

PROSIDING

ISBN: 978-602-70455-0-7

SEMINAR NASIONAL

Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri Ke-20



PROSIDING
SEMINAR NASIONAL

Perkembangan Riset dan Teknologi
di Bidang Industri Ke-20

**PANITIA SEMINAR NASIONAL
PERKEMBANGAN RISET DAN TEKNOLOGI
DI BIDANG INDUSTRI KE-20**

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



2014



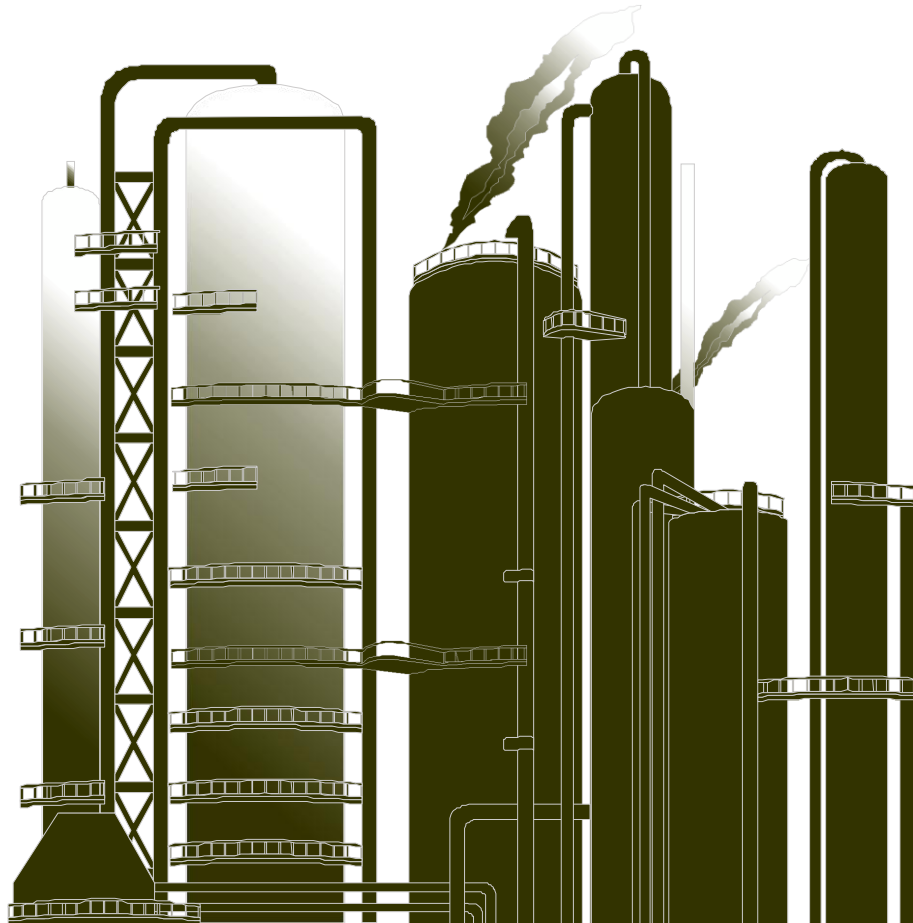
Pusat Studi Ilmu Teknik
Jurusan Teknik Mesin dan Industri
Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL
Perkembangan Riset dan Teknologi di
Bidang Industri Ke-20

ISBN: 978-602-70455-0-7

Kantor Pusat Fakultas Teknik UGM
Yogyakarta, 23 Mei 2014



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

Mitra Bestari:

1. Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, MSc (FTI ITS)
2. Dr. Dwi Aries Himawanto, ST, MT (FT UNS)
3. Dr. Ir. Eflita Yahana, MT (FT UNDIP)
4. Prof. Dr. Ing. Ir. Harwin Saptoadi, MSE (FT UGM)
5. Prof. Dr. Ir. Rochmadi, SU (FT UGM)
6. Dr. Ir. I Made Suardjaja, MSc, PhD (FT UGM)
7. Dr. Ir. Hary Sulisty, SU (FT UGM)
8. Dr. Ir. Sarto, MSc (FT UGM)
9. Dr. M. Noer Ilman, ST, MSc (FT UGM)
10. Dr. M.K. Herliansyah, ST, MT (FT UGM)

