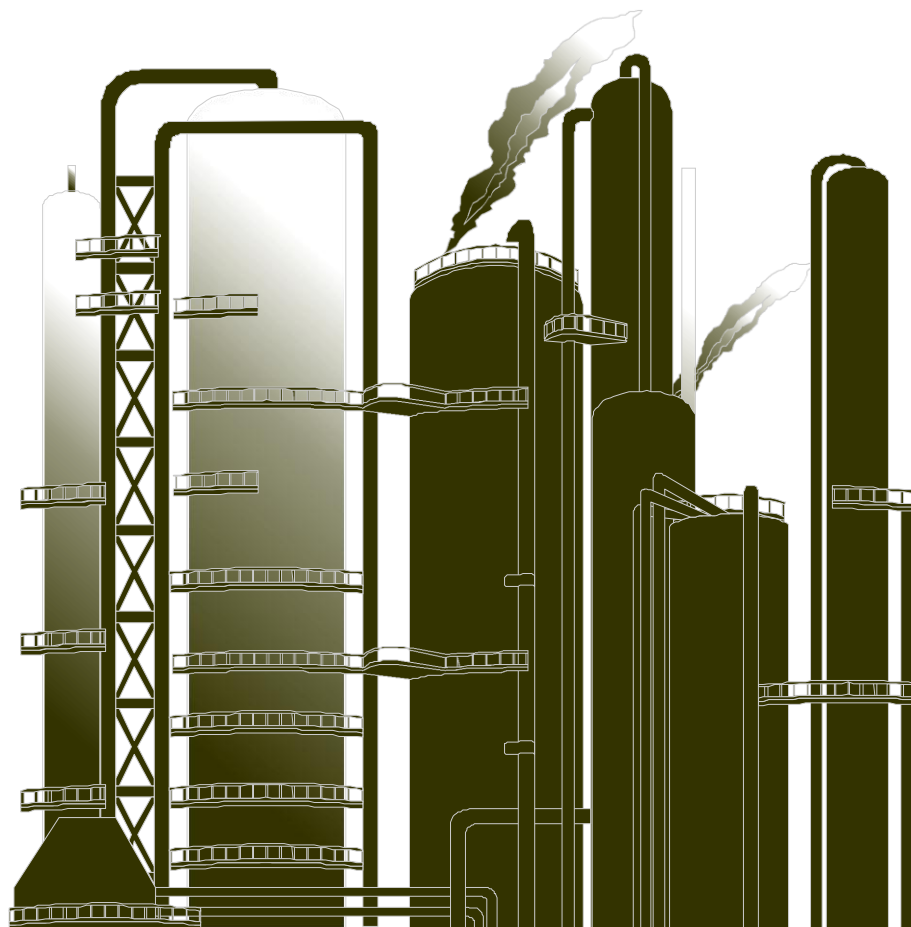
PROSIDING

SEMINAR NASIONAL

**Perkembangan Riset dan Teknologi
di Bidang Industri Ke-19**

ISBN: 978-979-95620-9-8

Kantor Pusat Fakultas Teknik UGM
Yogyakarta, 4 Juni 2013



Pusat Studi Ilmu Teknik Jurusan
Teknik Mesin dan Industri Jurusan
Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

- Editor:**
1. Dr. Ir. Aswati Mindaryani, MSc.
 2. Prof. Dr. Ing. Ir. Harwin Saptoadi, MSE
 3. Dr. Ir. Rini Dharmastiti, MSc
 4. Ir. Suprihastuti SR, MSc.
 5. Prof. Dr. Ir. Rochmadi, SU
 6. Dr. Ir. I Made Suardjaja, MSc, PhD
 7. Dr. Ir. Hary Sulisty, SU
 8. Dr. Ir. Sarto, MSc
 9. Dr. M. Noer Ilman, ST, MSc
 10. Dr. M.K. Herliansyah, ST, MT

**Prosiding Seminar Nasional
Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke 19**

© 2013, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik,
Pusat Studi Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada – Yogyakarta

IISBN : 978-979-95620-9-8

Alamat : Pusat Studi Ilmu Teknik UGM
Jl. Teknik Utara, Barek, Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Telpon : (0274) 565834, 902287
Fax : (0274) 565834
E-mail : psit@ugm.ac.id

