

STUDI PENGARUH TEMPERATUR PROSES AUSTEMPER TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN, DAN KETAHANAN KOROSI PADUAN FE-5,2AL-0,6C

Abdul Qohar*¹, Ratna Kartikasari², Agus Dwi Iskandar³
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Jl Babarsari No. 1 Depok Sleman, Yogyakarta, Telp (0274) 485390
e-mail : *¹okabdul09@gmail.com, ²kartikafajar@yahoo.com, ³adiskandar@gmail.com

Abstrak

Paduan Fe-Al-C merupakan paduan baru yang diharapkan dapat menggantikan stainless steel, dimana unsur aluminium menggantikan unsur kromium yang harganya relatif mahal. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan paduan Fe-Al-C sebagai pengganti paduan Fe-Cr-C dan mengetahui korelasi antara temperatur austemper dengan struktur mikro, kekerasan, dan ketahanan korosi. Bahan yang digunakan adalah baja paduan Fe-5,2Al-0,6C. Proses austemper dimulai dengan pemanasan sampai temperatur 900°C selama 1 jam, dilanjutkan dengan proses quenching dalam media garam cair pada temperatur 150°C, 200°C, 250°C, 300°C, dan 350°C. Pengujian yang dilakukan adalah uji komposisi, struktur mikro, kekerasan, dan ketahanan korosi dalam media larutan NaCl 9%. Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan jumlah unsur Fe 92,48%, Al 5,2%, dan C 0,61% sehingga termasuk baja paduan sedang. Pengamatan struktur mikro menunjukkan paduan ini mempunyai struktur ferit dan perlit pada semua spesimen. Nilai kekerasan tertinggi paduan Fe-5,2Al-0,6C terjadi pada spesimen raw material yaitu sebesar 208,6 kg/mm². Sedangkan nilai kekerasan terendah terjadi pada spesimen austemper 150°C sebesar 182,8 kg/mm². Proses austemper secara keseluruhan menurunkan nilai kekerasan paduan Fe-5,2Al-0,6C. Nilai laju korosi yang terjadi pada spesimen paduan Fe-5,2Al-0,6C baik raw material maupun setelah proses austemper 150°C, 200°C, 250°C, 300°C, dan 350°C, berdasarkan harga tabel MPY ketahanan korosi keseluruhan spesimen termasuk kategori kurang baik (1-5 mm/th).

Kata kunci— Paduan Fe-5,2Al-0,6C, Austemper, Struktur Mikro, Kekerasan, dan Ketahanan Korosi.

Abstract

Fe-Al-C alloy is a new alloy which is expected to replace stainless steel, where aluminum elements replace chromium which is relatively expensive. This study aims to produce Fe-Al-C alloy as a substitute for Fe-Cr-C alloy and determine the correlation between austemper temperature with microstructure, hardness, and corrosion resistance. The material used is Fe-5.2Al-0.6C alloy steel. Austemper process starts with heating to 900 °C for 1 hour, followed by quenching process in liquid salt media at temperatures of 150 °C, 200 °C, 250 °C, 300 °C, and 350 °C. The tests carried out were composition test, microstructure, hardness, and corrosion resistance in the medium of 9% NaCl solution. The results of chemical composition testing showed that the amount of Fe 92.48%, Al 5.2%, and C 0.61% so that it included medium alloy steel. Microstructure observation shows this alloy has ferrite and perlite structures in all specimens. The highest hardness value of Fe-5.2Al-0.6C alloy occurs in raw material specimens which is 208.6 kg / mm². Whereas the lowest hardness value occurred in austemper specimens of 150 °C at 182.8 kg / mm². The overall austemper process decreases the hardness value of Fe-5.2Al-0.6C alloy. Corrosion rate values that occur in Fe-5.2Al-0.6C alloy specimens both raw material and after austemper process 150 °C, 200 °C, 250 °C, 300 °C, and 350 °C, based on MPY table prices overall corrosion resistance of specimens included in the category not good (1-5 mm / year).

Keywords— Alloy Fe-5,2Al-0,6C, Austemper, Microstructure, Hardness, and Corrosion Resistance.