Editor:

1. Dr. Ir. Joko Waluyo, MT
2. Dr. Ir. Aswati Mindaryani, MSc
3. Ir. Suprihastuti SR, MSc
4. Dr. Ir. Rini Dharmastiti, MSc

Prosiding Seminar Nasional
Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke 20

© 2014, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik,
Pusat Studi Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada – Yogyakarta

ISBN : 978-602-70455-0-7

Alamat : Pusat Studi Ilmu Teknik UGM
Jl. Teknik Utara, Berek, 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 20 yang dilaksanakan tanggal 23 Mei 2014, 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, Jurusan Teknik Kimia dan Fakultas Teknik UGM. Seminar nasional ini merupakan forum diskusi dan pertukaran 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 42 makalah yang terbagi dalam sub topik : Bahan Teknik dan Mekanika Bahan, Perpindahan Kalor dan Massa, Teknik Reaksi dan Teknik Pembakaran, Kendali Proses, Mekanika Fluida, Pengolahan Limbah Industri dan Lingkungan, Teknik Industri serta Maintenance Peralatan Industri.

Prosiding seminar ini diharapkan dapat memberikan informasi perkembangan 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 lancar berkat partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Panitia mengucapkan terima kasih kepada para sponsor, para pemakalah, para peserta serta semua pihak yang telah membantu penyelenggaraan acara seminar.

Yogyakarta, 23 Juni 2014

Panitia Seminar Nasional
Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke 20

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v

BAHAN TEKNIK - MEKANIKA BAHAN

1	Kekuatan Bending Komposit Tambal Gigi Komersial Yang Direndam Pada Media Saliva Buatan dan Coca-Cola [®] Al Ichlas Imran dan Kusmono	BT-MB – 1
2	Kekuatan Tarik dan Tekan Komposit Laminat Hibrid Aluminium-Fiberglass-Bambu Galing Kalapaksi, Paryanto Dwi Setyawan, Sugiman, Agus Dwi Catur, M. Faruq Ramadhani	BT-MB – 7
3	Pengaruh Kekasaran Permukaan 316L Dan Beban Terhadap Sifat Keausan Ultra High Molecular Polyethelene (UHMWPE) Untuk Sendi Lutut Tiruan Iman Saefuloh, Rini Dharmastiti	BT-MB – 13
4	Pengaruh Penambahan TiO ₂ dan MgO Terhadap Mikrostruktur dan Sifat Mekanis Komposit Keramik Alumina Jarot Raharjo, Sri Rahayu, Tika Mustika dan Yelvia Deni	BT-MB – 19
5	Simulasi Tegangan pada Konstruksi Perpipaian Bawah Tanah Berbasis Code ASME B31.8 Joko Waluyo dan Tri Imam Prastiyo	BT-MB – 25
6	Perancangan Bejana Tekan Vertikal Berbasis Code ASME VIII Divisi 1 (Studi Kasus Separator Unit Karaha PT. Pertamina Geothermal Energy) Jundan Rais Fathoni, Joko Waluyo, dan Rachmat Sriwijaya	BT-MB – 31
7	Simulasi Pembebanan Eksentrik Pada Nozzle Dengan Basis WRC 107 (Studi Kasus Separator Unit Karaha PT. Pertamina Geothermal Energy) Jundan Rais Fathoni, Joko Waluyo, dan Rachmat Sriwijaya	BT-MB – 37
8	Pengaruh Kromium dan Perlakuan Panas pada Baja Fe-Ni-Cr terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Meilinda Nurbanasari, Dodi Mulyadi	BT-MB – 43
9	Analisa Kegagalan pada Super Critical Boiler Tube Meilinda Nurbanasari dan Abdurachim	BT-MB – 49
10	Evaluasi dan Perkiraan Sisa Umur Pakai Material Economizer Boiler Muji Prihajatno, M.N. Iلمان, Kusmono	BT-MB – 55
11	Sifat Mekanik Dan Water Absorption Komposit Hybrid Serat Sisal / Serat Baja Dengan Filler Abu Sekam Padi Bermatrik Epoxy Nasmi Herlina Sari, Herga Prasetio, Agus Dwi Catur, Paryanto Dwi Setyawan	BT-MB – 61
12	Analisis Ketangguhan Paduan Fe-7,5Al-25Mn Pada Temperatur Transisi Ratna Kartikasari, Sutrisna dan Wisnu Widya Asmara	BT-MB – 67
13	Pengaruh Variasi Putaran Pada proses FSW Terhadap Sifat Mekanik dan Korosi Sambungan Las Dissimilar AA 5083-AA 6061-T6 Riswanda, Sckolastika Ninien H	BT-MB – 73