KATA PENGANTAR

Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi Di Bidang Industri yang ke 19 yang dilaksanakan tanggal 4 Juni 2013, bertempat di Kantor Pusat Fakultas Teknik UGM merupakan seminar rutin yang diselenggarakan oleh Pusat Studi Ilmu Teknik (PSIT) Universitas Gadjah Mada. Seminar ini terlaksana atas kerjasama antara PSIT UGM dengan Jurusan Teknik Mesin dan Industri, dan dengan Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik UGM. Seminar nasional ini merupakan forum diskusi dan tukar informasi bagi para peneliti, praktisi di bidang industri dan diharapkan dapat menghasilkan interaksi yang sinergis antara akademisi dan praktisi sehingga dapat mempercepat peningkatan laju perkembangan industri nasional.

Dalam seminar ini telah disampaikan 39 makalah yang terbagi dalam sub topik : Bahan Teknik dan Mekanika Bahan, Kendali Proses, Perpindahan Panas dan Massa, Teknik Reaksi dan Teknik Pembakaran, Mekanika Fluida, Pengolahan Limbah Industri dan Lingkungan, Teknik Industri.

Prosiding seminar ini diharapkan dapat memberikan informasi perkembangan yang paling mutakhir dalam bidang riset dan teknologi di bidang industri di Indonesia. Panitia telah berusaha semaksimal mungkin untuk menyusun semua makalah dalam bentuk prosiding yang representatif, namun masukan dan kritik dari para pembaca masih sangat diharapkan.

Seminar ini dapat terlaksana dengan sukses berkat partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Panitia mengucapkan terima kasih kepada para pemakalah, para peserta, PT Global Haditech dan serta semua pihak yang telah membantu penyelenggaraan acara seminar.

Yogyakarta, 5 Juli 2013

**Panitia Seminar Nasional
Perkembangan Riset dan Teknologi Di Bidang Industri ke 19**

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v

BAHAN TEKNIK - MEKANIKA BAHAN

1	Karakteristik Proses Hidriding-Dehidriding Pada Paduan U-7Mo <i>Agoeng Kadarjono, Supardjo</i>	BT/MB – 1
2	Perancangan Kekuatan Sirip Roket RX 320 Akibat Pengaruh Beban Aerodinamik yang Terjadi <i>Agus Budi Djatmiko</i>	BT/MB – 9
3	Perancangan Struktur Tabung Roket RX 450 LAPAN Akibat Pengaruh Getaran Yang Terjadi <i>Agus Budi Djatmiko</i>	BT/MB – 16
4	<i>Springback</i> Pada Pembentukan Plat Baja Dengan <i>Air Vee Bending</i> <i>Benidiktus Tulung Prayoga</i>	BT/MB – 24
5	Analisis Konsumsi Energi Listrik pada PC-Base CNC Dengan Variasi Parameter Pemesinan <i>Budi Basuki, Herian, Gesang Nugroho</i>	BT/MB – 30
6	Pengaruh Nitrokarburising Terhadap Kekerasan Baja AISI 410 <i>Edy Iryanto , Viktor Malau, Tjipto Sujitno</i>	BT/MB – 36
7	Analisis Pengaruh Penggunaan Sistem <i>Minimum Quantity Lubrication (MQL)</i> Dengan Variasi Fluida <i>Lubricant</i> Minyak Nabati Terhadap Keausan Pahat. <i>Istyawan Priyahapsara, Herianto, Herliansyah</i>	BT/MB – 42
8	Variasi Waktu Implantasi Ion Chrom untuk Meningkatkan Hardness dan Menurunkan Corrosion Rate dalam Media Phospat Bayer Salin Material Penyambung Tulang <i>Priyo Tri Iswanto, Tjipto Sujitno , Bangun Pribadi</i>	BT/MB – 48
9	Pengaruh Perlakuan Panas T6 dengan Variasi Suhu <i>Aging</i> terhadap <i>Fatigue Crack Growth Rate</i> Paduan Aluminium A356 <i>Priyo Tri Iswanto, Muhammad Yusuf Kurniawan</i>	BT/MB – 54
10	Peningkatan Katahanan Korosi Material <i>Implant SS304</i> dalam Media <i>Phospat Bayer Salin</i> dengan <i>Electroplating Ni-Cr</i> <i>Priyo Tri Iswanto, Soekrisno, Nani Mulyaningsih</i>	BT/MB – 61
11	Pengaruh Temperatur Anil terhadap Ketangguhan dan Ketahanan Korosi Paduan Fe-2,2Al-C <i>Ratna Kartikasari</i>	BT/MB – 68
12	Analisis Distribusi Tegangan Pada Struktur Nosel Motor Roket RX-450 Akibat Beban Tekanan dan Temperatur <i>Setiadi</i>	BT/MB – 74

