

PENGARUH KECEPATAN ARUS PENGELASAN DAN PANAS MASUK TERHADAP SIFAT MEKANIS LOGAM LAS PADA PENGELASAN SAW BAJA KARBON ASTM A 29

Agus Duniawan¹, Sutrimo²

¹Jurusan Teknik Mesin IST AKPRIND Yogyakarta, ²Politeknik Bandung

Masuk: 4 Juni 2014, revisi masuk : 21 Juli 2014, diterima: 26 Juli 2014

ABSTRACT

Welding is a joining technique in production process which weld two metals or more using heat energy. Physical property near welding zone changes in microstructure, deformation and thermal stress in order to minimize a negative effects, it is required a correct procedure in welding, selection of optimum welding current and heat input. Welding joint in steel construction or pressure vessel has to fulfill the welding standard such as, high stress property 27 joule for temperature – 50°C and 100 joule for 0°C. The aim of this research is to investigate the Effect of variation in welding current, welding speed and heat input on microstructure of main metal and HAZ. Experimental work is done using optic microscope, hardness test and univercal machine. The purpose of the research is to obtain optimum welding parameter related which micro structure and mechanical properties of weld metal and HAZ. The variation in heat input are 2 kg/mm, 3kg/mm, 4kg/mm. The variation of welding speed are 7 mm/s, 4,7 mm/s and 3,5 mm/s at current of 400 Ampere,mean while at 600 Ampere the variation in welding speed are 10,5mm/s, 7mm/s, 5,25mm/s. The result shaws that microstructure is dominated by ferit size and ferit Widmanstatten. The highest hardness of 164,98 VHN is found at welding zone of specimen A with welding current of 400 Amper, welding speet of 7 mm/s and heat input of 2kg/mm. Tension and yielding stress of 567 and 472 MP occur for specimen A1 with 600 Ampere welding speed of 7 mm/s and heat input of 2kg/mm.

Keywords : Effect of Flow weld, SAW, heat Input variation.

INTISARI

Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas, maka logam yang disekitar daerah las mengalami perubahan struktur metalurgi, deformasi dan tegangan termal. Untuk mengurangi pengaruh buruk tersebut, maka dalam proses pengelasan perlu prosedur pengelasan yang benar dan tepat, atau dicari kecepatan arus, pengelasan dan panas masukan yang optimal. Sambungan las yang akan digunakan pada sambungan konstruksi baja seperti jembatan dan bejana tekan, harus memenuhi persyaratan yang ketat diantaranya adalah tegangan tarik harus mempunyai nilai yang tinggi dan ketangguhan minimal 27 joule pada suhu -50°C atau 100 Joule pada suhu 0°C . Tujuan Penelitian untuk menyelidiki pengaruh variasi arus, kecepatan pengelasan dan masukan panas terhadap struktur mikro pada logam las dan daerah terpengaruh panas (HAZ) dengan menggunakan mikroskop optik dan sifat-sifat mekanis dengan menggunakan alat uji kekerasan, dan uji tarik. Manfaat penelitian supaya mendapatkan kondisi parameter pengelasan yang optimum terkait dengan struktur mikro dan sifat-sifat mekanis pada logam las dan daerah terpengaruh panas. Metode penelitiannya terdiri dari pengelasan logam Plat Baja karbon ASTM A 29(1021), tebal 10mm dengan tegangan 35 volt (DCEP), Elektroda AWS A5.17 EM 12K (kadar Mn 1.0 %) , Fluks OK Flux 10.71 (kadar Mn 1.0 %) Proses pengelasan busur terendam secara otomatis, Variasi masukan panas 2,0 kJ/mm; 3,0 kJ/mm dan 4,0 kJ/mm Variasi kecepatan pengelasan 7 mm/s; 4,7 mm/s; 3,5 mm/s pada arus 400 Amper dan 10,5 mm/s; 7 mm/s; 5,25 mm/s pada arus 600 Amper. Hasil dengan adanya kenaikan masukan panas, maka struktur mikro akan didominasi oleh ferit batas butir dan

ferit Widmanstätten serta meningkatkan ukuran butir (grain boundary ferit) hal ini disebabkan oleh laju pendinginan yang semakin lambat, Nilai kekerasan tertinggi di daerah las sebesar 164,98 VHN terjadi pada spesimen A dengan arus 400 Amper, kecepatan pengelasan 7 mm/detik dan masukan panas 2,0 kJ/mm, hal tersebut dapat terjadi karena pendinginan yang terjadi sangat cepat, Tegangan tarik dan tegangan luluh tertinggi sebesar 567 dan 472 MPa terjadi pada spesimen A1 dengan arus 600 Amper, kecepatan pengelasan 7 mm/detik dan masukan panas 2 kJ/mm.

