



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL

KE 7 Tahun 2012

Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi
Inovasi Teknologi dan Informasi untuk
Optimalisasi Energi

SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL
YOGYAKARTA

SUSUNAN PANITIA

Penanggung Jawab	:	Ketua STTNAS
Pengarah	:	Pembantu Ketua
KetuaPelaksana	:	Ir. Harianto, MT.
Sekretaris Pelaksana Staff Sekretariat	:	Ir. Eka Yawara, MT. 1. Sri Harjanti 2. Sunah
BendaharaPelaksana	:	Drs. Sukapdi
SeksiMakalah Koordinator	:	Dr. Hill. Gendoet Hartono, ST., MT.
Teknik Mesin	:	Dr. Ratna Kartikasari, ST, MT.
Teknik Elektro	:	Tugino, ST, MT.
Teknik Sipil	:	Drs. H. Triwuryanto, MT.
Teknik Geologi	:	Dr. Ir. Ev. Budiadi, MS.
Teknik PWK	:	Drs. Achmad Wismoro, ST, MT.
Teknik Pertambangan	:	Ir. Ag. Isjudarto, MT.
Seksi Proseeding	:	1. Ir. Muhammad Abdulkadir, MT. 2. Djoko Purwanto, ST.
Seksi Acara	:	Sigit Budi Hartono, ST, MT.
Seksi Publikasi, Dokumentasi	:	1. ArisWarsita, ST, MT. 2. Ferry Okto Satriya, ST. 3. Ign. Purwanto 4. H. Andiyanto, Amd.
Sponsor	:	1. Ir. Nizam Effendi 2. Sulaiman Tampubolon, ST.

SAMBUTAN
KETUA PANITIA SEMINAR RETII KE-7 TAHUN 2012

Assalammu'alaikum Wr.Wb.
Salam sejahtera bagi kita semua

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga Seminar Nasional ReTII ke-7 Tahun 2012 dapat terlaksana. Tema seminar tahun ini yaitu : Inovasi Teknologi dan Informasi untuk Optimalisasi Energi.

Seminar Nasional ReTII ke-7 tahun ini diikuti oleh 100 pemakalah dengan rincian dari STTNAS sebanyak 16 pemakalah dan dari luar STTNAS sebanyak 84 pemakalah. Adapun institusi yang ikut antara lain : Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, IST" AKPRIND", Universitas Gadjah Mada, UPN "Veteran", ITS Surabaya, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Universitas Pancasakti Tegal, BATAN Jakarta,

Panitia mengucapkan terima kasih yang sebesar-sebesarannya kepada : para keynote-speech, PT. Pertamina (Persero) Jakarta, PT. PLN (Persero) Jakarta, PGN dan PT Freeport, para pemakalah, hadirin dan semua pihak yang telah ikut membantu dan mendukung kegiatan seminar ini.

Panitia telah bekerja semaksimal mungkin agar acara seminar berlangsung dengan baik dan lancar, namun apabila masih ada banyak kekurangannya mohon maaf yang sebesar-besarnya. Kritik dan saran dari para peserta sangat kami harapkan demi perbaikan acara seminar ditahun mendatang.

Akhirnya semoga Tuhan memberkati acara seminar ini dan bermanfaat bagi kita semua.
Amin.

Wassalammu'alaikumsalam, Wr.Wb.

Yogyakarta, 15 Desember 2012
Salam Hormat,

Ir. Harianto, M.T.
Ketua Panitia

SAMBUTAN KETUA STTNAS YOGYAKARTA

Dalam Rangka
Pembukaan Seminar Nasional
Rekayasa Teknologi dan Informasi (ReTII) ke 7
Yogyakarta, 15 Desember 2012

Assalammu'alaikum Wr.Wb.
Salam sejahtera bagi kita semua

Yang saya hormati Bapak Ketua YPTN beserta staff,
Yang saya hormati Bapak Prof. Dr. Indarto, DEA
Yang saya hormati Bapak/Ibu Pimpinan, staff dan dosen STTNAS serta panitia,
Yang saya hormati Bapak dan Ibu Tamu Undangan
Yang saya hormati seluruh Peserta Seminar

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT karena hanya dengan ridhoNya kita dapat berkumpul disini dalam rangka Seminar ReTII ke 7 dalam keadaan sehat wal afiat. Mudah-mudahan Allah SWT juga memberi kemudahan kepada panitia dalam menyelenggarakan seminar ini. Demikian juga kepada para peserta dalam mengikuti acara seminar ini.