Pengaruh Temperatur Anil terhadap Ketangguhan dan Ketahanan Korosi Paduan Fe-2,2Al-C

Ratna Kartikasari

Jurusan Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta
Jl. Babarsari, CT, Depok Sleman Yogyakarta 55281
Telp.0274 485390 Fax. 0274 487249
Email: kartikafajar@yahoo.com

Abstrak

Paduan Fe-Al-C merupakan paduan baru kandidat pengganti *ferritic stainlesssteel*, dimana unsur Al berperan menggantikan unsur mahal (Cr) pada *ferritic stainlesssteel*. Penelitian inibertujuan untuk mempelajari pengaruh temperatur anil terhadap ketangguhan dan ketahanan korosi paduan Fe-2,2Al-C dalam larutan 0,5% NaCl.

Proses anil dilakukan pada temperatur 650°C, 750°C, 850°C, 950°C, 1050°C dan ditahan selama satu jam yang dilanjutkan dengan pendinginan di dalam dapur. Pengujian yang dilakukan yaitu uji komposisi kimia, uji struktur mikro, uji impak, dan uji korosi menggunakan metoda sel polarisasi tiga elektroda dalam larutan 0,5% NaCl.

Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa paduan Fe-2,2Al-C mengandung unsur Al sebesar 2,27% dan unsur C sebesar 0,64%, dan termasuk baja paduan rendah. Pengamatan struktur mikro menunjukkan paduan Fe-2,2Al-C as cast mempunyai struktur ferit dan perlit, semakin tinggi temperatur anil semakin banyak struktur ferit yang terbentuk dan mencapai struktur ferit sempurna pada temperatur 850°C. Nilai ketangguhan impak tertinggi paduan Fe-2,2Al-C pada suhu 850°C yaitu sebesar 1,293 J/mm² dan nilai ini sebanding dengan nilai impak *stainless steel* SS 304 pada suhu yang sama yaitu 1,297 J/mm². Sedangkan laju korosi tertinggi pada paduan ini dalam larutan 0,5% NaCl sebesar 0,11 mm/tahun dan laju korosi terendah sebesar 0,09 mm/tahun. Nilai laju korosi ini menunjukkan bahwa paduan tersebut mempunyai tingkat ketahanan korosi sangat baik.

Kata kunci : Paduan Fe-2,2Al-C, *ferritic stainlesssteel*, ketangguhan, ketahanan korosi.

1. Pendahuluan

Stainless steel (baja tahan karat) merupakan paduan berbasis besi (Fe) dengan kadar kromium (Cr) paling sedikit 10,5 % (Shackelford, 1992). Fe-Cr-C adalah paduan baja tahan karat jenis feritik dimana Cr berperan terhadap ketahanan korosi sekaligus berfungsi sebagai penstabil struktur ferit (Leslie, 1983).Keunggulan paduan jenis ini ditentukan oleh keberadaan unsur Cr. Kekurangan yang dimiliki oleh *stainless steel* adalah terutama pada mahalnya biaya produksi.Karena Cr merupakan material strategis dan mahal di banyak negara, dimana 95 % cadangan Cr dunia hanya terdapat di Afrika Selatan dan Zimbabwe (Tjong, 1986).

Berdasar pada alasan ekonomi dan strategi maka diperlukan upaya untuk menemukan paduan baru yang dapat menggantikan *stainless steel* konvensional.Diantara sistim paduan yang paling menjanjikan dapat menggantikan peran paduan Fe-Cr-C adalah paduan Fe-Al-C, dimana unsur Al menggantikan unsur Cr (Tjong, 1986 dan Wang, 1988).Unsur aluminium (Al), diketahui keberadaannya di dunia sangat melimpah, yaitu merupakan unsur terbesar ketiga di bumi dan harganya relatif murah (Shackelford, 1992)dan proses produksinya relatif mudah (Frommeyer, 2000).