Kata kunci : Pengaruh Arus Las, SAW, Variasi Panas. Masukan .

PENDAHULUAN

Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas, maka logam yang disekitar daerah las mengalami perubahan struktur metalurgi, deformasi dan tegangan termal.

Salah satu cara untuk mengurangi pengaruh buruk tersebut, maka dalam proses pengelasan perlu prosedur pengelasan yang benar dan tepat, atau dicari arus, kecepatan pengelasan dan masukan panas yang optimal.

Pada aplikasi di lapangan sambungan las harus memenuhi persyaratan yang sangat ketat diantaranya harus mempunyai kekuatan tarik yang tinggi dan ketangguhan impak yang baik, untuk memenuhi standar AWS yaitu 27 Joule pada temperature -51°C .

Sambungan las yang akan digunakan pada sambungan konstruksi baja seperti jembatan dan bejana tekan, harus memenuhi persyaratan yang ketat diantaranya adalah tegangan tarik harus mempunyai nilai yang tinggi dan ketangguhan minimal 27 joule pada suhu -50°C atau 100 Joule pada suhu 0°C (Johnson dkk, 1985).

Adapun tujuan dari penelitian ini untuk menyelidiki pengaruh variasi arus, kecepatan pengelasan dan masukan panas terhadap struktur mikro pada logam las dan daerah terpengaruh panas (HAZ) dengan menggunakan mikroskop optik dan sifat-sifat mekanis dengan menggunakan alat uji kekerasan, uji tarik dan uji impak.

Manfaat dari penelitian ini untuk mendapatkan kondisi parameter pengelasan yang optimum terkait dengan struktur mikro dan sifat-sifat mekanis pada lo-

gam las dan daerah terpengaruh panas, Menjadi referensi dan sumbangan bagi ilmu pengetahuan dan teknologi dibidang pengelasan.

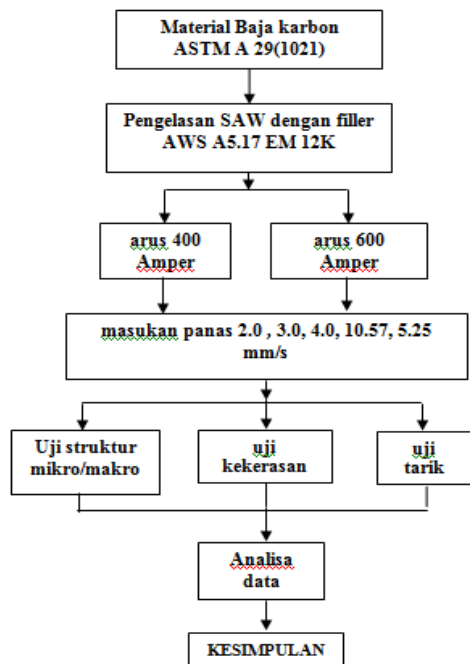
Melakukan pengelasan pengamatan dengan mikroskop optik Uji kekerasan dengan hardness test dengan ini hasil Struktur mikro dan kekerasan dari daerah las dan HAZ sangat tergantung pada laju pendinginan, laju ini di pengaruhi oleh beberapa faktor yaitu tebal pelat, kondisi pengelasan, preheat, masukan panas

Melakukan pengelasan Pengamatan dengan mikroskop optik hasil Efek dari penambahan *heat input* terjadi pada 9,78 kJ/mm dapat meningkatkan dimensi *weld interface (WI)* , daerah pertumbuhan butir atau *grain growth zone (GGZ)* dan HAZ sehingga memperbesar ukuran kolam las (*weld pool*) dan luasan peleburan, dan dengan meningkatnya tegangan akan memperlebar daerah WI, GGZ dan HAZ. (Gunaraj dan Murugan 2002)

Melakukan pengelasan pengamatan dengan mikroskop optik Uji kekerasan dengan hardness test hasil Pengelasan bahan baja API 5L X-52, masukan panas optimum terjadi pada 2,304 kJ/mm, dengan arus 900 Amper terjadi peningkatan jumlah prosentase ferit acicular dan ketangguhan impak maksimum dengan suhu transisi getas-ulet sebesar -10°C .

