

PENGARUH TEMPERATUR ANIL TERHADAP KETANGGUHAN DAN KETAHANAN KOROSI KANDIDAT BAJA RINGAN PADUAN Fe-Al-Mn-Si

*Ratna Kartika Sari, Sutrisna

Jurusan Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta

Jl. Babarsari, CT, Depok, Sleman-Yogyakarta 55281, Telp. 0274 485390, Fax. 0274 487249

*E-mail: kartikafajar@yahoo.com

ABSTRACT

The world energy crisis led to the behavior of the industry aimed at improving the efficiency of the energy savings. Reduction in weight of the equipment impacts on improving efficiency and performance. For this reason, the design of vehicle aimed at the design of mass targets. Steel is the material which includes 64% of engineering materials use in the automotive industry. The addition of aluminum in steel has been shown to lower the density of alloy up to 20%. However, toughness alloys is still very low. This study examines the influence of heat treatment temperature on toughness and corrosion resistance Fe-Al-Mn-Si alloys.

Heating process is carried out at a temperature of 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C, 1050°C, for 60 minutes, followed by cooling in the muffle furnace. Tests were carried out which the test of chemical composition, microstructure test, impact test, and corrosion test using a three-electrode polarization cell method in 0.5% NaCl solution.

The results showed that the Fe-Al-Mn-Si alloy has a structure of austenite to ferrite dispersed at random, where the higher the temperature structure is austenitic alloys. Highest value of impact toughness alloys Fe-Al-Mn-Si at a temperature that is equal to 3.7 J/mm² 1050°C and higher impact value with the higher annealing temperature. Highest corrosion rate on alloy of 0.05 mm / year and the lowest corrosion rate of 0.075 mm / year. This value indicates that the corrosion rate of these alloys have excellent corrosion resistance levels.

Keywords: energy savings, mass target design, Fe-Al-Mn-Si alloy

1. 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 [1,2]. 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 [2]. Teknologi besi dan baja maju dikembangkan secara substansial selama dekade terakhir. Baja paduan aluminium merupakan focus kajian material dalam industry otomotif.

Aluminium keberadaannya sangat melimpah, yaitu merupakan unsur terbesar ketiga di bumi, sehingga harganya relatif murah [3]. Unsur aluminium dalam baja dapat berfungsi sebagai penstabil struktur ferit [4,5]. Disamping aluminium adalah unsur yang murah dan mudah diproduksi, penambahan aluminium dalam baja akan meningkatkan ketahanan terhadap oksidasi dan reduksi [1]. Penambahan aluminium dalam baja juga dapat menurunkan densitas (penurunan 10% densitas dicapai pada penambahan aluminium sebesar 10%) [1]. Penurunan densitas 10-25% dapat dicapai dengan penambahan aluminium lebih dari 10% [6]. Sedangkan mangan (Mn) disamping sebagai penstabil austenit, penambahan Mn ke dalam sistem paduan akan memperbaiki sifat hot workability dan ductility [7]. Stabilitas austenit juga dapat ditingkatkan dengan penambahan karbon dalam sistem paduan. Penambahan sampai 1% karbon memberikan kontribusi terhadap kekuatan secara cukup signifikan [8]. Paduan Fe-Al-Mn lebih jauh dapat ditingkatkan kekuatannya dengan ageing heat-treatment [9]. Dilaporkan pula bahwa paduan ini mempunyai densitas 20% lebih ringan daripada stainless steel konvensional. Selain sifat mekanik yang baik paduan ini juga dilaporkan mempunyai ketahanan oksidasi yang sangat baik sampai dengan temperatur 850oC [4].

Unsur Al dengan densitas yang sangat rendah yaitu 2,7 kg/cm² telah terbukti dapat menurunkan densitas baja hingga 16% [10]. 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 yang dilanjutkan dengan proses anil, disamping itu ketahanan korosi menjadi salah satu focus kajian pada penelitian ini.

2. METODE PENELITIAN

Bahan baku peleburan terdiri dari 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, 0,5% Si dan C 0,6%. 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., uji impak berdasarkan standar JIS Z 2242 (ASTM E23 Type A) dan specimen uji korosi dengan ukuran diameter 14 mm tinggi 3 mm berdasarkan standar ASTM G31. Proses anil dimulai dengan pemanasan pada temperatur 850oC, 900oC, 950oC, 1000oC, 1050oC, ditahan selama 60 menit dan diikuti dengan pendinginan di dalam dapur. Uji korosi dilakukan dengan metoda polarisasi sel tiga elektroda. Foto struktur mikro dengan mikroskop optik merk Olympus milik Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin Program D3 UGM.