1. PENDAHULUAN

Paduan Fe-Al-C adalah material baru yang dapat menggantikan *stainlees steel* dimana kandungan alumunium (Al) sebagai pengganti Cr (*chromium*) yang ada pada *stainlees steel* yang harganya relatif mahal dibanding dengan alumunium (Al). Sebagaimana diketahui alumunium (Al) merupakan unsur ketiga di bumi dan harganya relatif murah. Alumunium juga telah dikenal dapat berperan sebagai penstabil struktur *ferrite*, dan penambahan alumunium (Al) pada sistem paduan dapat meningkatkan ketahanan korosi dan oksidasi. Karbon berfungsi untuk meningkatkan kekuatan dalam paduan Fe-Al-C. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya diketahui baja paduan Fe-Al-C memiliki sifat keras tetapi getas. Untuk memperoleh kombinasi antara kekuatan, keuletan dan ketangguhan yang tinggi maka dilakukan proses austemper. Tujuan proses austemper adalah meningkatkan *ductility*, ketahanan impak, dan mengurangi distorsi. Struktur yang dihasilkan adalah bainit. Austemper adalah proses perlakuan panas yang dikembangkan langsung.

2. METODE PENELITIAN

Bahan baku penelitian adalah baja paduan Fe-5,2Al-0,6C dalam bentuk ingot dengan ukuran 3cm x 3cm x 20cm. Pengujian komposisi kimia dilakukan menggunakan alat *spectrometer* milik PT. Itokoh Ceperindo, Klaten. Baja paduan Fe-5,2Al-0,6C selanjutnya dipotong membentuk spesimen uji struktur mikro dan kekerasan dengan ukuran panjang 20mm tinggi 10mm berdasarkan standar ASTM E92 dan uji ketahanan korosi dengan ukuran panjang 10mm tinggi 10mm berdasarkan standar ASTM G31. Proses *austemper* dimulai dengan proses pemanasan sampai temperatur 900°C selama 1 jam kemudian dicelupkan dalam cairan garam (KOH 65% + NaOH 35%). Pada proses *austemper* semua spesimen uji ditahan selama 15 menit pada variasi temperatur yaitu : 350°C, 300°C, 250°C, 200°C, 150°C, dan dilanjutkan pendinginan didalam air. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian struktur mikro menggunakan alat mikroskop optik merk Olympus milik Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin Program D3 UGM , uji kekerasan dengan metode *Vickers*, dan ketahanan korosi dalam media NaCl 9%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Komposisi Paduan

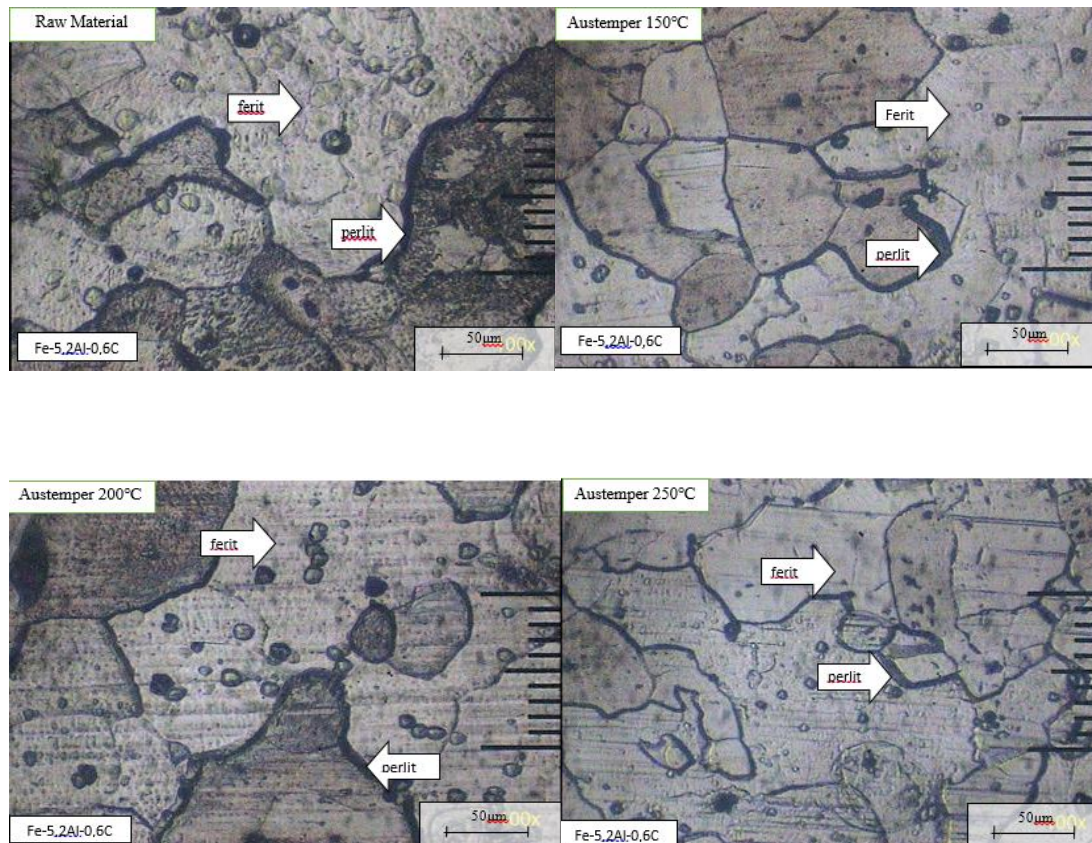
Tabel 1. Komposisi Kimia Paduan Fe5,2Al-0,6C