Melakukan pengelasan pengamatan dengan mikroskop optik Uji ketangguhan dengan Charpy Impact hasil Filler jenis EM 12K (kadar Mn 1 %) yang digunakan pada pengelasan bahan baja SM 490, menghasilkan ketangguhan las tertinggi dengan masukan panas 2,12 kJ/mm dan prosentase acicular ferit menunjukkan jumlah yang besar pada suhu transisi pada -7°C . (Suharno 2004)

METODE



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Bahan Sambungan
 Bahan penelitian ini : Plat baja karbon ASTM A 29 (1021)
 Spesifikasi Plat : Tebal 12 mm
 Tegangan : 35 volt (DCEP)
 Kuat arus : 400 dan 600 Amper

Tabel 1. Komposisi Kimia Logam Induk

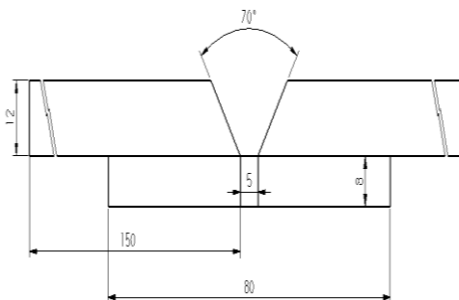
Unsur	C	Mn	P	S
(% Wt)	0,18 – 0,23	0,60 – 0,90	0,040	0,050

Satu, bahan Pengelasan, elektroda las (*Filler*), yang di gunakan adalah AWS A5.17 EM 12K dengan komposisi kimia sebagai berikut: C = 0,12 %; Si = 0,1 %, Mn = 1,0 %

Dua, fluks yang di gunakan OK Flux 10.71CHF 101, dengan komposisi kimia sebagai berikut: C = 0,07 %; Si = 0,2 %; Mn = 1,0 %.Basicity Index = 1,6

Alat yang dipergunakan: Pertama, Alat Potong Logam (*Flame Cutting*) dan Alat Ukur. Kedua, Mesin Las Busur

Rendam (ESAB). Ketiga, Mikroskop Optik. Keempat, Mesin Uji Kekerasan Vickers. Kelima, Mesin Uji Tarik. Bentuk Sambungan/Bentuk kam-puh berupa sambungan tumpul (*butt joint*) menggunakan pelat penahan (*back up strip*) dengan alur V tunggal, panjang pelat yang digunakan 300 mm.



Gambar 2. Geometri sambungan las

Pengelasan dilakukan secara otomatis dengan menggunakan arus DC dengan polaritas positif *direct current electrode positif* (DCEP) pada tegangan konstan 35 volt. Detail parameter las seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Parameter Pengelasan

Spesi - men	I(Arus) Ampere	Heat Input (kj/mm)	Kecepatan (v) (mm/det)
A		2	7
B	400	3	4,7
C		4	3,5
A1		2	10,5
B1	600	3	7
C1		4	5,25

Pengujian, pengamatan Struktur Mikro antara lain: Satu, tujuan dari

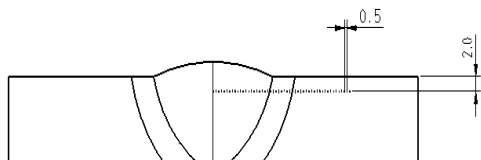
pengamatan ini adalah untuk mengetahui ukuran dan bentuk butir serta distribusi dari berbagai macam fasa logam serta inklusi yang terjadi pada pengelasan. Dua, pengamatan dilakukan pada daerah las, HAZ besar, HAZ kecil, dan logam induk. Tiga, alat yang dipergunakan untuk pengujian ini adalah mikroskop optik.

Pengujian Kekerasan, Pertama uji kekerasan dilakukan dengan metode Vickers (VHN). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui distribusi kekerasan di daerah las, HAZ kasar, HAZ halus dan logam induk dari hasil pengelasan busur rendam dengan variasi masukan panas dan kecepatan pengelasan. Kedua, harga kekerasan mikro didapat dengan persamaan (ASM, 1986):

$$VHN = \frac{2F \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} = 1,8544 \frac{F}{d^2}$$

dimana :

F = beban yang dipergunakan (kgf)
d = panjang diagonal rata-rata (mm)
 θ = sudut antara permukaan intan yang berlawanan = 136°