Seminar ReTII kali ini merupakan yang ke 7 dan merupakan agenda tahunan STTNAS yang dimaksud agar dapat menjadi ajang temu para pakar untuk saling tukar pengalaman, informasi, berdiskusi, memperluas wawasan dan untuk merespon perkembangan teknologi yang demikian pesat. Selain itu diharapkan adanya kerja sama dari para pakar yang hadir sehingga menghasilkan penelitian bersama dan bersama-sama ikut memecahkan persoalan-persoalan teknologi untuk kemandirian bangsa.

Semoga Seminar ini dapat terselenggara dengan baik dan memenuhi harapan kita semua. Akhirnya saya ucapkan terima kasih kepada panitia dan semua pihak yang membantu sehingga acara Seminar ReTII ke 7 ini dapat terselenggara dengan baik. Jika ada yang kurang dalam penyelenggaraan Seminar ini, kami mohon maaf yang sebesar-besarnya.
Salamat ber Seminar.

Yogyakarta, 15 Desember 2012
Ketua STTNAS

Ir. H.Ircham, M.T.
NIK : 19730070

DAFTAR ISI

SUSUNAN PANITIA	ii
SAMBUTAN KETUA PANITIA ReTII KE 7	iii
SAMBUTAN KETUA STTNAS	iv
DAFTAR ISI	v

TEKNIK MESIN

1. Model Peningkatan Kualitas Layanan Kesehatan di Jawa Timur Melalui Integrasi Metode Servqual, Lean dan Six Sigma Untuk Meningkatkan Kepuasan Konsumen <i>Hana Catur Wahyuni, Wiwik Sulistiyowati</i>	255
2. Pengaruh Penambahan Krom dan Tempo terhadap Kekerasan, Keausan dan Struktur Mikro Ball Mill <i>Sumpena, Subarmono, R.Soekrisno</i>	262
3. Perancangan Dan Pembuatan Mesin Produksi Palet Ikan Dengan Pendekatan Ergonomis <i>Tofik Hidayat, Irfan Santoso</i>	269
4. Pengaruh Kadar Si Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Kandidat Baja Ringan Paduan Fe-Al-Mn <i>Ratna Kartikasari, Sutrisna</i>	275
5. Studi Peningkatan Daya dan Torsi dengan Pemasangan Air Tube pada Saluran Intake Manifold Sepeda Motor Dua Langkah <i>Harjono</i>	280
6. Pengembangan Program Pendukung Keputusan Untuk Estimasi Manufacturing Cost Pada Perancangan Cold Storage Menggunakan Panel Surya <i>Boni Sena, Fauzun, Endang Suhendar</i>	284
7. Aplikasi Interferometer Michelson Untuk Pengukuran Regangan Pada Mesin Uji Tari <i>Budi Setyahandana, Martanto, Ronny Dwi Agusulistyo</i>	289
8. Efek Perubahan Ukuran Diameter Header Knalpot terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Akselerasi Kendaraan Pada Motor 4 Tak <i>Aji Pranoto</i>	296
9. Penentuan Jalur Terpendek Petugas Kebersihan Sampah Di Lingkungan Perumahan Dosen UGM Sekip Menggunakan Algoritma Semut <i>Andhi Akhmad Ismail, Radhian Krisnaputra</i>	302
10. Pengaruh Perubahan Debit Aliran Udara-Air Terhadap Respon Amplitudo dengan Menggunakan Gelombang Ultrasonik Pada Aliran Stratified Horizontal <i>Mukhlis, Bramantya, Hermawan</i>	308
11. Pengaruh Volume Ruang Bakar Terhadap Kinerja Mesin Pulse Jet <i>Lambertus Dwi Setiawan</i>	314
12. Studi Eksperimen Batas Mampu Bakar Campuran LPG / CO ₂ sebagai Refrigeran Alternatif <i>Nasrul Ilminnafik</i>	318
13. Menyelidiki Pengaruh Pemasangan Pelat-Pelat Pengarah Angin pada Keliling Lingkaran Luar Sudi Kincir Terhadap Unjuk Kerja Tiga Model Kincir Angin Savonius <i>Rines</i>	322
14. Identifikasi, Pemodelan dan Kompensasi Ketidaktelitian Open Loop Control System Pada Mesin Milling CNC Mini <i>Ignatius Aris Hendaryanto, M. Arif Wibisono, Herianto</i>	329
15. Analisis Pengerasan Permukaan Metode Flame Hardening dengan Pencekaman Spesimen Sistem Vertikal Pada Baja S45C	