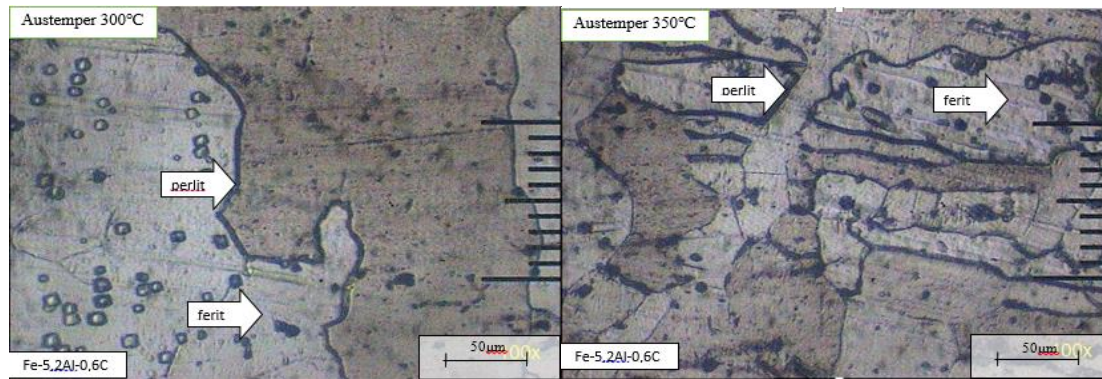
Unsur	W (% berat)
Fe	92,48
Al	5,2
C	0,61
Mn	0,04
P	0,02
S	0,04
Si	1,16
Cr	0,08
Cu	0,32
N	0,01
Mo	0,01
Sb	0,02
Zn	0,01
Total	100%

Hasil pengujian komposisi kimia di PT. Itokoh Ceperindo menunjukkan bahwa spesimen yang diteliti adalah baja paduan Fe-5,2Al-0,6C. Paduan Fe-5,2Al-0,6C mengandung unsur paduan utama Al sebesar 5,2, unsur C sebesar 0,61 dan unsur Si sebesar 1,16%. Sehingga jumlah total unsur paduan yang terkandung dalam paduan ini sebesar 6,97 % termasuk baja paduan sedang (Smallman, 2000). Unsur Al sebesar 5,2 % dalam paduan ini, mampu meningkatkan ketahanan korosi sekaligus berfungsi sebagai penstabil ferit (Tata Surdia, 2000). Jumlah unsur C yang terkandung pada paduan ini mencapai 0,61% akan membuat paduan ini memiliki kekerasan yang cukup tinggi dan jumlah kandungan unsur silikon (Si) yang melebihi 0,40% menyebabkan nilai elastisitas yang lebih rendah. Unsur kandungan mangan (Mn) yang mencapai 0,04% pada paduan ini dapat meningkatkan kekuatan, kekerasan dan ketangguhan (Smallman, 2000).