Gambar 3. Spesimen uji kekerasan

Pengujian Tarik, Pertama tujuan pengujian tarik dalam penelitian ini adalah untuk membandingkan kekuatan tarik statis hasil pengelasan dengan

Tab1 3. Hasil uji komposisi logam induk

Unsur	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr
(%wt)	0,1823	0,3082	0,0068	0,0117	0,8757	0,0179	0,0362
Mo	V	Cu	W	Ti	Al		
0,0094	0,0014	0,0395	0,0009	0,0024	0,0446		

Tab1 Hasil uji komposisi daerah las

Unsur	C	Si	S	P	Mn	Ni
(%wt)	0,0999	0,2764	0,0119	0,0229	1,0977	0,0449
Cr	Mo	V	Cu	W	Ti	Al
0,0507	0,0031	0,0052	0,1039	0,0047	0,0032	0,0093

variasi masukan panas dan kecepatan pengelasan. Kedua, pada penelitian ini pengujian tarik dilakukan pada arah transversal dari logam las, spesimen uji tarik berbentuk pelat sesuai dengan standar.

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{F}{A_0}$$

Perhitungan: *Engineering stress* (tegangan teknik) : σ *Engineering strain* (regangan teknik) :

dimana :

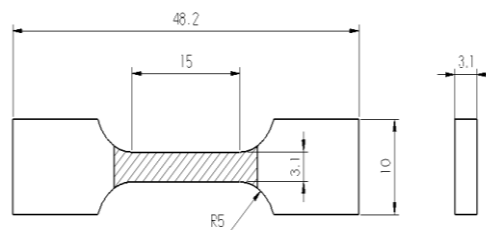
Σ = Tegangan tarik (N/mm²)

F = Beban (N)

A₀ = Luas penampang mula-mula (mm²)

L₀ = Panjang spesimen mula-mula (mm)

L = Panjang spesimen setelah patah (mm)



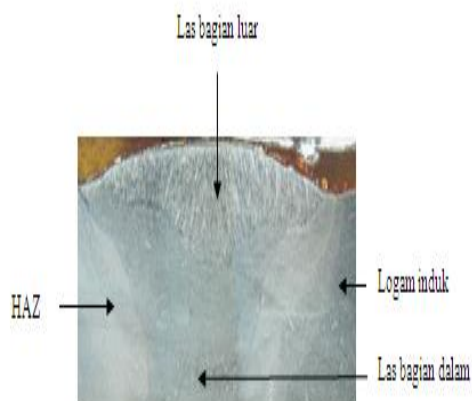
Gambar 4. Spesimen uji Tarik

PEMBAHASAN

Pengujian Komposisi Kimia (Spectrometer), hasil uji komposisi kimia logam las dan logam induk ditunjukkan pada tabel berikut:

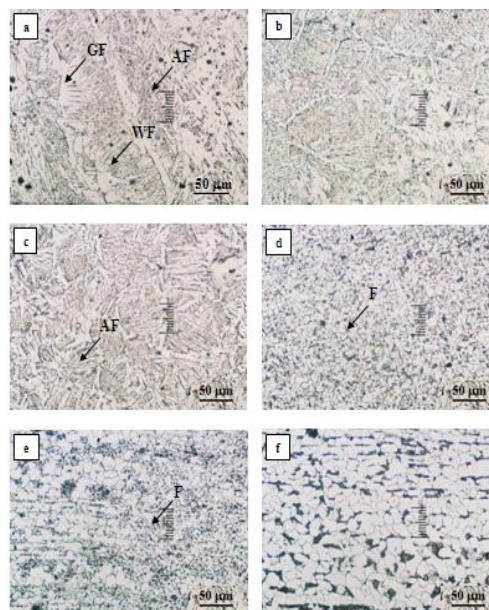
Hasil pengujian komposisi logam induk dan daerah las dengan metode spektrometri menunjukkan unsur Mangan (Mn) dan Silicon (Si) memiliki jumlah persen berat yang besar. Kedua unsur ini nantinya akan berpengaruh terhadap pembentukan inklusi dan akhirnya mempengaruhi jumlah ferit acicular yang terbentuk selama pengelasan (Jang dan Indacochea, 1987).