Paduan Fe-Al-C merupakan kandidat yang menjanjikan untuk menggantikan beberapa jenis *stainless steel* konvensional pada aplikasi temperatur medium sampai tinggi (Huang, 2006). Paduan Fe-Al-C feritik menunjukkan sifat-sifat fisik, mekanik dan teknologikal, ketahanan korosi dan oksidasi, dan biaya bahan baku yang rendah (Kobayashi, 2005). Paduan Fe-Al-C *lightweight steel* yang mengandung Al sampai 9% menunjukkan penurunan densitas hingga 10% lebih (Frommeyer, 2000). Sayangnya paduan Fe-Al-C pada temperatur ruang menunjukkan gejala rapuh dengan nilai ketangguhan yang rendah (Jablonska, 2006). Baligheid (2007) melaporkan bahwa penambahan karbon pada Fe-Al dengan kadar Al antara 8,5-16% akan menghasilkan paduan dengan kekuatan yang lebih tinggi dan *machinability* yang lebih baik. Paduan Fe-Al-C dikembangkan untuk aplikasi struktur pada temperatur sampai dengan 873K (Kobayashi,2005).

Mengingat Indonesia adalah salah satu negara dengan cadangan Al terbesar di dunia (*environmentalchemistry.com*, 2008), maka upaya untuk mengembangkan paduan ini menjadi sangat

mendesak. Apalagi kebutuhan industri dalam negeri akan bahan *stainless steel* konvensional masih dipenuhi dengan import.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat paduan Fe-1,26Al-1,05C dengan modifikasi proses yang dapat dilaksanakan oleh IKM Pengecoran Logam, mempelajari sifat mekanik dan ketahanan korosi paduan Fe-1,26Al-1,05C.

2. Metode Penelitian

Peleburan menggunakan dapur induksi frekwensi tinggi kapasitas 50 kg milik POLMAN Ceper, Klaten, Jawa Tengah yang dimodifikasi menggunakan pelindung gas argon. Bahan baku peleburan menggunakan *scrap* baja karbon rendah, aluminium murni dan Fe-C. Coran dibuat dalam bentuk ingot dengan ukuran 3 mm x 3 mm x 200 mm. Target komposisi yang akan dicapai adalah Fe-2,2% berat Al-0,6% berat C. Perhitungan komposisi secara manual dilakukan dengan *material balance*. Kontrol komposisi dilakukan dengan *chill test*. Ingot paduan Fe-2,2Al-C selanjutnya dipotong menggunakan *meta-cut* dibentuk menjadi spesimen uji struktur mikro, spesimen uji impak (standar ASTM E 23 tipe A) 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 PTAPB-BATAN Yogyakarta. Uji impak dilakukan dengan metoda Charpy. Foto struktur mikro dengan mikroskop optik merk Olympus milik Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin Program D3 UGM.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil uji komposisi kimia paduan Fe-2,2Al-C dapat dilihat pada Tabel 1.