3.2. Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan dengan pengamatan pada benda uji menggunakan mikroskop optik setelah benda uji di etsa. Zat kimia yang digunakan untuk etsa adalah HNO₃ 5 %. Benda uji tersebut terdiri dari 6 buah spesimen dengan masing-masing 1 raw material, dan spesimen untuk proses austemper masing-masing 1 buah pada variabel temperatur 150°C, 200°C, 250°C, 300°C, dan 350°C. Pengujian struktur mikro dilakukan dengan perbesaran 100X. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui struktur mikro paduan Fe-5,2Al-0,6C yang membentuk karakteristik dari benda yang dihasilkan. Hasil pengujian struktur mikro paduan Fe-5,2Al-0,6C dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1. Struktur Mikro Paduan Fe-5,2Al-0,6C

Hasil pengujian struktur mikro *raw material* menunjukkan bahwa paduan Fe-5,2Al-0,6C mempunyai struktur ferit dan perlit, dimana bentuk struktur ferit terlihat tidak seragam yang disebabkan pendinginan tidak seragam pada raw material karena faktor cetakan pasir serta bentuknya yang tidak homogen. Unsur Al berfungsi sebagai pembentuk dan penstabil struktur ferit, sedangkan unsur C yang sangat sedikit mendorong terbentuknya struktur perlit pada batas butir.

Proses austemper 150°C menghasilkan perubahan - perubahan ukuran butir ferit lebih kecil dengan struktur perlit berkurang pada batas butir terlihat lebih tipis disebabkan perlit larut pada saat pemanasan. Struktur mikro paduan Fe-5,2Al-0,6C pada proses austemper 200°C menunjukkan bahwa struktur ferit lebih mendominasi karena unsur karbon terdifusi dan memicu terbentuknya struktur perlit dibatas butir, dengan ukuran butirnya lebih besar. Pada proses austemper 250°C menunjukkan bahwa struktur perlit larut dan tersisa disepanjang batas butir, sehingga struktur ferit semakin banyak dengan ukuran butirnya semakin besar.

Pada proses austemper 300°C menunjukkan bahwa struktur ferit lebih dominan dibanding struktur perlit karena butiran struktur ferit lebih besar dan struktur perlit hanya terletak dibatas butir saja. Pada proses austemper 350°C menunjukkan bahwa struktur ferit masih tetap mendominasi dibanding struktur perlit, tetapi besar butir ferit lebih terlihat kecil dibandingkan proses austemper 300°C. Terlihat pada Gambar 6. struktur perlit terletak dibatas butir akan tetapi jumlahnya lebih banyak.

Dari hasil struktur mikro tersebut menunjukkan bahwa setelah proses austemper struktur bainit tidak terbentuk sama sekali dikarenakan adanya unsur aluminium sebesar 5,2%, sehingga struktur yang terbentuk lebih dominan terbentuk struktur ferit. Hal ini juga menunjukkan bahwa paduan Fe-5,2Al-0,6C bersifat non hardenable (tidak dapat dikeraskan).

3.3. Analisis Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode uji kekerasan *Vickers*. Penetrator piramida intan dengan $\alpha = 136^\circ$, ditekan ke permukaan bagian yang diukur dengan beban (P). Pengujian kekerasan ini dilakukan sebanyak tiga titik secara acak pada setiap benda uji, kemudian dianalisis kekerasan pada setiap titik dan dicari nilai kekerasan rata-ratanya. Nilai kekerasan dari spesimen uji dihitung menggunakan Rumus :