Analisis Ketangguhan Paduan Fe-7,5Al-25Mn Pada Temperatur Transisi

Ratna Kartikasari, Sutrisna dan Wisnu Widya Asmara

Jurusan Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta

Jl. Babarsari No.1 Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281

Email :kartikafajar@yahoo.com

Intisari

Berbagai penelitian untuk mengkaji paduan Fe-Al-Mn sebagai kandidat baja tahan karat telah dilakukan. Paduan Fe-Al-Mn telah diketahui dapat menggantikan baja tahan karat konvensional paduan Fe-Cr-Ni yang mempunyai banyak keunggulan baik dari segi sifat mekanik maupun dari segi ketahanan korosinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemungkinan aplikasi paduan Fe-7,5Al-25Mn pada temperatur kriogenik yaitu dengan mempelajari fenomena ketangguhan pada temperatur transisinya. Paduan Fe-7,5Al-25Mn dibuat dengan cara peleburan dalam dapur induksi frekuensi tinggi dengan atmosfer reduksi gas argon. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian komposisi kimia, pengujian struktur mikro, dan pengujian impak pada temperatur -90°C , -60°C , -30°C , 0°C , 30°C , 60°C , dan 90°C untuk mengetahui fenomena transisinya. Bahan pembanding adalah baja tahan karat SS 304. Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan paduan Fe-7,5Al-25Mn mengandung Al 7,59% dan Mn 25%. Pengamatan struktur mikro menunjukkan paduan ini mempunyai struktur austenit. Hasil uji tarik menunjukkan nilai kekuatan tarik rata-rata (σ) sebesar 57 kg/mm^2 , nilai ini lebih tinggi dari baja tahan karat SS 304 yaitu $53,02\text{ kg/mm}^2$. Nilai kekerasan rata-rata adalah 189,5 VHN, lebih tinggi dibandingkan dengan SS 304 yaitu 129 kg/mm^2 . Nilai impak rata-rata sebesar 27,54 joule, nilai ini masih jauh lebih rendah dibandingkan dengan nilai impak stainless steel SS 304 yaitu 32,5 joule. Pada rentang temperatur impak nilai ketangguhan tidak menunjukkan pola transisi getas-ulet, hal ini sangat mirip dengan SS 304 yang tidak memiliki transisi ulet-getas.

Kata kunci: paduan Fe-Al-Mn, paduan Fe-Cr-Ni, ketangguhan, transisi getas ulet

Pendahuluan

Sistem paduan Fe-Al-Mn adalah baja tahan karat tipe austenitik dengan Al dan Mn secara berturut-turut menggantikan Cr dan Ni dalam baja tahan karat konvensional (Tjong, 1986). Cr dan Ni adalah material strategis di banyak negara, terutama Cr dimana 95% cadangan Cr dunia berada di Afrika Selatan dan Zimbabwe. Kao dan Wan (1988) melaporkan bahwa aluminium (Al) dapat berfungsi sebagai penstabil struktur ferit sedangkan mangan (Mn) dapat berfungsi sebagai penstabil struktur austenit, sehingga fungsi kedua unsur Cr, Ni dan Al, Mn dapat saling menggantikan. Shackelford (1992) menyatakan bahwa Al keberadaannya sangat melimpah, yaitu merupakan unsur terbesar ketiga di bumi sehingga harganya relatif murah, oleh karena itu aluminium merupakan unsur yang menjanjikan untuk menggantikan Cr dalam paduan baja tahan karat konvensional.