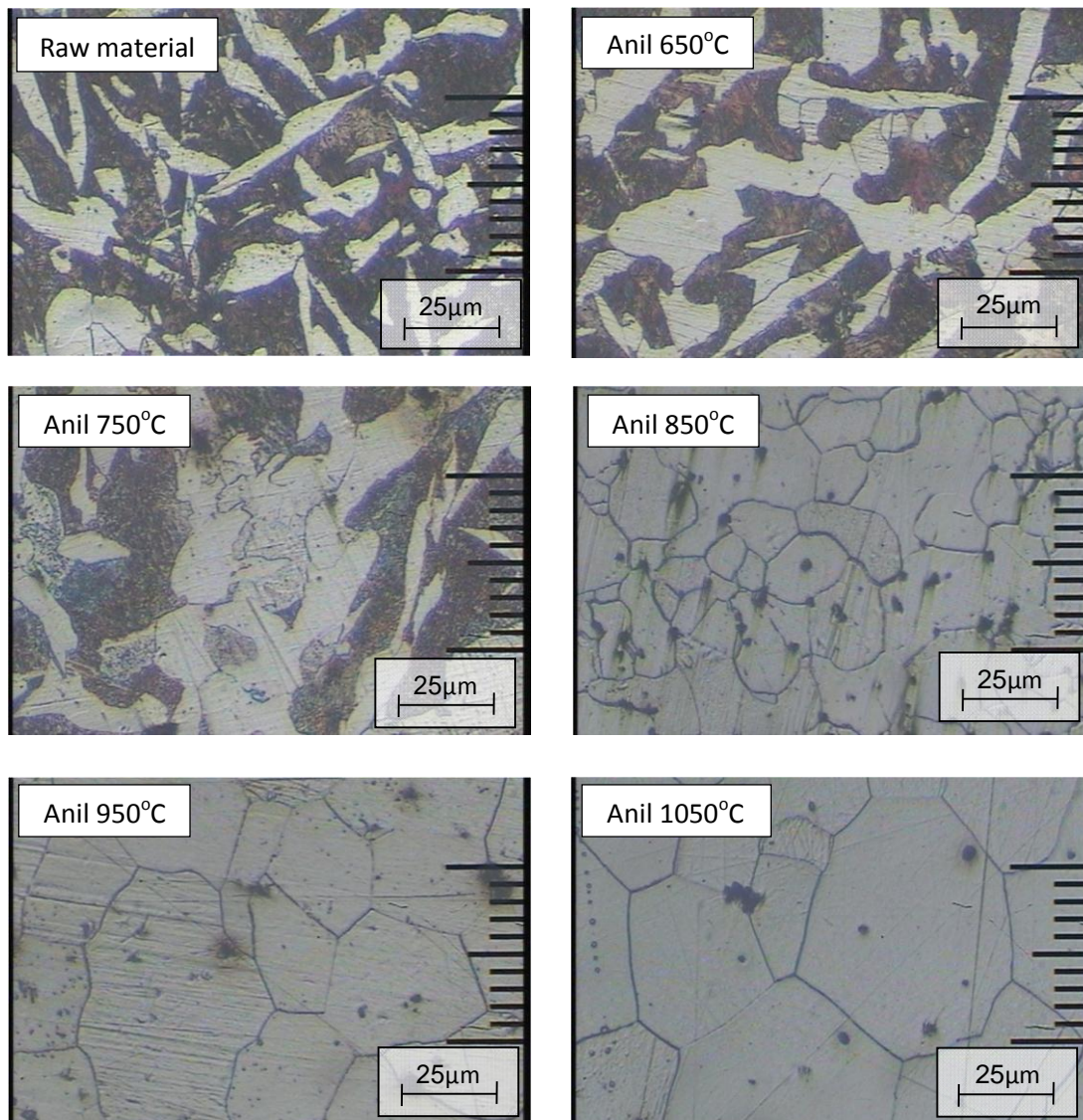
Tabel 1. Hasil uji komposisi kimia paduan Fe-2,2Al-C

Unsur	Al	C	Si	Mn	P	S	Fe
W (% berat)	2,27	0,64	1,07	0,13	0,03	0,03	Bal.

Hasil uji komposisi kimia menunjukkan bahwa paduan Fe-2,2Al-C pada penelitian ini mengandung unsur Al sebesar 2,27%, Si sebesar 1,07%, Mn sebesar 0,13% dan C sebesar 0,64%, sehingga paduan Fe-2,2Al-C termasuk baja paduan rendah. Unsur Al sebesar 2,27% dalam paduan Fe-2,2Al-C mampu meningkatkan ketahanan korosi sekaligus berfungsi sebagai penstabil ferit. Unsur-unsur yang lain karena jumlahnya sangat kecil maka tidak berpengaruh secara signifikan terhadap sifat paduan Fe-2,2Al-C. Jumlah unsur C yang terkandung dalam paduan ini yang mencapai 0,64% akan membuat paduan ini memiliki kekerasan yang cukup tinggi dan jumlah kandungan silikon (Si) yang melebihi 0,40% ditandai dengan penurunan elastisitas. Unsur kandungan mangan (Mn) yang mencapai 0,13% pada paduan ini dapat meningkatkan kekuatan, kekerasan dan ketangguhan.