PENGARUH KADAR Si TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK KANDIDAT BAJA RINGAN PADUAN Fe-7,5Al-5Mn

Ratna Kartikasari dan Sutrisna

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

ABSTRAK

Paduan Fe-Al-Mn merupakan kandidat baja tahan karat austenitik pengganti baja tahan karat konvensional yang saat ini terus dikembangkan. Al sebagai pengganti Cr selain berfungsi sebagai penstabil ferit memberikan efek penurunan densitas paduan yang cukup signifikan, sehingga paduan ini juga merupakan kandidat baja ringan. Penelitian ini mempelajari pengaruh kadar Si terhadap sifat struktur mikro dan mekanik paduan Fe-7,5Al-5Mn.

Proses peleburan dilakukan menggunakan dapur induksi frekwensi tinggi kapasitas 50 kg dengan pelindung gas argon. Bahan baku peleburan adalah mild steel scrap, aluminium murni, Fe-Mn medium C, dan Fe-C. Variasi kadar Si yang ditambahkan adalah 0,5%, 1,0% dan 1,5%. Pengujian yang dilakukan adalah uji struktur mikro dan uji mekanik.

Hasil Penelitian menunjukkan bahwa paduan Fe-7,5Al-5Mn berstruktur dupleks α/γ , dimana semakin tinggi kadar Si struktur ferit (α) semakin luas. Kekuatan tarik paduan berkisar 61,78-69,56 MPa, regangan 20,8-30,65%, kekerasan 220-230 VHN, harga impact 20-30 J dan densitas berkisar 6,9-7,2 kg/cm³ Semakin tinggi kadar Si kekuatan tarik dan kekerasan semakin tinggi sedangkan harga impact dan densitas semakin menurun.

Kata kunci: paduan Fe-Al-Mn, baja ringan, struktur mikro dan sifat mekanik

PENDAHULUAN

Dalam industri otomotif telah diketahui bahwa berat peralatan dan konsumsi bahan bakar mempunyai hubungan yang linier. Penurunan berat peralatan berimbas pada peningkatan efisiensi dan performance. Karena alasan inilah maka disain peralatan diarahkan pada disain *mass targets*. Disain *mass target* dapat dicapai dengan penggantian komponen yang mempunyai densitas tinggi dengan bahan-bahan yang mempunyai densitas lebih rendah.

Pengembangan teknologi otomotif pada dekade ini diarahkan pada teknologi masa depan dimana prioritas diarahkan pada disain yang ringan sekaligus aman [Frommeyer, 2000]. Material dan teknik untuk mengurangi berat kendaraan adalah bagian dari praktek rekayasa rutin otomotif. Baja adalah material teknik yang meliputi 64% penggunaan material dalam industri otomotif [Frommeyer, 2000]. Teknologi besi dan baja maju dikembangkan secara substansial selama dekade terakhir. Baja paduan aluminium merupakan focus kajian material dalam industri otomotif.

Aluminium keberadaannya sangat melimpah, yaitu merupakan unsur terbesar ketiga di bumi, sehingga harganya relatif murah [Shackelford, 1993], sedangkan Indonesia merupakan salah satu Negara dengan cadangan aluminium terbesar di dunia. Unsur aluminium

dalam baja dapat berfungsi sebagai penstabil struktur ferit [Tjong, 1986]. Disamping aluminium adalah unsur yang murah dan mudah diproduksi, penambahan aluminium dalam baja akan meningkatkan ketahanan terhadap oksidasi dan reduksi [Baligheid, 2007]. Penambahan aluminium dalam baja juga dapat menurunkan densitas (penurunan 10% densitas dicapai pada penambahan aluminium sebesar 10%). Penurunan densitas 10-25% dapat dicapai dengan penambahan aluminium lebih dari 10% [Kobayashi, 2005]. Sedangkan mangan (Mn) disamping sebagai penstabil austenite, juga berfungsi untuk memperbaiki sifat *hot workability* dan *ductility* [Leslie, 1987]. Stabilitas austenit juga dapat ditingkatkan dengan penambahan karbon dalam sistem paduan. Penambahan sampai 1% karbon memberikan kontribusi terhadap kekuatan secara cukup signifikan [Prakash, 2007].