Bailey dan Zimmer (2006) lebih lanjut mengatakan bahwa disamping aluminium dapat berfungsi sebagai penstabil struktur ferit, penambahan unsur ini ke dalam sistem paduan juga dapat meningkatkan ketahanan oksidasi dan reduksi. Frommeyer (2000) menyebutkan bahwa penambahan aluminium dalam baja dapat menurunkan densitas (penurunan 10% densitas dicapai pada penambahan aluminium sebesar 10%). Unsur mangan disamping sebagai penstabil austenit, juga dapat memperbaiki sifat kemampuan untuk dikerjakan panas dan keuletan (Smith, 1993). Stabilitas austenit juga dapat ditingkatkan dengan penambahan karbon ke dalam sistem paduan. Penambahan 1% karbon memberikan kontribusi terhadap kekuatan secara cukup signifikan (Tjong, 1986). Huang dkk. (2006), menambahkan bahwa paduan Fe-Al-Mn lebih jauh dapat ditingkatkan kekuatannya dengan perlakuan panas aging. Kao dan Wan (1988) menyimpulkan bahwa selain sifat mekanik yang baik paduan ini juga dilaporkan mempunyai ketahanan oksidasi yang sangat baik sampai dengan temperatur 850°C .

Tjong (1986) menyatakan bahwa dengan pengaturan komposisi unsur-unsur yang tepat, akan dapat dihasilkan paduan Fe-Al-Mn yang mempunyai kekuatan yang baik pada temperatur tinggi, *workability* pada temperatur rendah dan ketahanan korosi yang lebih baik. Wang dkk. (2000) lebih lanjut menegaskan bahwa konsentrasi Mn dan Al sangat berpengaruh terhadap ketahanan korosi dan sifat mekanik paduan Fe-Al-Mn. Pada kadar Mn yang tinggi ($>35\%$) paduan cenderung menjadi rapuh

disebabkan formasi fasa β -Mn. Pada kadar Al di atas 12% paduan cenderung membentuk sistem paduan baja tahan karat feritik.

Berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan karakteristik paduan baru ini. Frommeyer (2000) melaporkan hasil penelitiannya yaitu bahwa penambahan Mn dalam sistem paduan Fe-Al akan menstabilkan struktur austenit dan akan dihasilkan paduan yang mempunyai *hot workability* dan keuletang yang baik. Penambahan Mn bersama karbon (C) dalam paduan Fe-Al juga diyakini mampu memperluas dan menstabilkan daerah austenit, sehingga paduan yang dihasilkan akan mempunyai sifat-sifat mekanik yang baik pada temperatur tinggi. Shankar (2004) menambahkan bahwa peningkatan kadar karbon dalam sistem Fe-Al-C dapat meningkatkan ketahanan oksidasi, tetapi efek negatif terjadi apabila peningkatan kadar karbon diikuti dengan penurunan kadar Al. Lebih jauh Baligidad (2007), melaporkan bahwa penambahan 2% unsur Mn dan Mo, dapat meningkatkan keuletan dan ketangguhan, sedangkan penambahan 2% unsur Si terbukti dapat meningkatkan kekuatan tarik paduan Fe-10,5Al-0,7C tetapi paduan menjadi sangat rapuh pada temperatur ruang.

Lee dkk. (2001) menyatakan bahwa paduan Fe-Al-Mn memiliki sifat-sifat mekanik yang sangat baik pada suhu rendah, sehingga paduan Fe-Al-Mn juga dapat dianggap sebagai paduan kriogenik baru yang menjanjikan. Bailey dan Zimmer (2006) menyatakan bahwa komposisi yang optimal untuk sistem paduan Fe-Al-Mn agar mempunyai sifat-sifat fisiko-mekanik yang baik adalah 8-10% Al dan 25-30% Mn. Huang dkk. (2006), melaporkan bahwa penambahan 0,017 Nb dalam paduan Fe-22Mn-2Al-2Si dapat meningkatkan regangan tetapi menurunkan kekuatan tarik dalam rentang temperatur -60 sampai dengan 20°C. Pada penelitian sebelumnya disebutkan bahwa paduan Fe-7,5Al-25Mn dapat dikandidatkan untuk menggantikan SS 304 ditinjau dari sifat mekanik dan ketahanan korosinya (Ratna Kartikasari, 2012). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketangguhan impak paduan Fe-7,5Al-25Mn pada temperatur 90°C sampai dengan -90°C.

