

Austenitic Stainless Steel dengan Penambahan Unsur Ni dan Mn Sebagai Penstabil Fasa Austenit Setelah Las MIG Semi Otomatis terhadap Sifat Daerah Lasan Model Butt Joint Single V

Djoko Andrijono*, Jumiadi, Pungky Eka Setyawan, Dewi Izzatus Tsamroh

*Jurusan Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang (Institusi)
Jalan Taman Agung 1 Malang Indonesia*

*djoko.andrijono@unmer.ac.id (penulis korespondensi)

jumiadi@unmer.ac.id

pungky.setya@unmer.ac.id

izza@unmer.ac.id

Abstrak— Baja tahan karat austenitik dengan komposisi kimia 0,0015 % C, 7,96 % Ni dan 17,49 % Cr merupakan kelompok baja tahan karat 304. Baja tahan karat austenitik terbentuk pada sistem larutan padat Fe-Cr setelah melakukan penambahan unsur penstabil fasa γ seperti Ni dan Mn. Fungsi kedua unsur tersebut, untuk menstabilkan fasa γ dan menambah luas daerah fasa γ serta mempersempit daerah fasa α . Baja tahan karat austenitik setelah proses las MIG semi otomatis dan dilanjutkan pendinginan udara dari temperatur 680 °C ke 480 °C terbentuk Cr₂₃C₆ yang mengendap di batas butir. Metode penelitian memakai kawat las pejal KST-308L dengan komposisi kimia 9,6% Ni dan 19,3 % Cr. Las MIG menggunakan gas pelindung argon, kuat arus listrik 150 A, sambungan kampuh V tunggal yang selanjutnya terbentuk tiga daerah lasan terdiri dari: logam induk merupakan daerah tidak terpengaruh panas yang letaknya setelah HAZ, deposit las merupakan daerah yang lumer saat menerima energi panas akibat las MIG dan pada daerah ini menerima energi panas yang sangat tinggi dan HAZ merupakan daerah yang letaknya berdekatan dengan deposit las dan energi panas yang diterima HAZ lebih rendah dibanding deposit las. Hasil penelitian sifat kekerasan logam induk 86 HR_B, deposit las 82 HR_B, dan HAZ 78 HR_B. Struktur mikro logam induk terbentuk partikel karbida dan austenit, deposit las terbentuk austenit equiaksial dan partikel karbida, HAZ terbentuk ferit, austenit dan dendrit. Kesimpulan sifat kekerasan ketiga daerah lasan semakin menurun, keuletannya semakin meningkat dan struktur mikro secara umum terbentuk ferit, austenit equiaksial, austenit, partikel karbida, dendrit.

Kata kunci— las MIG, baja tahan karat austenitik, kekerasan, struktur mikro

Abstract— *Austenitic stainless steels with a chemical composition of 0.0015% C, 7.96% Ni and 17.49% Cr are a group of 304 stainless steels. Austenitic stainless steels are formed in a solid solution of Fe-Cr after adding a phase stabilizer γ like Ni and Mn. The function of these two elements is to stabilize the phase γ and increase the area of the phase γ and narrow the phase area α . Austenitic stainless steel after the semi-automatic MIG welding process and continued with air cooling from a temperature of 680 °C to 480 °C formed Cr₂₃C₆ which settled at the grain boundaries. The research method used solid welding wire KST-308L with a chemical composition of 9.6% Ni and 19.3% Cr. MIG welding uses argon shielding gas, an electric current of 150 A, a single seam connection V which then forms three weld areas consisting of: the main metal is an area that is not affected by heat which is located after HAZ, the weld deposit is an area that melts when it receives heat energy due to welding MIG and in this area receive very high heat energy and HAZ is an area that is close to the weld deposit and the heat energy received by HAZ is lower than the weld deposit. The results of this study were the hardness properties of the parent metal 86 HR_B, welding deposits of 82 HR_B, and HAZ 78 HR_B. The microstructure of the parent metal is formed particles of carbide and austenite, weld deposits are formed equiaxial austenite and carbide particles, HAZ is formed by ferrite, austenite and dendrite. The conclusion is that the hardness properties of the three weld areas are decreasing, the ductility is increasing and the microstructure is generally formed by ferrite, equiaxial austenite, austenite, carbide particles, and dendrites.*

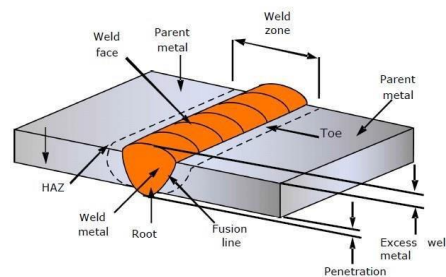
Keywords— MIG welding, austenitic stainless steel, hardness, microstructure.