Unsur Al dengan densitas yang sangat rendah yaitu 2,7 kg/cm³ telah terbukti dapat menurunkan densitas baja hingga 16% [Sikka, 1993]. Kekuatan baja paduan Al sangat tinggi akan tetapi ketangguhan sangat rendah, sedangkan ketahanan korosi baja paduan Al sangat tinggi setara dengan baja tahan karat konvensional. Penelitian ini mencoba memperbaiki sifat ketangguhan baja paduan Al dengan menambahkan unsur penguat Mn dan Si.

TINJUAN PUSTAKA

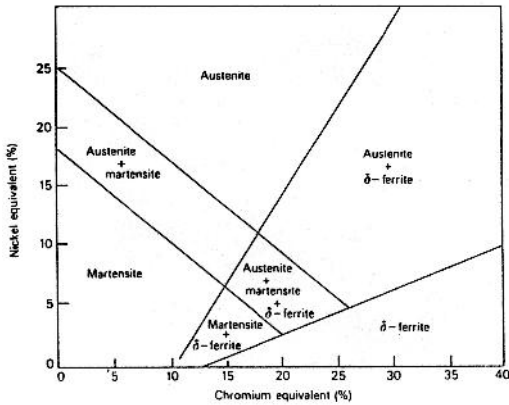
Menurut Leslie (1983), untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas mengenai struktur yang akan terbentuk pada sistem paduan terner dapat didekati menggunakan diagram fasa Fe-Cr-Ni (Gambar 2). Selanjutnya, Novak (1977) menyebutkan, bahwa untuk mengetahui pengaruh penambahan unsur dalam paduan biner terhadap fasa γ yang dihasilkan, dapat mengacu pada daftar periodik unsur-unsur. Sedangkan Honeycombe dan Badeshia (1995), mengatakan bahwa unsur-unsur yang berperan sebagai pembentuk struktur ferit disebut sebagai Cr ekuivalen dan unsur-unsur yang berperan sebagai pembentuk struktur austenit disebut sebagai Ni ekuivalen yang secara umum dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Cr ekuivalen} = (\text{Cr}) + 2(\text{Si}) + 1,5(\text{Mo}) + 5(\text{V}) + 5,5(\text{Al}) + 1,75(\text{Nb}) + 1,5(\text{Ti}) + 0,75(\text{W})$$

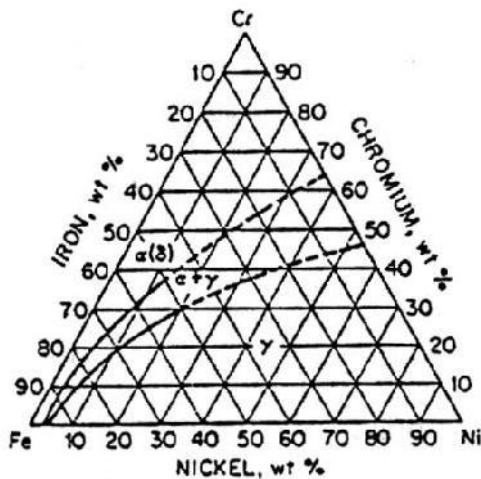
$$\text{Ni ekuivalen} = (\text{Ni}) + (\text{Co}) + 0,5(\text{Mn}) + 0,3(\text{Cu}) + 25(\text{N}) + 30(\text{C})$$

Menurut Novak (1977), unsur paduan yang mempunyai perilaku seperti Cr dalam sistem paduan biner Fe-Cr adalah Al, sedangkan unsur paduan yang mempunyai perilaku seperti Ni dalam sistem paduan Fe-Ni adalah Mn. Mengingat diagram kesetimbangan Fe-Al mempunyai kemiripan dengan diagram Fe-Cr dan diagram kesetimbangan Fe-Mn mempunyai kemiripan dengan diagram kesetimbangan Fe-Ni, maka diagram kesetimbangan Fe-Al-Mn (Gambar 3) juga akan mempunyai kemiripan dengan diagram kesetimbangan Fe-Cr-Ni. Menurut Avner (1987), kelarutan Al dalam γ -Fe sangat kecil dibandingkan Cr, sedangkan kelarutan Mn dalam γ -Fe adalah tak terbatas, sama seperti Ni. Hal ini berarti, untuk sistem paduan Fe-Al-Mn, Al hanya dapat ditambahkan dalam jumlah yang sangat terbatas, sedangkan Mn dapat ditambahkan dalam jumlah cukup besar.