3.1. Struktur Mikro Paduan Fe-2,2Al-C

Hasil pengujian struktur mikro paduan Fe-2,2Al-C dapat dilihat pada (Gambar 1). Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa, paduan Fe-2,2Al-C tanpa perlakuan mempunyai struktur perlit dan ferit, munculnya kedua struktur ini disebabkan oleh unsur-unsur yang terkandung dalam paduan ini. Unsur Al berfungsi sebagai pembentuk dan penstabil struktur ferit, sedangkan kadar C yang cukup tinggi mendorong terbentuknya struktur perlit. Struktur mikro paduan Fe-2,2Al-C setelah anil pada temperatur 650°C dan 750°C menunjukkan bahwa struktur ferit semakin banyak dengan sebaran yang belum merata. Pada temperatur anil 850°C struktur paduan Fe-2,2Al-C sudah ferit sempurna dengan butiran yang relatif halus, peningkatan temperatur anil selanjutnya menyebabkan peningkatan besar butir. Semakin tinggi temperatur butir ferit semakin besar. Hal ini disebabkan peran Al sebagai penstabil ferit dan peningkatan temperatur mendorong pertumbuhan butir ferit menjadi lebih besar.

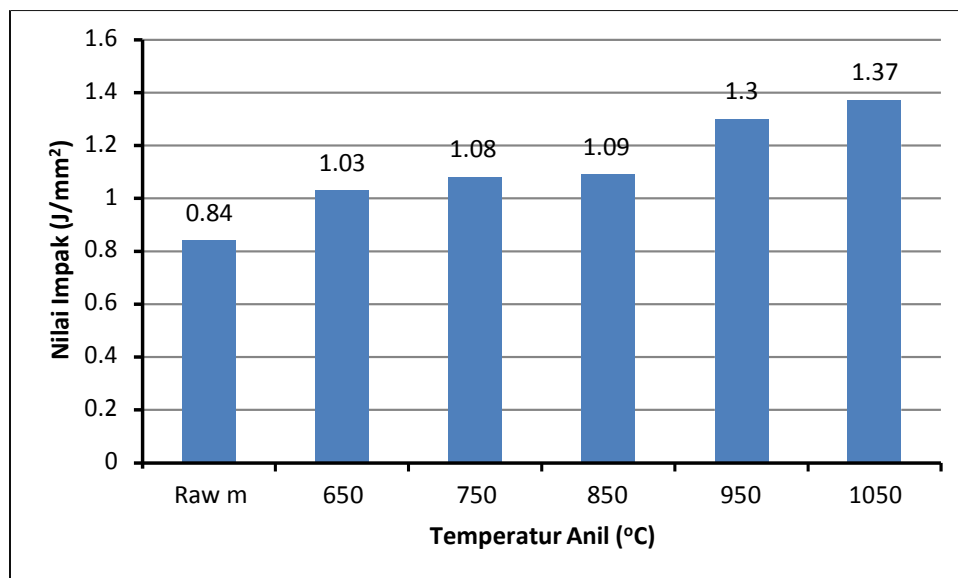


Gambar 1. Struktur mikro paduan Fe-2,2Al-C

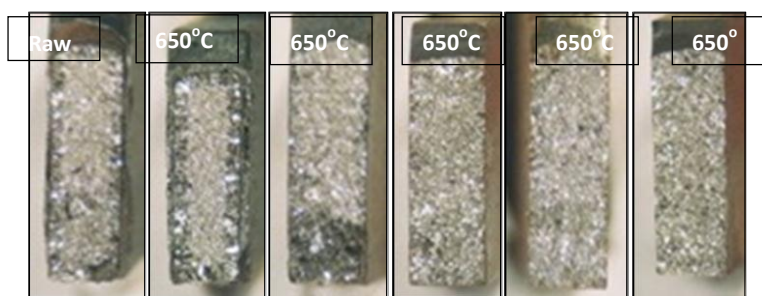
3.2. Ketangguhan Impak Paduan Fe-2,2Al-C

Pengujian impak (ketangguhan) dilakukan untuk mengetahui ketahanan bahan terhadap beban kejut. Beberapa bahan bisa menjadi getas dan patah karena perbedaan temperatur, laju tegangan dan apabila terdapat laju pembebanan yang tinggi, walaupun pada dasarnya logam tersebut liat. Ketangguhan impak paduan Fe-2,2Al-C dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan nilai ketangguhan paduan Fe-2,2Al-C sebesar 0,84 J/mm². Proses anil akan meningkatkan ketangguhan paduan, dan semakin meningkat dengan semakin tinggi temperatur anil dari temperatur 650°C sampai dengan 1050°C. Hal ini disebabkan perubahan struktur mikro yang cenderung semakin feritik dan semakin besar ukuran butir dengan semakin tinggi temperatur anil dimana Fasa ferit adalah fasa paling lunak dalam system fasa baja. Akan tetapi nilai ketangguhan paduan Fe-2,2Al-C masih jauh lebih rendah jika dibandingkan nilai ketangguhan baja tahan karat konvensional. Hal ini didukung dengan pola permukaan patahan specimen impak dimana patahan cenderung getas dan tidak terlihat adanya *necking*. Hal ini disebabkan selain α -Fe dalam fasa ferit juga senyawa intermetalik FeAl yang menyebabkan paduan menjadi getas. Karakteristik coran juga turut mempengaruhi sifat getas paduan.