Metodologi Penelitian

Pembuatan paduan Fe-Al-Mn dilakukan dengan cara 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, Fe-Mn C medium dan Fe-C. Coran dibuat dalam bentuk ingot dengan ukuran 30 mm x 30 mm x 200 mm. Target komposisi yang akan dicapai adalah Fe-7,5% berat Al-25% berat Mn-0,6% berat C. Perhitungan komposisi secara manual dilakukan dengan *material balance*. Kontrol komposisi dilakukan dengan *chill test*. Ingot paduan Fe-7,5Al-25Mn-C selanjutnya dipotong menggunakan *metal-cut* dibentuk menjadi spesimen uji struktur mikro, kekerasan dan spesimen uji impak (standar ASTM E 23 tipe A). Uji struktur mikro menggunakan mikroskop optik merk Olympus milik Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin Program D3 UGM dengan perbesaran 200x dengan etsa menggunakan aquaregia, uji kekerasan dengan metoda Vickers dan uji impak dilakukan dengan metoda Charpy pada temperatur -90, -30, 0, 30 dan 30°C. Foto struktur makro dilakukan untuk melihat pola patahan (fenomena transisi getas ulet) pada permukaan patah spesimen setelah uji impak.

Hasil dan Pembahasan

Analisis hasil uji komposisi kimia

Hasil uji komposisi kimia terlihat pada Tabel 1. Penambahan unsur Mn hingga 25% dalam sistem paduan dapat meningkatkan *workability* dan *ductility* (Smith, 1993) sedangkan penambahan unsur Al hingga dalam sistem paduan dapat meningkatkan ketahanan korosi dan ketahanan oksidasi (Kao, 1988 dan Frommeyer, 2000). Unsur karbon dengan jumlah kandungan sebesar 0,6% akan menyebabkan paduan ini mempunyai kekerasan yang tinggi. Jumlah kandungan unsur silikon (Si) yang melebihi 0,40% menyebabkan penurunan elastisitas dan ditempa ditempa atau di las.

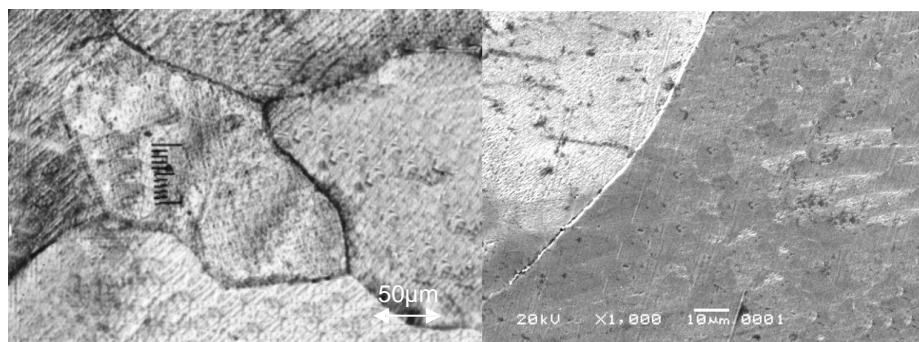
Tabel1. Hasil uji komposisi kimia paduan Fe-7,6Al-25Mn

Unsur	Fe	Al	C	Mn	Si	P	S	Mo	Cu
Komposisi(% berat)	66,09	7,54*	0,6	25,05*	0,65	0,02	0,03	0,01	0,01

* Pengujian komposisi dilakukan dengan metoda APNC di PPNY BATAN Yogyakarta

Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro

Hasil pengujian struktur mikro paduan Fe-7,5Al-10Mn terlihat pada Gambar 1.