$$VHN = 1,8544 \frac{F}{D^2}$$

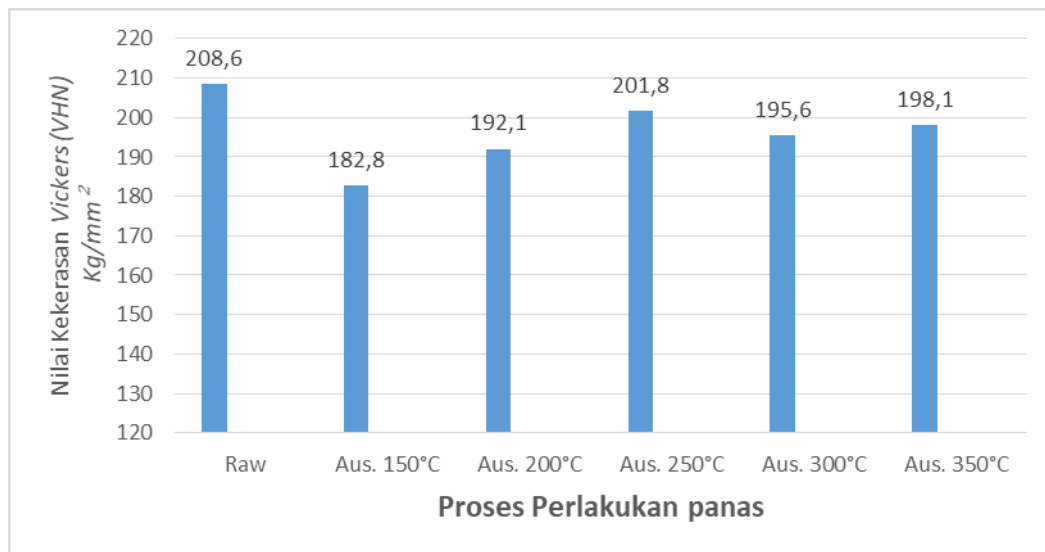
$$D = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Keterangan :

- F = Beban yang diterapkan (kg)
- D = Panjang diagonal rata-rata (mm)
- d₁ = Diagonal 1 (mm)
- d₂ = Diagonal 2 (mm)

Tabel 2. Harga kekerasan *vickers* perlakuan austemper paduan Fe-5,2Al-0,6C

No	Kode	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	D _{rata-rata} (mm)	Kekerasan (VHN) (Kg/mm ²)	Kekerasan rata-rata (Kg/mm ²)
1	Raw	0,53	0,53	0,530	198,0	208,6
		0,51	0,51	0,510	213,9	
		0,52	0,50	0,510	213,9	
2	Austemper 150°C	0,54	0,57	0,555	180,6	182,8
		0,55	0,56	0,555	180,6	
		0,54	0,55	0,545	187,3	
3	Austemper 200°C	0,54	0,55	0,545	187,3	192,1
		0,54	0,53	0,535	194,4	
		0,54	0,53	0,535	194,4	
4	Austemper 250°C	0,52	0,52	0,520	205,7	201,8
		0,53	0,52	0,525	201,8	
		0,53	0,53	0,530	198,0	
5	Austemper 300°C	0,54	0,54	0,540	190,8	195,6
		0,53	0,53	0,530	198,0	
		0,53	0,53	0,530	198,0	
6	Austemper 350°C	0,54	0,53	0,535	194,4	198,1
		0,52	0,54	0,530	198,0	
		0,53	0,52	0,525	201,8	



Gambar 2. Histogram hasil uji kekerasan paduan Fe-5,2Al-0,6C

3.4. Analisis Hasil Pengujian Ketahanan Korosi

Pengujian ketahanan korosi dilakukan dengan metode kehilangan berat dalam media larutan NaCl 9% dengan waktu perendaman 300 jam. Menurut Fontana (1987), untuk menghitung laju korosi akibat kehilangan berat dari spesimen uji dapat dihitung menggunakan Rumus (2.7) :

$$\frac{mm}{tahun} = \frac{87,6 \times W}{D \times A \times T}$$

Dimana :

W : Berat yang hilang (mg)

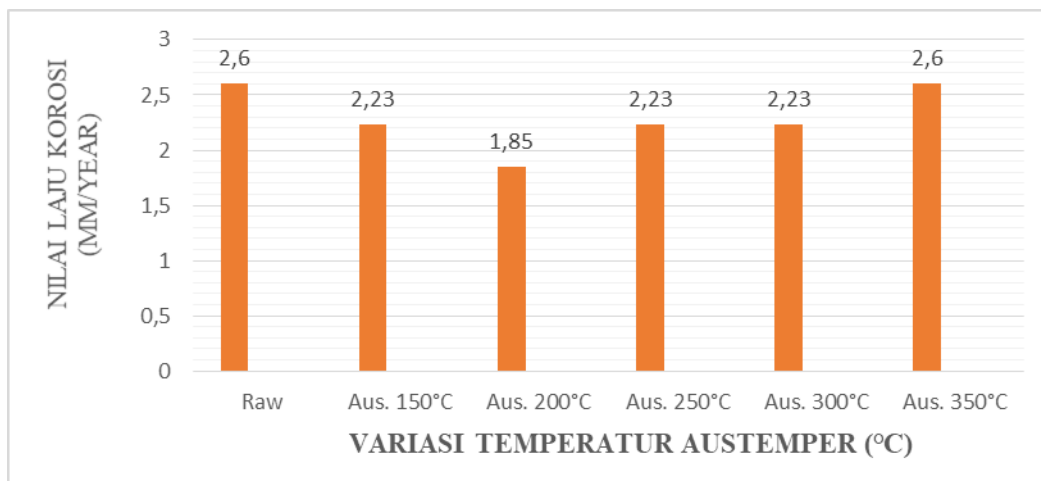
D : Massa jenis spesimen (gr/cm³)