Gambar 2. Ketangguhan impact paduan Fe-2,2Al-C



Gambar 3. Foto makro paduan Fe-2,2Al-C

3.3. Katahanan Korosi Paduan Fe-2,2Al-C

Pengujian korosi dilakukan dengan metode polarisasi sel tiga elektroda di dalam media larutan 0,5% NaCl. Pengujian korosi menghasilkan data rapat arus korosi / I_{corr} ($\mu A/cm^2$). Laju korosi/R(mpy) dihitung dengan rumus Persamaan (1) (Jones, 1996), dimana EW adalah berat ekuivalen dan ρ adalah Berat jenis paduan (gr/cm^3). EW untuk logam paduan dihitung menggunakan Persamaan (2) dan (3).

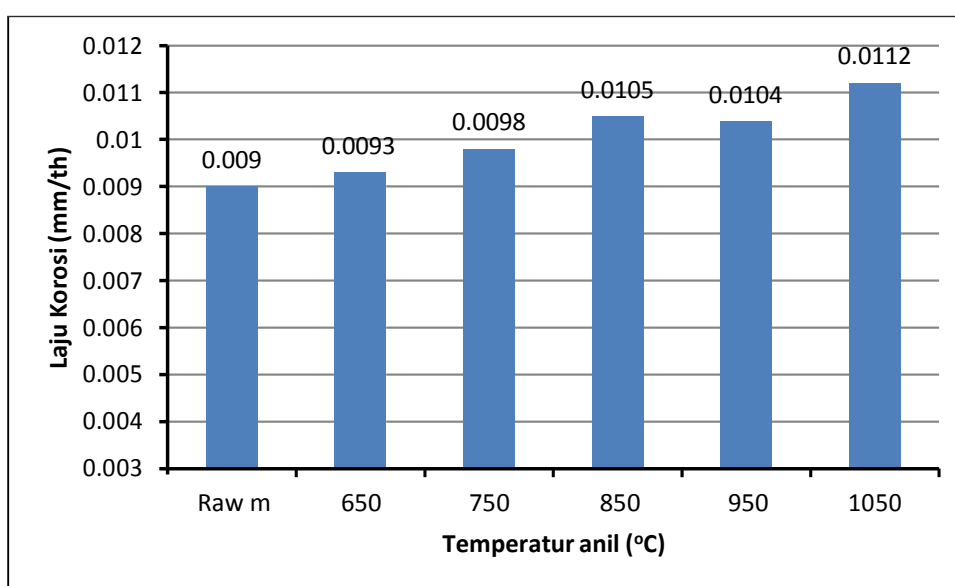
$$R = 0,129 \frac{(I_{corr}) \cdot EW}{\rho} \quad (1)$$

$$N_{EQ} = \sum \left(\frac{\omega_1}{\frac{A_1}{n_1}} \right) = \sum \left(\frac{\omega_1 n_1}{A_1} \right) \quad (2)$$

$$EW = N_{EQ}^{-1} \quad (3)$$

Tabel 4.5 Tingkat Ketahanan Korosi Berdasarkan Harga MPY.