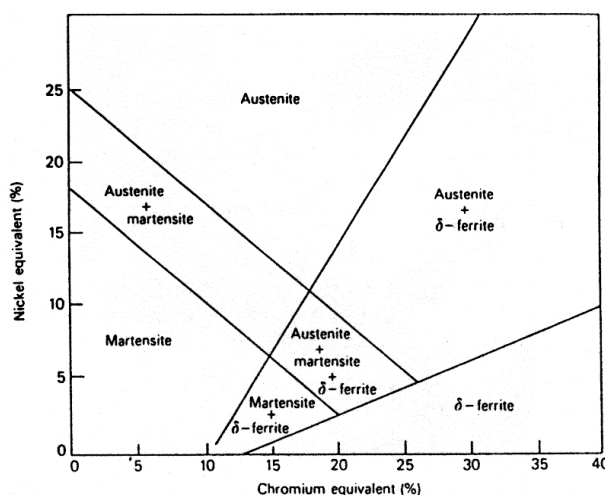


a. Mikroskop optik

b. SEM

Gambar 1. Struktur mikro paduan Fe-7,5Al-25Mn

Pada Gambar 1a terlihat bahwa struktur mikro paduan Fe-7,5Al-25Mn adalah austenit sempurna dengan butir yang cukup besar. Pada Gambar 1b terlihat batas butir austenit yang sangat jelas dan orientasi butir yang berbeda. Penambahan 25% Mn sudah dapat menstabilkan struktur austenit di temperatur ruang, hal ini setara dengan penambahan 8% Ni pada austenitik konvensional SS 304. Jika dilihat pada diagram Schaeffler (Gambar 2), Cr ekivalen sebesar 7,5% dan Ni ekivalen sebesar 25% membentuk struktur austenit sempurna.



Gambar 2. Diagram Schaeffler (Honeycombe dan Badeshia, 1995)

Analisis Hasil Pengujian Tarik

Tabel 2. Hasil uji tarik rata-rata paduan Fe-Al-Mn

Spesimen	A_0 (mm^2)	L_0 (mm)	P_{mak} (kN)	ΔL (mm)	ϵ (%)	σ (kg/mm^2)	ϵ rata-rata	σ rata-rata
1	15,75	25	8,25	10	40	52,30	40,93	57,00
2	15,3	25	13,24	11	44	86,53		
3	15,44	25	4,97	9	38,8	32,18		

Hasil pengujian tarik dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai kekuatan tarik rata-rata (σ) paduan Fe-7,5Al-25Mn adalah sebesar $57,00 \text{ kg}/\text{mm}^2$, dan regangannya sebesar (ϵ) 40,93%. Nilai kekuatan tarik paduan Fe-6Al-25Mn ini lebih tinggi dari SS 304 yang mempunyai kekuatan tarik sebesar $53,02 \text{ kg}/\text{mm}^2$, hal ini disebabkan adanya unsur Mn yang mampu memperluas dan menstabilkan daerah austenit, sehingga mempunyai sifat mekanik yang baik (Banerji, 1982). Kombinasi komposisi yang

tepat antara unsur Al, Mn dan C dalam paduan memberikan sifat mekanik dan ketahanan korosi yang unggul melampaui baja tahan karat konvensional (Bailey dan Zimmer, 2006).

Analisis Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metoda Vickers dengan beban 40kg. Hasil uji kekerasan paduan Fe-7,5Al-25Mn sebesar 203,8 VHN (Tabel 4). Nilai ini jauh di atas nilai kekerasan SS 304 yaitu sebesar 129 VHN. Berbeda dengan nilai kekuatan tarik yang masih mendekati nilai kekuatan tarik SS 304, nilai kekerasan yang cukup tinggi ini disebabkan oleh terbentuknya karbida-karbida Al yang tersebar merata dan karbida Al-Mn yang mengelilingi butiran-butiran austenit pada paduan Fe-7,5Al-25Mn. Kombinasi sifat mekanik dan ketahanan korosi yang unggul menyebabkan paduan Fe-7,5Al-25Mn menjadi kandidat logam baru yang menguasai bidang aplikasi.