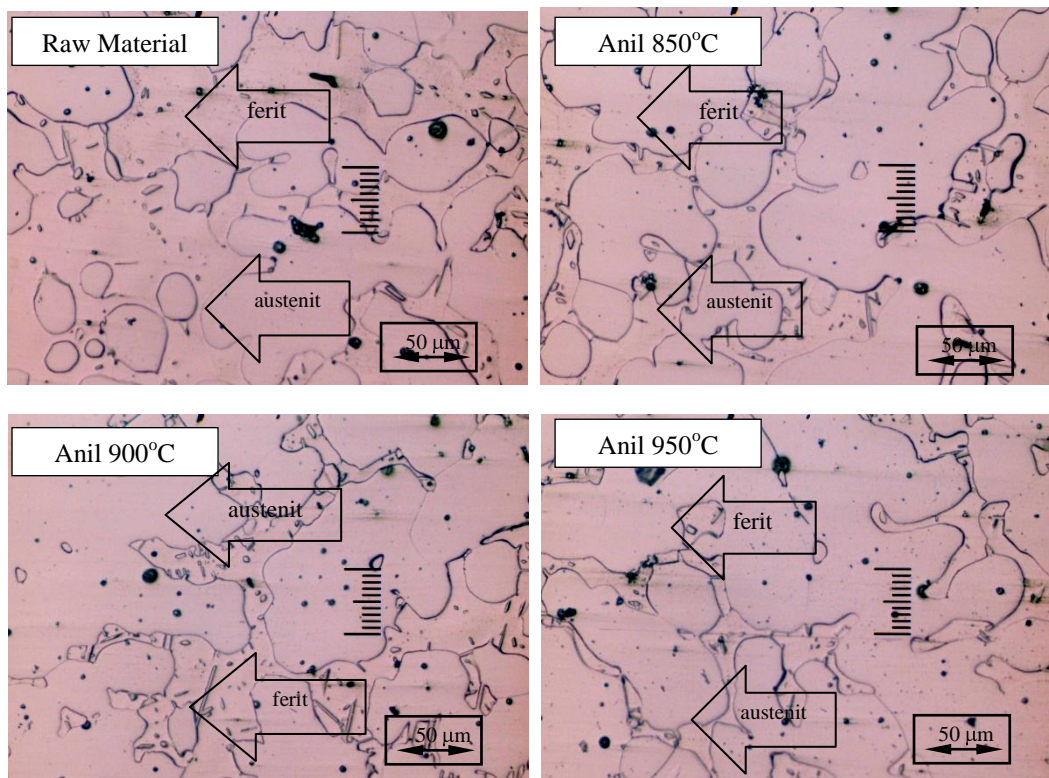
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

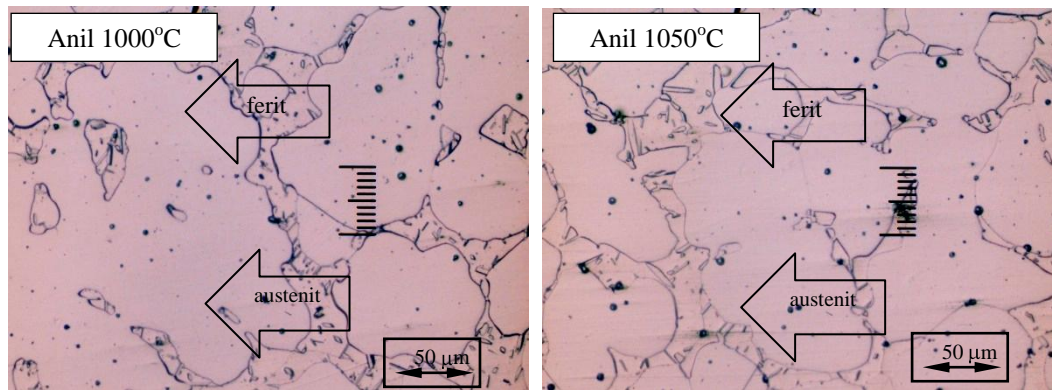
Komposisi paduan terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi paduan Fe-Al-Mn-Si

Unsur	Al	Mn	C	Si	P	S	Fe
% berat	7,5	5	0.55	0.5	0.02	0.01	Bal.