Aluminium adalah logam reaktif yang dapat membentuk lapisan pelindung aluminium-oksida. Lapisan ini mempunyai sifat yang sangat stabil dalam lingkungan netral dan asam, tetapi rentan dalam lingkungan alkali (Fontana, 1988). Menurut Chipman (1939), paduan Al telah secara luas digunakan dalam industri, tetapi dalam baja tahan karat konvensional, Al hanya ditambahkan dalam jumlah yang kecil. Sistem paduan Fe-Al bersifat feritik pada semua temperatur (setara dengan baja tahan karat Fe-Cr). Fasa γ muncul dalam area yang sangat sempit pada penambahan Al dalam jumlah kecil ($\pm 2\%$) mulai temperatur 912°C sampai dengan 1394°C . Di bawah temperatur 400°C muncul fasa κ yang bersifat magnetik, konduktor, dengan perkecualian sifat mekanik, menurunkan kekuatan dan regangan. Menurut Palm (1995), penambahan karbon dalam sistem Fe-Al akan menstabilkan struktur B2 (FeAl). Pada temperatur tinggi unsur C berperan sebagai penstabil struktur γ dan pada temperatur rendah berfungsi sebagai pembentuk fasa κ . Sedangkan Si dan Nb merupakan penstabil kuat struktur DO₃ (Fe₃Al) (Morris dkk., 2007). Pada proses pendinginan lambat fasa γ dalam sistem paduan yang mengandung Al rendah dan C tinggi akan terdekomposisi membentuk fasa eutektik. Sedangkan pada pendinginan cepat akan trransformasi membentuk struktur martensit.

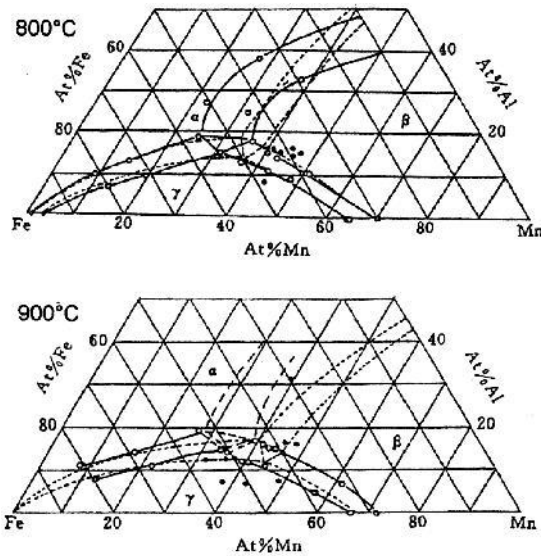


Gambar 1. Diagram Schaeffler (Honeycombe dan Badeshia, 1995)



Gambar 2. Diagram fasa Fe-Cr-Ni (Leslie,1983)

Hubungan antara Cr ekuivalen dan Ni ekuivalen digambarkan dalam diagram Schaeffler (Gambar 1).



Gambar 3. Diagram Fasa Terner Fe-Al-Mn (Chao dan Liu, 2002)

Menurut Davidson dkk. (1988), penambahan Mn pada baja tahan karat konvensional dalam jumlah besar akan menurunkan sifat-sifat paduan, tetapi dalam jumlah yang sedang akan mempunyai pengaruh yang menguntungkan, karena Mn akan berinteraksi dengan S membentuk Mn-sulfida yang akan berperan dalam meningkatkan ketahanan korosi, khususnya terhadap korosi pitting. Choo (1997), melaporkan bahwa sistem paduan Fe dengan 28-30% Mn, 8-10% Al dan 0,8-1% C di atas 850°C mempunyai struktur austenit lewat jenuh, dengan pemanasan 350-700°C struktur austenit akan terdekomposisi membentuk fasa κ $(Fe,Mn)_3AlC$ yang akan meningkatkan kekuatan luluh secara signifikan.