Tabel 4. Harga kekerasan vickers paduan Fe-7,5Al-25Mn

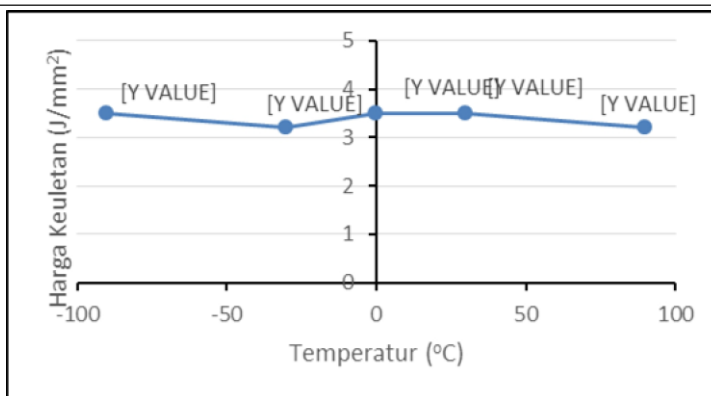
Spesimen	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	D rata-rata (mm)	Kekerasan (VHN)	VHN Rata-rata
1	0,62	0,59	0,605	202,7	203,8
2	0,63	0,59	0,610	199,3	
3	0,61	0,58	0,595	209,5	

Analisis Hasil Pengujian Impak pada Temperatur Transisi

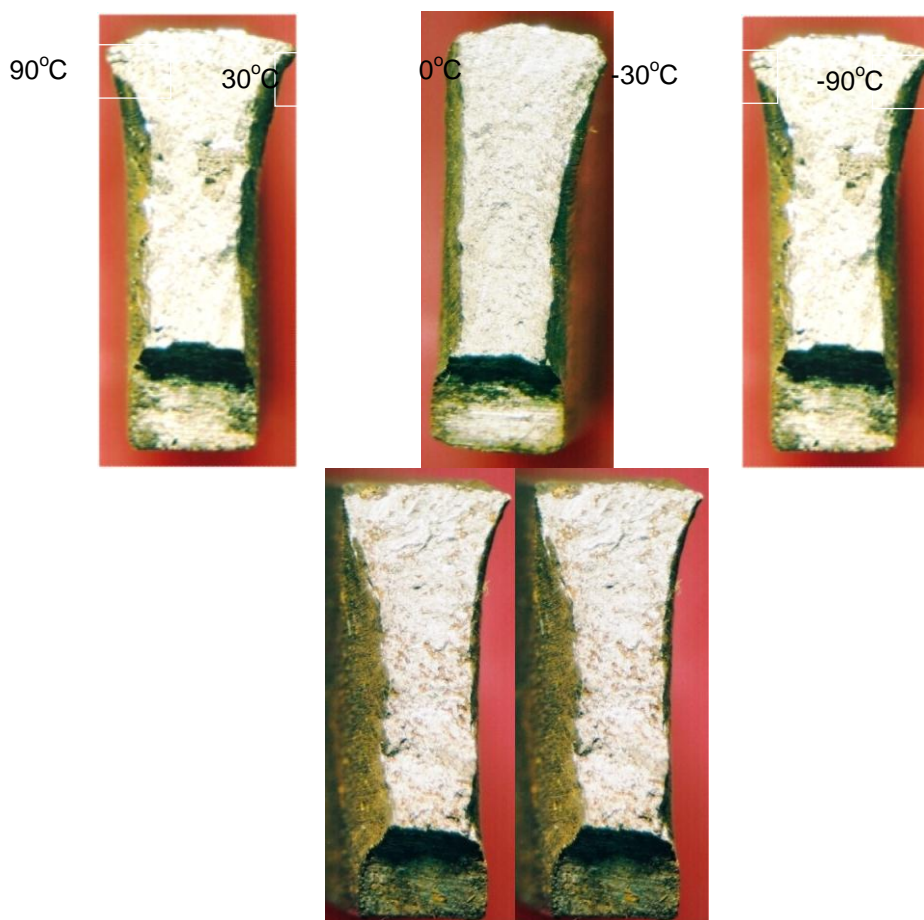
Pengujian impak dilakukan untuk mengetahui ketahanan bahan terhadap beban kejut. Hasil uji impak terlihat pada Tabel 3. Kurva harga impak dan harga keuletan paduan Fe-7,5Al-25Mn terlihat mendekati horisontal dengan nilai yang bervariasi antara 3,5 dan 3,2 kg/mm² untuk harga keuletan. Hal ini menunjukkan tidak adanya pengaruh yang signifikan penurunan temperatur terhadap ketangguhan paduan. Artinya transisi getas ulet pada paduan ini dapat dikatakan tidak ada. Fenomena transisi getas ulet paduan Fe-7,5Al-25Mn dapat dikatakan mendekati fenomena transisi getas ulet SS 304 dengan nilai keuletan pada kisaran 3,25 kg/mm². Dimana, SS 304 mempunyai kurva yang horisontal artinya SS 304 tidak memiliki transisi getas ulet atau dikatakan SS 304 merupakan paduan kriogenik yang aman pada penggunaan di bawah temperatur ruang. Peran unsur paduan Al dan Mn dalam paduan Fe-Al-Mn ternyata dapat menggantikan peran Cr dan Ni pada baja tahan karat konvensional secara menyeluruh dengan pengaturan komposisi yang berbeda. Hal ini juga dapat dilihat pada pola perpatahan pada permukaan patahan spesimen impak. Secara menyeluruh fenomena ulet terlihat dengan adanya *necking* (pengecilan penampang) pada permukaan patah spesimen impak (Gambar 3).