Pengamatan Foto Makro, foto makro dimaksudkan untuk mengetahui bentuk dan batas antara daerah las, HAZ, logam induk, las bagian luar dan las bagian dalam. Pada pengelasan pipa maupun pelat faktor kekuatan terdapat pada pengelasan bagian luar dan bagian dalam, karena daerah ini yang memiliki pertemuan atau penyatuan dari proses pengelasan lapis banyak (*multi layer*) dimana daerah tersebut merupakan pusat sambungan atau sebagai pusat dari ke Struktur Mikro Daerah las dan Daerah HAZ, tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui ukuran dan bentuk butir serta distribusi dari berbagai macam fasa logam serta inklusi yang terjadi pada pengelasan kuat pengelasan dan ketangguhan.

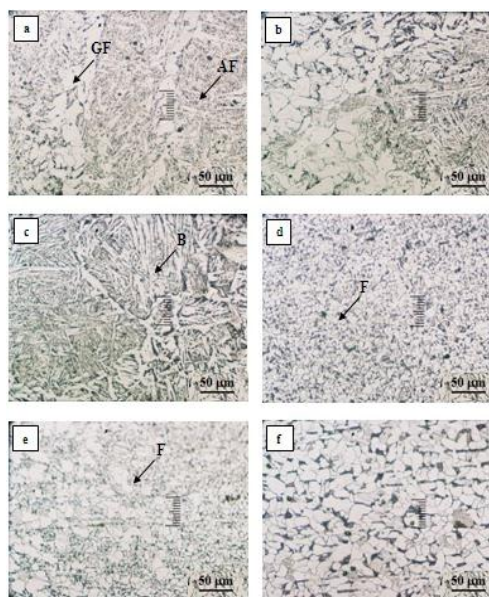


Gambar 5. Pengamatan Struktur Mikro

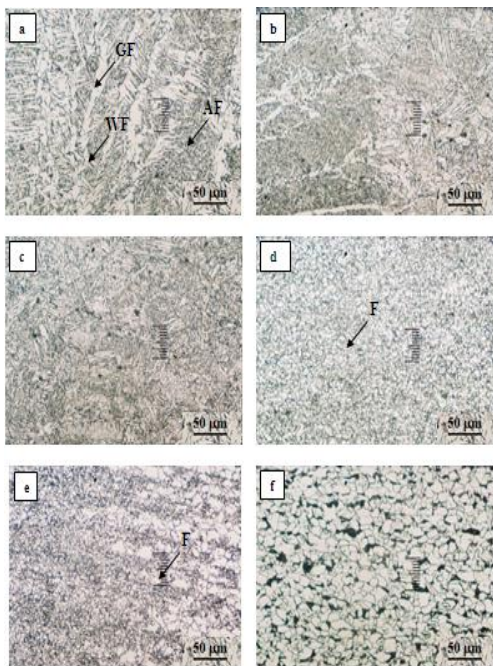
Struktur Mikro Daerah las dan Daerah HAZ, tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui ukuran dan bentuk butir serta distribusi dari berbagai



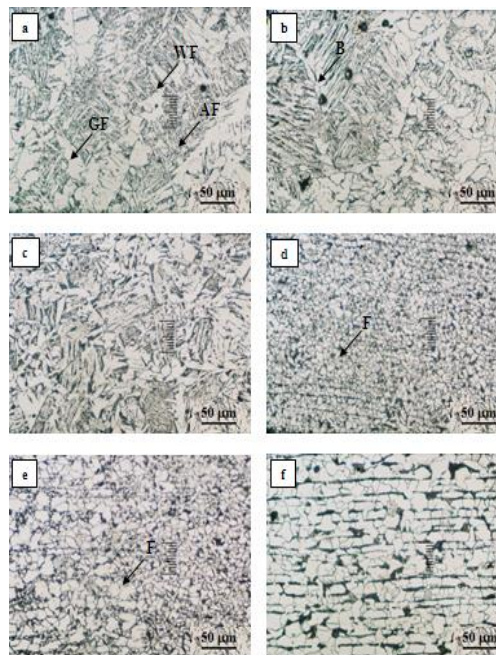
Gambar 6. Foto Struktur Mikro Spesimen A. (a)Daerah Las, (b)Las – HAZ, (c) HAZ kasar, (d) HAZ halus, (e) HAZ - logam Induk, (f) logam induk