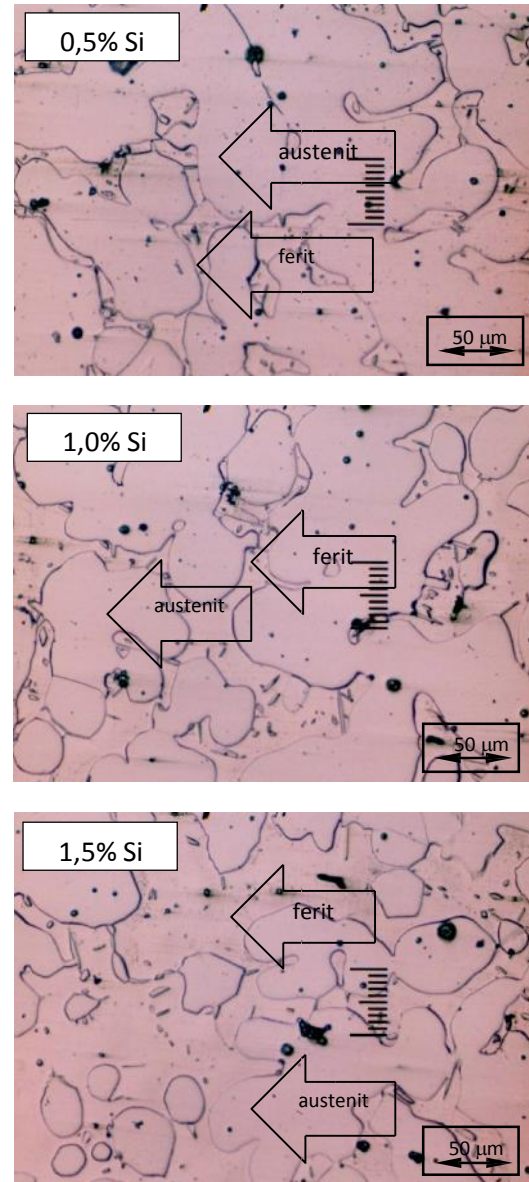
Metode Penelitian

Bahan baku peleburan menggunakan *mild steel scrap*, Fe-Mn C medium, aluminium murni dan Ferro-karbon. Proses peleburan menggunakan dapur induksi frekwensi tinggi kapasitas 50 kg dengan pelindung gas argon milik POLMAN Ceper, Klaten, Jawa Tengah. Coran dibuat dalam bentuk ingot dengan ukuran 3cm x 3cm x 20cm. Target komposisi yang akan dicapai adalah baja dengan 7,5% Al, 5%Mn, dan C 0,6% dengan variasi kadar Si 0,5%, 1,0% dan 1,5%. Perhitungan komposisi dilakukan secara manual dengan *material balance*. Coran berbentuk ingot paduan Fe-Al-Mn-Si selanjutnya dipotong menggunakan *meta-cut* dibentuk menjadi specimen uji struktur mikro diameter 14 mm tinggi 10 mm, specimen uji tarik berdasarkan standar JIS Z 2201 No.7/8 (ASTM E 8 M) specimen uji dampak berdasarkan standar JIS Z 2242 (ASTM E23 Type A), specimen uji kekerasan dan spesimen uji densitas. Foto struktur mikro dengan mikroskop optik merk Olympus milik Laboratorium Bahan Teknik

Jurusan Teknik Mesin Program D3 UGM. Uji tarik dilakukan menggunakan universal testing machine merk servopulser milik laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin S-1 UGM. Pengujian kekerasan menggunakan metoda uji kekerasan makro Vickers dan pengujian dampak menggunakan metoda Charpy.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Struktur Mikro Paduan Fe-Al-Mn



Gambar 4. Struktur mikro paduan Fe-7,5Al-5Mn-Si

Hasil pengujian struktur mikro (Gambar 4) menunjukkan bahwa paduan Fe-7,5Al-5Mn-Si cast mempunyai struktur dupleks α/γ (ferit dan austenite) dengan pola butiran fasa ferit melingkar mengelilingi butiran fasa austenit yang seragam. Fasa kapa (κ) terlihat berwarna lebih gelap di

sekeliling fasa ferit. Fasa kapa adalah senyawa intermetalik $(Fe,Mn)_3AlC$. Munculnya fasa ganda pada tiga komposisi ini disebabkan kadar Al yang hanya 7,5%, sedangkan menurut Baligidad dkk. (2007) fasa paduan akan menjadi 100% feritik pada kadar Al di atas 10%. Kadar Mn yang masih tergolong rendah dan medium juga belum dapat merubah struktur feritik menjadi austenit sempurna. Menurut Frommeyer (2000) penambahan Mn 5–10% ke dalam sistim paduan Fe-Al-C membentuk struktur duplex α/γ .