Tabel 3. Hasil uji impak paduan Fe-7,5Al-25Mn

No.	Variasi T (°)	Sudut α (°)	Sudut β (°)	Harga Impak rata-rata (Joule)	Harga Keuletan rata-rata (Joule/mm ²)
1	T 90	151	132	32,02	3,2
2	T 30	151	131	35	3,5
3	T 0	151	131	35	3,5
4	T -30	151	132	32,02	3,2
5	T -90	151	131	35	3,5



Gambar 3. Hubungan harga keuletan rata-rata dengan temperatur paduan Fe-7,5Al-25Mn



Gambar 3. Foto makro permukaan patah spesimen impact

Kesimpulan

Paduan Fe-7,5Al-25Mn mempunyai sifat mekanik dan fenomena transisi getas ulet yang secara umum mendekati sifat mekanik SS 304, sehingga paduan ini dapat dikandidatkan juga sebagai paduan kriogenik.

Ucapan terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Hibah Bersaing.

Daftar Pustaka

- Bailey dan Zimmer, 2006, **Aluminium-manganese-iron stainless steel alloy**, Patent # 4865662, Patent Genius.
- 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-Aluminium-(Mn-Si) Lightweight Steels**, The 1999 ATS International Steelmaking Conference, Paris. Sec.4.
- Honeycombe, R.W.K. dan Bhadeshia, H.K.D., 1995, **Steel Microstructure and Properties**, 2nd ed., Edward Arnold, London.
- 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.
- Kao, C.H., dan Wan C.M., 1988, **Effect of Manganese on the oxidation of Fe-Mn-Al-Alloys**, *Journal of Materials Science*, Vol. 23, Hal.: 744-752
- Perlade, A. dan Maugis, P., 2005, **Development of Lightweight High Strength Steels**, Arcelor Research, Automotive Product Research Center, Toulouse.
- Ratna Kartikasari, 2012, **Hardenability dan Ketahanan Korosi Paduan Fe-7,5Al-10 Mn**, Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke-18, Pusat Studi Ilmu Teknik bekerja sama dengan Fakultas Teknik, UGM
- Shackelford, J.F., 1992, **Introduction to Material Science for Engineers**, 3th ed., McMillan Publishing Company, New York
- Shankar Rao, V., 2004, **High Temperature Oxidation Behaviour of Fe-Al-C alloys : an Overview**, *Materials Science and Engineering. A*, Vol. 364, No. 1-2, pp 232-239.
- Smith, W. F., 1993, **Structure and Properties of Engineering Alloys**, 2nd ed., McGraw-Hill, Inc., 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, S., Zhang, H., dan Chen, S.J., 2000, **Experiment on Fe-Al-Mn Deoxidizing and Alloying of Low-carbon Aluminium Killed Steel**, *Journal Iron Steel Vanadium Titanium*, Vol. 21, No. 4., hal. 44-49.