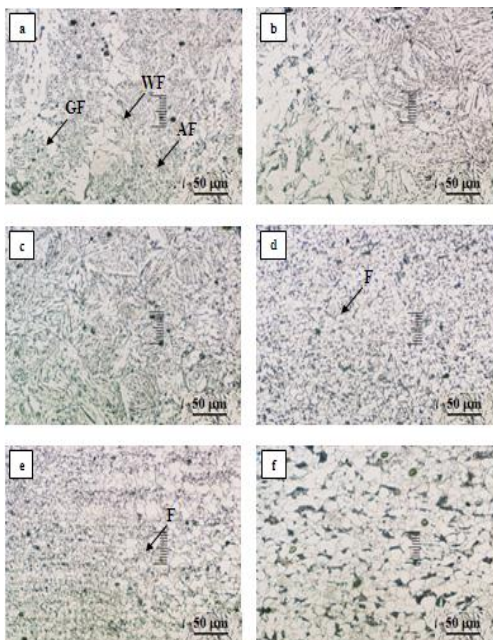
Gambar 7. Foto Struktur Mikro Spesi- men B. (a)Daerah Las, (b)Las – HAZ, (c) HAZ kasar, (d) HAZ halus, (e) HAZ - logam Induk, (f) logam induk.



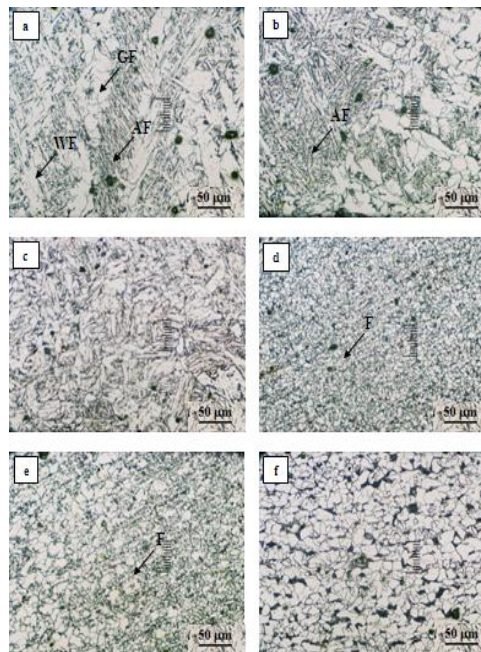
Gambar 8. Foto Struktur Mikro Spesimen C. (a)Daerah Las, (b)Las – HAZ, (c) HAZ kasar, (d) HAZ halus, (e) HAZ - ligam Induk, (f) logam induk



Gambar 10. Foto Struktur mikro specimen B1. a.Daerah Las, (b) las – HAZ, (c) HAZ kasar, (d)HAZ halus, (e) HAZ - Logam induk, (f) Logam Induk



Gambar 9. Foto Struktur Mikro Spesimen A1
 (a) Daerah Las, (b)Las – HAZ, (c) HAZ kasar, (d) HAZ halus, (e) HAZ - ligam Induk, (f) logam induk



Gambar 11. Foto Struktur Mikro Spesimen C1
 (a) Daerah Las, (b)Las – HAZ, (c) HAZ kasar, (d) HAZ halus, (e) HAZ - ligam Induk, (f) logam induk

Pertama, struktur mikro daerah las Gambar 6-11(a) ditentukan pada saat proses pembekuan (*solidification*) dan transformasi γ (austenit) ke α (ferit). Beberapa faktor yang mempengaruhi struktur mikro daerah las antara lain: proses pengelasan, komposisi akhir daerah las, masukan panas, dan siklus termal.

Kedua, pada Gambar tersebut diatas berdasarkan diagram CCT dapat dilihat bahwa struktur mikro yang terbentuk pada daerah lasan ini adalah ferit batas butir, ferit *Widmanstatten*, dan ferit *acicular*, dan nampak bahwa ferit *acicular* mempunyai jumlah cukup banyak pada daerah ini. Struktur ferit *acicular* inilah yang diharapkan dari setiap proses pengelasan, karena struktur ini sebagai *interlocking structure* yang mampu menghambat laju perambatan retak (Grong, 1986).

Ketiga, pada daerah HAZ kasar Gambar 6-11 (c) adalah daerah terdekat pada pengelasan dimana temperatur selama pengelasan diatas 1100°C , tetapi dibawah titik cair, maka menyebabkan pertumbuhan butir austenit. Selanjutnya butir austenit besar ini berubah menjadi bainit selama pendinginan. Butir kasar membentuk daerah las dimana temperatur selama pengelasan lebih rendah dari 1100°C dan nukleasi austenit terjadi tanpa pertumbuhan butir. Selama pendinginan, butir halus austenit berubah menjadi ferit halus dan butir pearlit.