Hasil pengujian struktur mikro (Gambar 1) menunjukkan bahwa paduan Fe-Al-Mn-Si *as cast* mempunyai sturktur austenit dan ferit. Seperti telah dilaporkan bahwa sampai dengan kadar Mn 15% struktur mikro paduan masih terdiri dari austenite dan ferit (dupleks α/γ), dimana semakin tinggi kadar Mn struktur austenite semakin mendominasi dan struktur akan sempurna menjadi austenite pada kadar Mn 25% [1]. Keberadaan kedua fasa ini terutama disebabkan adanya unsur Mn (5%) sebagai penstabil austenite dan unsur Al (7,5%) sebagai penstabil ferit. Walaupun tidak terlalu signifikan ada kecenderungan semakin tinggi temperatur anil struktur austenit semakin luas. Hal ini berkaitan dengan peran Mn sebagai penstabil austenit.



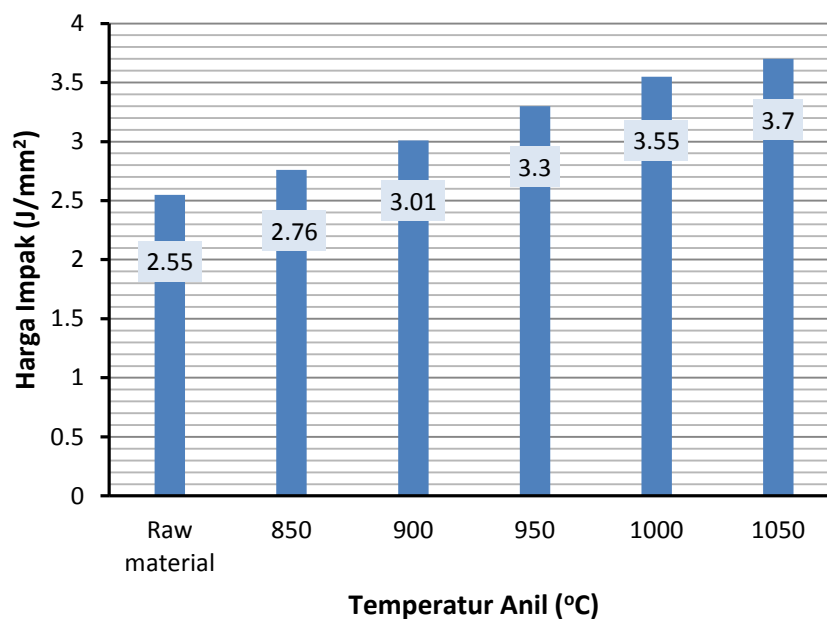


Gambar 1. Struktur mikro paduan Fe-Al-Mn-Si.