Semakin meningkat kadar Si semakin meningkat jumlah fasa ferit diiringi dengan semakin berkurangnya luas fasa austenit. Menurut Scheffler (1995), Si termasuk unsur yang tergolong dalam Cr ekivalen yang berperan sebagai penstabil fasa ferit (Gambar 1).

Menurut Honeycombe dan Badeshia (1995) kemampuan Mn sebagai pembentuk dan penstabil struktur austenit hanya separuhnya unsur Ni sehingga diperlukan Mn dalam jumlah banyak untuk dapat dicapai struktur austenit sempurna.

2. Sifat Mekanik Paduan Fe-Al-Mn

Tabel 1. menunjukkan sifat mekanik paduan Fe-7,5Al-5Mn-Si. Kekuatan tarik paduan Fe-7,5Al-5Mn-Si berkisar 61,78-69,56 kg/mm² dan regangan berkisar 20,8-30,65%. Kekuatan tarik paduan semakin meningkat dengan semakin meningkatnya kadar Si sedangkan regangan semakin menurun. Hal ini seperti yang dikatakan oleh Shackelford (1993) dimana penambahan unsur Si dalam baja yang akan membentuk larutan padat dapat meningkatkan kekuatan secara cukup signifikan. Peningkatan kadar Si menyebabkan peningkatan jumlah fasa ferit dalam baja. Kadar Mn yang cukup tinggi, yang akan menyebabkan pembentukan fasa kappa (K) di sekeliling fasa ferit juga berperan terhadap peningkatan kekuatan paduan.

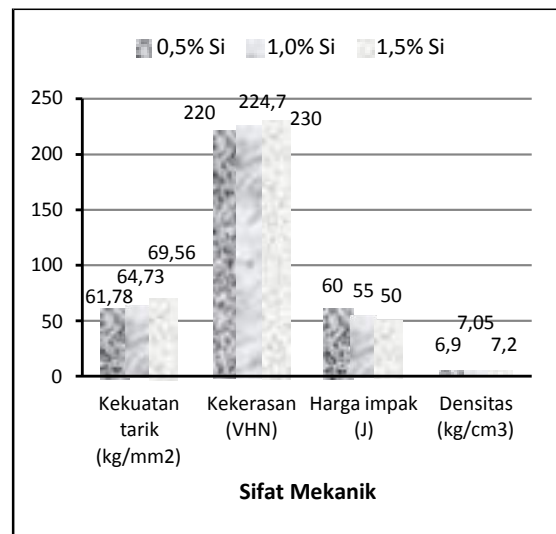
Nilai kekerasan paduan berkisar 220-230VHN, mempunyai karakteristik linier dengan kekuatan tarik dimana semakin tinggi kekuatan tarik paduan kekerasan paduan akan semakin besar. Hal ini adalah fenomena umum yang terjadi pada baja.

Tabel 1. Sifat mekanik paduan Fe-7,5Al-5Mn

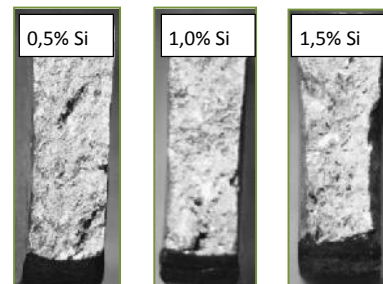
Kadar Si (% berat)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekerasan (VHN)	Harga impak (J)	Densitas (kg/cm ³)
0,5	61,78	220,0	30	6,90
1,5	64,73	224,7	25	7,05
1,5	69,56	230,0	20	7,20

Hasil uji impak Charpy paduan Fe-7,5Al-5Mn-Si terlihat pada Tabel 1. Nilai impak tertinggi

terjadi pada paduan dengan kadar Si 0,5% yaitu sebesar 60J dengan kecenderungan semakin menurun dengan semakin tinggi kadar Si. Solid solution Si menjadi penyebab fenomena penurunan nilai impak pada kadar Si yang lebih tinggi. Pada kadar Si yang lebih rendah struktur didominasi oleh austenite sedangkan pada kadar Si yang lebih tinggi struktur ferit lebih mendominasi akan tetapi bersamaan dengan itu struktur kappa menjadi lebih banyak. Hal inilah yang menyebabkan walaupun struktur ferit mendominasi akan tetapi bertambah besarnya jumlah fasa kappa memberikan efek yang lebih besar terhadap penurunan nilai impak paduan.