Keempat, pada daerah HAZ halus seperti pada Gambar 6. 11 (d) terlihat struktur perlit-sementit yang merata. Hal ini disebabkan karena suhu maksimum yang dicapai saat pemanasan relatif lebih rendah sehingga hanya mengalami proses rekristalisasi dan pada saat pendinginan berubah menjadi ferit halus.

Kelima, pada daerah HAZ dengan logam induk Gambar 6 - 11 (e dan f) terlihat struktur mikro logam induk yang tidak terpengaruh panas yang berupa ferit-perlit yang memanjang searah dengan arah pengerolan.

Keenam, keuletan dan ketangguhan daerah las dipengaruhi oleh banyak faktor seperti komposisi, struktur mikro, ukuran butir dan juga inklusi. Keuletan dan ketangguhan daerah las akan meningkat jika struktur mikro yang

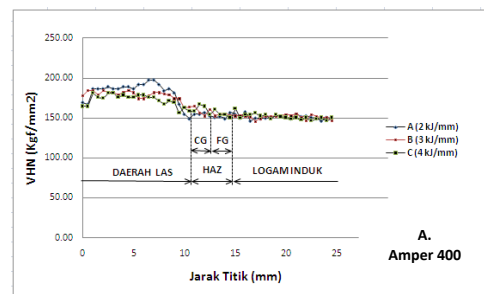
terbentuk berupa ferit *acicular*, sebaliknya penurunan keuletan dan ketangguhan terjadi jika pada daerah las struktur mikro yang terbentuk berupa ferit batas butir, ferit *Widmanstatten*, bainit, atau martensit.

Ketuju, sedangkan ferit *acicular* akan terbentuk jika kandungan oksigen daerah las berkisar antara 200 ppm–250 ppm, pada kisaran ini 90% ferit *acicular* dapat terbentuk (Horrison, 1981).

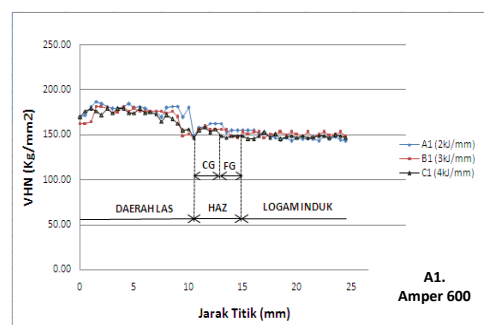
Kedelapan, dengan demikian inklusi di satu sisi bermanfaat untuk membantu terbentuknya *acicular ferrite*, dengan catatan persentase jumlah inklusi dapat diatur.

Kesembilan, sedangkan ferit *acicular* akan terbentuk jika kandungan oksigen dalam daerah las berkisar antara 200 ppm – 250 ppm, dimana pada kisaran ini 90% ferit *acicular* dapat terbentuk (Horrison, 1981).

Kesepuluh, dengan demikian inklusi di satu sisi bermanfaat untuk membantu terbentuknya *acicular ferrite*, dengan catatan persentase jumlah inklusi dapat diatur.



Gambar 12. Grafik kekerasan pada Amper 400 vs jarak dari pusat pengelasan.

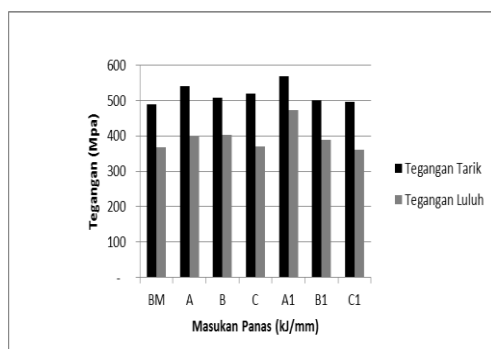


Gambar 12. Grafik kekerasan pada Amper 600 vs jarak dari pusat pengelasan.

Pengujian Kekerasan, nilai keke-
rasan tertinggi di daerah las sebesar
164,98VHN terjadi pada spesimen A
dengan arus 400 Amper, kecepatan pen-
gelasan 7mm/detik dan masukan panas
2,0kJ/mm hal tersebut dapat terjadi
karena pendinginan yang terjadi sangat
cepat.