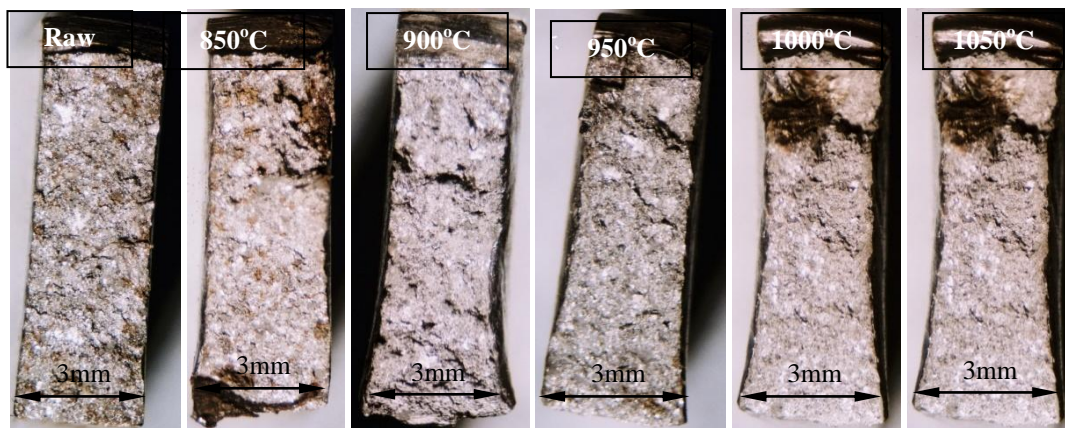
3.1 Ketangguhan Paduan Fe-Al-Mn-Si

Pengujian impak dilakukan untuk mengetahui ketahanan bahan terhadap beban kejut (ketangguhan) paduan Fe-Al-Mn-Si. Pengaruh temperatur terhadap harga impak paduan Fe-Al-Mn-Si dapat dilihat pada Gambar 2. Paduan Fe-Al-Mn-Si mempunyai nilai ketangguhan sebesar $2,55 \text{ J/mm}^2$. Pemanasan pada 850°C selama 60 menit menyebabkan peningkatan ketangguhan sebesar 9%, semakin tinggi temperatur pemanasan ketangguhan semakin tinggi dan mencapai nilai tertinggi pada pemanasan 1050°C dengan nilai ketangguhan sebesar $3,7 \text{ J/mm}^2$. Hal ini disebabkan semakin tinggi temperature anil fasa austenite semakin luas dan mendominasi, sedangkan fasa ferit semakin sempit. Fasa austenite mempunyai struktur kristal FCC sedangkan fasa ferit mempunyai struktur BCC. Ruang gerak atom-atom dalam sistim kristal FCC lebih luas daripada ruang gerak atom-atom dalam sistim kristal BCC. Fenomena ini menyebabkan nilai ketangguhan paduan Fe-Al-Mn-Si akan semakin tinggi dengan semakin tinggi temperatur anil.

Penampang patah spesimen uji impak menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur anil terjadi transisi dari getas ke ulet. Pada raw material penampang patah cenderung lebih getas, walaupun terjadi *necking* namun persentasenya masih jauh lebih kecil dibanding setelah proses anil. Terlihat bahwa penampang paling ulet adalah spesimen anil pada temperatur 1050°C .



Gambar 2. Pengaruh temperatur terhadap ketangguhan impak paduan Fe-Al-Mn-Si



Gambar 3. Permukaan patah spesimen uji dampak paduan Fe-Al-Mn-Si

3.2 Ketahanan Korosi Paduan Fe-Al-Mn-Si

Pengujian korosi dilakukan dengan metoda polarisasi sel tiga elektroda. Media yang digunakan adalah larutan 0,5% NaCl. Potensial yang terukur dari suatu logam yang terkorosi adalah potensial gabungan dari anoda dan katoda yang terpolarisasi dan disebut potensial korosi (E_{corr}). Besarnya arus pada potensial korosi disebut arus korosi (I_{corr}). Menurut hukum Faraday laju korosi dari suatu anoda adalah sebanding dengan arus korosi. Laju korosi biasanya dinyatakan dengan laju pengurangan berat luas dan laju penipisan, satuan yang biasa digunakan adalah mpy (*mils per year*). Hubungan antara rapat arus dengan laju korosi dapat dihitung dengan rumus (Jones, 1996):

$$R = 0,129 \frac{I_{corr} (Ew)}{\rho}$$

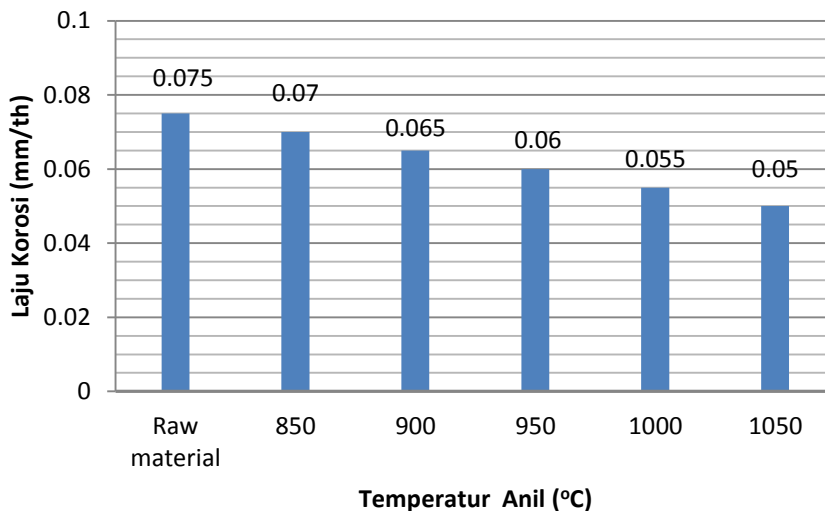
- Keterangan: R = Laju korosi (mpy)
 I_{corr} = Rapat arus korosi ($\mu A/cm^2$)
 ρ = Berat jenis ($gram/cm^3$)
 Ew = Berat ekuivalen ($gram/ekivalen$)