A : Luas spesimen (cm²)

T : Waktu perendaman (jam)

Tabel 2. Laju korosi paduan Fe-5,2Al-0,6C

Variasi Temperatur	Berat Awal W _o (gram)	Berat Akhir W ₁ (gram)	Selisih Berat W (gram)	Laju Korosi (mm/year)
Raw Material	13,07	13,00	0,07	2,60
Aus. 150°C	11,64	11,58	0,06	2,20
Aus. 200°C	12,37	12,32	0,05	1,80
Aus. 250°C	13,30	13,24	0,06	2,20
Aus. 300°C	13,83	13,77	0,06	2,20
Aus. 350°C	12,78	12,71	0,07	2,60



Gambar 3. Histogram hasil uji ketahanan korosi paduan Fe-5,2Al-0,6C

Tabel 3. Tingkat ketahanan korosi berdasarkan harga MPY

Tingkat ketahanan korosi	MPY	Konversi 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 +

(Sumber Fontana, *Corrosion engineering*, 1987)

4. KESIMPULAN

1. Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa paduan Fe-5,2Al-0,6C mengandung unsur Fe sebesar 92,36%, unsur Al sebesar 5,2%, dan unsur C sebesar 0,6%. Jumlah total unsur paduan sebesar 5,8% sehingga digolongkan kedalam baja paduan sedang.
2. Hasil foto struktur mikro paduan Fe-5,2Al-0,6C terlihat spesimen *raw material* mempunyai struktur perlit dan ferit yang jumlahnya mendekati sama. Setelah proses austemper struktur yang terbentuk adalah ferit dengan bentuk butir yang semakin besar, hal ini disebabkan peran unsur aluminium sebagai pembentuk dan penstabil struktur ferit.
3. Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi paduan Fe-5,2Al-0,6C terjadi pada spesimen *raw material* yaitu sebesar 208,6 kg/mm² dan nilai kekerasan terendah terjadi pada austemper 150°C yaitu sebesar 182,8 kg/mm². Secara keseluruhan proses austemper menurunkan nilai kekerasan paduan Fe-5,3Al-0,6C.
4. Hasil pengujian korosi menunjukkan bahwa laju korosi pada spesimen *raw material*, austemper 150°C, 200°C, 250°C, 300°C, dan 350°C termasuk dalam kategori kurang baik (1-5 mm/th) berdasarkan tabel mpy (Fontana, 1987). Pada spesimen pengujian kelengkungan (*bending*), spesimen yang memiliki kekuatan lengkung terbesar adalah spesimen dengan nilai *heat input* 475,79 J/mm, sebesar 1,551 MPa. Hal ini mengindikasikan bahwa pada spesimen dengan variasi nilai *heat input* 475,79 J/mm memiliki kekuatan lengkung yang lebih baik dibandingkan spesimen yang lain dengan nilai *heat input* 505,97 J/mm, 435,55 J/mm dan *raw material*.

DAFTAR PUSTAKA

Amstead, B.H., 1989, **Teknologi Mekanik**, Terjemahan Ir. Sriati Djaprie, Edisi Ketujuh, Jilid I, Erlangga, Jakarta.
 Avner, H.S., 1974, **Introduction to Physical Metallurgy**, McGraw-Hill Inc., singapore.

- Smallman, R.E., 2000, **Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material**, Edisi Keenam, Gramedia, Jakarta.
- Tata Surdia, Saito, S., 2000, **Pengetahuan Bahan Teknik**, Cetakan Kelima, PT. Pradya Paramita, Jakarta.