Tingkat Ketahanan Korosi	MPY	Konversi kesatuan-satuan lain			
		mm/tahun	μ /tahun	nm/tahun	pm/tahun
Luar Biasa	< 1	<0,02	<25	<2	<1
Sangat Baik	1-5	0,02-0,1	25-100	2-10	1-5
Baik	5-20	0,1-0,5	100-500	10-50	5-20
Cukup Baik	20-50	0,5-1	500-1000	50-150	20-50
Kurang Baik	50-200	1-5	1000-5000	150-500	50-200
Tidak Dianjurkan	200 +	5 +	5000 +	500 +	200 +



Gambar 3. Laju korosi paduan Fe-2,2Al-C

Pada Gambar 3 terlihat hasil uji korosi paduan Fe-2,2Al-C dalam media 0,5% NaCl, dimana laju korosi terendah terjadi pada *raw material* dengan laju korosi sebesar 0,009mm/th. Proses anil meningkatkan laju korosi paduan Fe-2,2Al-C dan semakin meningkat dengan semakin tinggi temperatur anil. Laju korosi maksimum terjadi pada temperatur anil 1050°C dengan nilai laju korosi sebesar 0,0112mm/th. Fenomena ini disebabkan perubahan struktur kristal paduan ke arah feritik, dimana semakin tinggi temperatur anil besar butir ferit semakin besar sehingga laju korosi semakin tinggi. Terjadinya peruraian lapisan pasif Al_2O_3 dipermukaan paduan pada saat proses anil juga menyebabkan terjadinya peningkatan laju korosi, sedangkan kecenderungan peruraian lapisan pasif ini akan meningkat dengan semakin tinggi temperatur anil.

Secara umum laju korosi menurut Fontana dari Tabel 4.6 tingkat ketahanan korosi berdasarkan harga MPY, maka paduan Fe-2,2Al-C ini ketahanan korosinya luar biasa, karena laju korosi terendah adalah 0,009 mm/tahun dan laju korosi tertinggi 0,011 mm/tahun.

4. Kesimpulan

1. Paduan Fe-2,2Al-C mempunyai struktur ferit dan perlit. Proses anil mengubah struktur menjadi feritik dengan besar butir yang semakin besar dengan kenaikan temperatur anil.

2. Proses anil meningkatkan ketangguhan paduan Fe-2,2Al-C dan semakin meningkat dengan semakin tinggi temperatur anil.
3. Proses anil meningkatkan laju korosi paduan Fe-2,2Al-C dan semakin tinggi dengan meningkatnya temperatur anil.

Daftar Pustaka

- Baligheid, R.G., Satya Prasad V.V., dan Sambasiva Rao, A., 2007, **Effect of Ti, W, Mn, Mo, and Si on Microstructure and Mechanical Properties of High Carbon Fe-10,5wt% Al Alloy**, *Journal of Material Science and Technology*, Vol. 23, No. 5. Hal.613-619.
- Environmentalchemistry.com, 2008, **Environmental**, Chemistry & Hazardous Materials News, Careers & Resources, Periodic Table of Elements.
- Frommeyer, 2000, **Physical and Mechanical Properties of Iron-Aluminum-(Mn-Si) Lightweight Steels**, The 1999 ATS International Steelmaking Conference, Paris. Sec.4.
- Huang, B.X., Wang, X.D., Rong, Y.H., Wang, L., and Jin, L., 2006, **Mechanical Behavior and Martensitic Transformation of an Fe-Al-Si-Al-Nb Alloy**, *Materials Science and Engineering A*, Vol. 438-440, p. 306-311.
- Jablonska, M., Jasik, A., dan Hanc, A., 2009, **Structures and Phases transitions of The Alloys on the bases of Fe-Al Intermetallic Phases**, *International Scientific Journal* vol. 29. Issue 1, p.16-19.
- Jones, D.A., 1996, **Principles and Prevention of Corrosion**, 2nd ed., Prentice-Hall International, London.
- Kobayashi, S., Zaefferer, S., Schneider, A., Raabe, D., dan Frommeyer, G., 2005, **Optimisation of Precipitation for Controlling Recrystallization of Wrought Fe3Al Based Alloys**, *Intermetallics*, 13, 1296-1303, (2005).
- Leslie, T., 1983, **The Physical Metallurgy of Steels**, John Willey and Sons Inc., New York.
- Shackelford, J.F., 1992, **Introduction to Material Science for Engineers**, 3th ed., McMillan Publishing Company, New York.
- Tjong, S.C., 1986, **Stress Corrosion Cracking behavior of the duplex Fe-10Al-29Mn-0,4C alloy in 20% NaCl solution at 100°C**, *Journal of Material Science*, Vol. 21, Hal.: 1166-1170.
- Wang, C. J. dan Duh, J. G., 1988, **Nitriding in the high temperature oxidation of Fe-31Mn-9Al-6Cr alloy**, *Journal of Materials science*, Vol. 23, Hal.: 769-775.