Pada daerah logam induk keke-
rasan merata dan tingkat kekerasannya
paling rendah dikarenakan struktur yang
ada berbentuk ferit dan perlit halus, hasil
pengujian kekerasan seperti terlihat pada
Gambar 12.

Dari hasil pengujian didapatkan
tegangan tarik dan tegangan luluh ter-
tinggi sebesar 567 dan 472MPa terjadi
pada spesimen A1 dengan arus 600
Amper, dengan kecepatan pengelasan 7
mm/detik dan masukan panas 2 kJ/mm.
Hal tersebut jika dibandingkan tegangan
tarik dan tegangan luluh yang terjadi
pada logam induk yaitu 489 MPa dan
366 MPa.



Gambar 13. Grafik kekuatan tarik daerah las.

Pengujian Tarik, Pada Tabel 4.
Tabel dan Gambar grafik hasil pengujian
tarik pada daerah las.

Tabel 4. hasil uji tarik rata-rata pada daerah las

Spes. kJ/mm	P _{max} (kgf)	P _{yield} (kgf)	σ _{max} (Mpa)	σ _{yield} (Mpa)	E (%)
BM	5248.35	3924.00	489.73	366.77	21.73
A(2)	6042.96	4453.74	539.69	397.73	25.43
B(3)	5542.65	4385.07	507.42	402.72	25.13
C(4)	5591.70	3992.67	519.51	370.99	22.17
A1(2)	6311.10	5251.62	567.64	472.34	22.82
B1(3)	5611.32	4368.72	500.34	389.54	25.56
C1(4)	5388.96	3910.92	496.50	360.33	25.82

KESIMPULAN

Pertama, dengan adanya kenaikan masukan panas, maka struktur mikro akan didominasi oleh ferit batas butir dan ferit Widmanstatten serta meningkatkan ukuran butir (*grain boundary ferit*) hal ini disebabkan oleh laju pendinginan yang semakin lambat.

Kedua, nilai kekerasan tertinggi di daerah las sebesar 164,98VHN terjadi pada spesimen A dengan arus 400A, kecepatan pengelasan 7mm/detik dan masukan panas 2,0kJ/mm, hal tersebut dapat terjadi karena pendinginan yang terjadi sangat cepat.

Ketiga, pada tegangan tarik dan tegangan luluh tertinggi sebesar 567 dan 472MPa terjadi pada spesimen A1 dengan arus 600Amper, kecepatan pengelasan 7mm/detik dan masukan panas 2 kJ/mm. Dibanding dengan tegangan tarik dan tegangan luluh yang terjadi pada logam induk yaitu 489MPa dan 366MPa.

SARAN

Hasil penelitian Pengaruh Arus, Kecepatan Pengelasan dan Masukan Panas Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis Logam Las dan HAZ pada Pengelasan SAW Baja Karbon ASTM A 29, dapat disarankan sebagai berikut: Berdasarkan data penelitian ini sebaiknya dipakai metode spesimen A dengan arus 400 Amper, kecepatan pengelasan 7mm/detik dan masukan panas 2,0 kJ/mm, hal tersebut dapat terjadi karena pendinginan yang terjadi sangat cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Grong, O., dan Matlock, D.K., 1986, *Microstructural Development in Mild and Low Alloy Steel Weld Metals*, International Metal Review, Vol 31 (1) pp 27-48.
- Gunaraj, V, and Murugan, N., 2002, "Prediction of Heat-Affected Zone Characteristics in Submerged Arc Welding of Structural Steel Pipes" Welding Journal, pp 94-S – 910 S
- Horrison, P.L., dan Farrar, R.A., 1981, Influence of Oxygen-rich on the Phase Transformation in High Strength Low Alloy (HSLA) Steel

- Weld Metals, Journal of Material Science, 16, pp 2218-2226.
- Jang, J., dan Indachoea, J.E., 1987, *Inclusion Effect on Submerged Arc Weld Microstructure*, Journal of Material Science, 22, pp 689-700
- Johnson, M.Q., Evans, G.M and Edwards, G.R., 1985, *The Influences of Addition and Interpass Temperatur on the Microstructures and Mechanical Properties of High Strength SMA Weld Metals*, ISIJ International vol 35 No. 10, pp 1222-1231.
- Suharno, Ilman, M.N dan Jamasri., 2004, Pengaruh Masukan Panas pada Pengelasan Busur Terendam Terhadap Ketangguhan dan Suhu Transisi Baja SM 490, Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin, ISBN: 979- 98888-0-8, pp.hal. 36-42.