Gambar 5. Histogram sifat mekanik paduan Fe-7,5Al-5Mn-Si



Gambar 6. Permukaan patah specimen uji impak

Jika dilihat bentuk permukaan patah specimen impak (Gambar 6) maka paduan Fe-7,5Al-5Mn-Si mempunyai karakteristik tangguh yang terbukti dengan nilai impak yang tinggi dan permukaan patah yang menunjukkan adanya *necking* sebelum patah.

Pada Gambar 5 terlihat bahwa semua paduan Fe-7,5Al-5Mn-Si mempunyai densitas yang lebih rendah dari baja konvensional yaitu berkisar 11,5-16,9% (6,9 – 7,2 g/cm³) dengan kecenderungan semakin tinggi kadar Si densitas semakin rendah. Fenomena ini disebabkan

persentasi kadar Al dalam paduan Fe-7,5Al-5Mn-Si dimana Al merupakan logam yang sangat ringan dengan densitas 2,7 g/cm³ jauh di bawah densitas Fe. Penurunan densitas merupakan salah satu aspek yang sangat menguntungkan dimana penurunan berat pada berbagai konstruksi akan meningkatkan efisiensi secara cukup signifikan (Frommeyer, 2000). Peningkatan kadar Si yang mempunyai densitas 2,3 juga menjadi penyebab penurunan densitas, dimana semakin tinggi kadar Si densitas semakin menurun.

UCAPAN TERIMAKASIH

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

DARTAR PUSTAKA

Avner, H.S., 1987, *Introduction to Physical Metallurgy*, McGraw-Hill Inc., Singapore.

Baligheid, R.G., Prakash, U., Ramakrishna Rao, V., Rao, P.K., and Ballal N.B., 1996, *Effect of Carbon Content on Mechanical Properties of Electroslag Remelted Fe3Al Based Intermetallic alloys*, Vol. 36, No. 12, 1453-1458.

Baligheid, R.G., Prakash, U., and Radha Krishna, 1998, *Effect of Carbon Addition on Structure and Mechanical Properties of Electroslag Remelted Fe-20wt.%Al alloy*, Vol. 249, No. 1-2, 97-102.

Chao, Y.C., and Liu, C.H., 2002, *Effect of Mn Content on the Microstructure and Mechanical Properties of Fe-10Al-xMn-1.0C Alloy*, Materials Transactions, Vol. 3, No. 10, pp. 2635-2642.

Davidson, R.M., DeBold, T. dan Johnson, M.J., 1988, *Corrosion of Stainless Steel*, dalam ASM Handbook, Metals Park, Ohio

Environmentalchemistry.com,2008, Environmental, *Chemistry & Hazardous Materials News, Careers & Resources*, Periodic Table of Elements.

Fontana, G.M., 1988, *Corrosion Engineering*, 3th ed., McGraw Hill Inc., Singapore.

Frommeyer, 2000, *Physical and Mechanical Properties of Iron-Aluminium-(Mn-Si) Lightweight Steels*, The 1999 ATS International Steelmaking Conference, Paris. Sec.4.

Prakash, U. Buckley, R.A., Jones, H. and Sellars, C.M., 1991, *Structure and Properties of Ordered Intermetallics Based on the Fe-Al System*, ISIJ Int., vol 31, no. 10, 1113-1126.

Shackelford, J.F., 1992, *Introduction to Material Science for Engineers*, 3th ed., McMillan Publishing Company, New York.

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.

Kobayashi, S., Zaefferer, S., Schneider, A., Raabe, D., and Frommeyer, G., 2005, *Optimisation of Precipitation for Controlling Recrystallization of Wrought Fe3Al Based Alloys*, Intermetallics, 13, 1296-1303.

Leslie, T., 1983, *The Physical Metallurgi of Steels*, John Willey and Sons Inc., New York.

Sikka, V.K., Viswanathan, S., and McKamey, C.G., 1993, in 'Structural Intermetallic', (ed. R. Darolia et al.), Warrendale, PA, TMS. pp. 483-491

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.