Berat ekuivalen untuk logam paduan oleh Jones (1996) dirumuskan sebagai berikut:

$$EW = 1/N_{EQ}$$

$$N_{EQ} = \frac{n_i f_i}{a_i}$$

- dimana: n_i = valensi
 f_i = fraksi berat
 a_i = berat atom



Gambar 4. Histogram Laju Korosi paduan Fe-Al-Mn-Si

Tabel 2. Tingkat Ketahanan Korosi Berdasarkan Harga MPY [11].

Tingkat Ketahanan Korosi	MPY	Konversi ke satuan-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 +

Data hasil perhitungan laju korosi menunjukkan bahwa laju korosi tertinggi terjadi pada *raw material* yaitu sebesar 0,075 mm/th dan akan semakin menurun dengan semakin tinggi temperatur anil yaitu dari laju korosi sebesar 0,07 mm/th hingga 0,05 mm/th. Hal ini disebabkan struktur mikro *raw material* masih banyak mengandung fasa ferit, dan struktur ferit akan semakin berkurang dengan semakin tinggi temperatur anil sedangkan struktur paduan didominasi oleh struktur austenit. Jika dipersentasi maka terjadi penurunan laju korosi yang cukup signifikan yaitu sebesar 33,33% pada anil 1050°C. Selain perubahan struktur kearah austenitik proses anil juga menyebabkan homogenisasi struktur, penghilangan tegangan sisa dan pelarutan struktur dendritik sehingga laju korosi akan semakin menurun artinya logam paduan akan lebih tahan korosi setelah paduan mengalami proses anil daripada paduan dalam keadaan *as cast*. Secara keseluruhan, menurut Fontana (Tabel 2), laju korosi paduan Fe-Al-Mn-Si baik sebelum maupun sesudah anil termasuk dalam kategori sangat baik (0,05-0,075 mm/th).

4. KESIMPULAN

Peningkatan temperatur anil dari 850-1050°C menstabilkan fasa austenit, meningkatkan ketangguhan dan ketahanan korosi paduan Fe-Al-Mn-Si. Proses anil pada temperatur 1050°C menghasilkan ketangguhan dan ketahanan korosi yang terbaik.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Dirjen Dikti, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah membiayai penelitian ini melalui program penelitian Hibah Bersaing.

6. REFERENSI

- [1] Frommeyer, 2000, *Physical and Mechanical Properties of Iron-Aluminium-(Mn-Si) Lightweight Steels*, The 1999 ATS International Steelmaking Conference, Paris. Sec.4.
- [2] DeCicco, J.M., 2005, *Steel and Iron Technology for Automotive Lightweighting*, Environmental Defence.
- [3] Shackelford, J.F., 1992, *Introduction to Material Science for Engineers*, 3th ed., McMillan Publishing Company, New York.
- [4] Kao, C.H., dan Wan C.M., 1988, Effect of Manganese on the oxidation of Fe-Mn-Al-C Alloys, *Journal of Materials Science*, Vol. 23, Hal.: 744-752.
- [5] Bailey, W.D., dan Zimmer, J.M., 2006, Aluminum-manganese-iron stainless steel alloy, Patent # 4865662, Patent Genius.
- [6] Perlade, A. dan Maugis, P., 2005, *Development of Lightweight High Strength Steels*, Arcelor Research, Automotive Product Research Center, Toulouse.
- [7] Smith, W. F., 1993, *Structure and Properties of Engineering Alloys*, 2nd ed., McGraw-Hill, Inc., New York.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] Ratna Kartikasari, 2011, *Rekayasa Paduan Fe-Al-Mn sebagai Pengganti Baja Tahan Karat Austenitik SS 304*.
- [11] Fontana, G.M., 1988, *Corrosion Engineering*, 3th ed., McGraw Hill Inc., Singapore.