I. PENDAHULUAN

Sambungan las (*weld joint*) merupakan proses penyambungan atau menyatukan dua logam atau lebih bersifat permanen menggunakan energy panas dan logam pengisi (*filler metal*) berbentuk kawat las, dan elektroda, akibatnya terjadi ikatan metalurgi antara logam yang dilas dengan logam pengisi. Menurut standar DIN (*Deutch Industrie Normen*) las merupakan

ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Berdasarkan definisi tersebut, pengertian las merupakan proses penyambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Sambungan las dibedakan 5 (lima) macam terdiri dari: (a) sambungan tumpul, (b) sambungan sudut, (c) sambungan tumpang, sambungan T dan (d) sambungan tekuk (Wirjosumarto, 2000). Konstruksi sambungan las disebut hasil lasan atau daerah lasan (*weldment*) (Gambar 1) apabila sudah terbentuk 4 (empat) daerah (Hicks, 1999, Wirjosumarto, 2000) terdiri dari: Logam induk atau logam dasar (*parent metal or base metal*), daerah pengaruh panas (*heat affected zone*) disingkat HAZ, deposit las atau endapan las (*weld metal*), dan batas cair atau batas fusi (*fusion line*). Logam induk merupakan daerah tidak terpengaruh panas yang letaknya setelah HAZ. Daerah ini menerima panas lebih rendah daripada HAZ, deposit las dan tidak terjadi perubahan sifat kekerasan dan struktur mikro apabila dilakukan proses pendinginan cepat (*quenching*) atau lambat (*non quenching*) (Hicks, 1999, Wirjosumarto, H. 2000).

HAZ merupakan daerah yang letaknya dekat dengan deposit las dan energi panas yang diterima HAZ lebih rendah dibanding deposit las. Energi panas tersebut, dapat merubah struktur mikro dan sifat kekerasan hasil lasan apabila dikenakan proses pendinginan cepat atau lambat dengan laju pendinginan tertentu (Cary, Howard B, 2005, Wirjosumarto, H. 2000). Deposit las merupakan daerah yang lumer (mencair) saat menerima energi panas akibat proses pengelasan dan pada daerah ini menerima energi panas yang sangat tinggi. Batas cair merupakan daerah batas antara deposit las dengan HAZ (Hicks, 1999, Wirjosumarto, 2000).

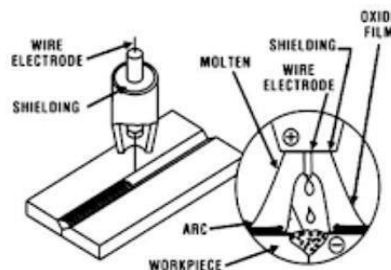


Gambar 1 Sambungan tumpul dengan kampuh V tunggal
Sumber: <https://www.pengelasan.net/bagianbagianlasan/>

II. METODE

a. Las GMAW

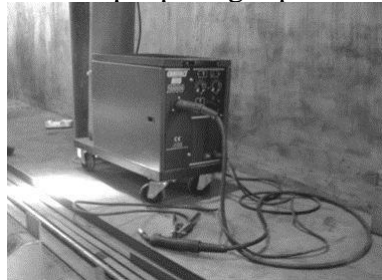
GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) merupakan proses pengelasan cair (*fusion welding*) menggunakan logam pengisi berbentuk kawat las (*wire electrode*) dan gas pelindung seperti argon (Ar), helium (He) dan carbondioksida (CO₂) (Lincoln Electric, 1994, Wirjosumarto, 2000).



Gambar 2 Kawat las dan gas pelindung
Sumber: <https://belajarmesinbutcnc.blogspot.com/2016/03/proses-las-gmaw-gas-metal-arc-welding.html>

GMAW dapat bekerja secara semi-otomatis atau otomatis. Asap dan percikan las yang terjadi pada GMAW relatif sedikit dan tidak ada terak (slag) yang harus dibersihkan setelah pengelasan selesai. GMAW ditinjau dari penggunaan gas pelindung dibedakan menjadi 2

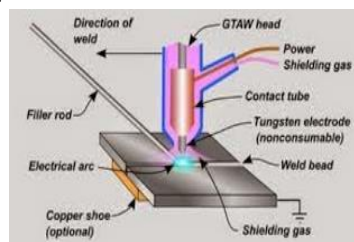
(dua) macam: (a) GMAW menggunakan gas pelindung Argon (Ar) disebut MIG (Metal Inert Gas), (b) GMAW menggunakan ataupun gas pelindung carbondioksida (CO₂) disebut MAG (Metal Active Gas). Pada las MIG pada prinsipnya sama dengan las GMAW, yang membedakan kedua pengelasan ini terdapat pada gas pelindung (Lincoln Electric, 1994).



Gambar 3 Las MIG semi otomatis
Sumber: PT. Bromo Steel Indonesia Pasuruan

b. Gas Pelindung

Gas pelindung berfungsi melindungi deposit las saat proses pengelasan berlangsung agar tidak terkontaminasi dengan udara atmosfer, karena deposit las sangat rentan terhadap difusi hidrogen yang dapat menyebabkan cacat porositas. Cacat porositas merupakan cacat las berbentuk lubang lubang kecil pada bagian permukaan luar maupun dalam deposit las. Gas pelindung yang digunakan las MIG adalah gas mulia (*inert gas*) seperti: Ar, He atau He dicampur dengan Ar, atau dapat menggunakan gas CO₂ sebagai gas pelindung (Gambar 3) (Weman, 2003). Pada las MAG menggunakan gas CO₂ sebagai gas pelindung dan kawat las pejal sebagai logam (Gambar 5).



Gambar 4 Las MAG

Sumber: <https://belajarmesinbutcnc.blogspot.com/2016/03/proses-las-gmaw-gas-metal-arc-welding.html>

c. Baja Tahan Karat

Baja tahan karat merupakan baja paduan mengandung minimal 10,5 % Cr atau 12 % Cr dan pemilihan baja tahan karat ditentukan oleh ketahanan karat dan sifat mekanis dipengaruhi lapisan *film chromium oxide* (Cr₂O₃) (Smith, 1990 ; Weman, 2003). Lapisan *film* Cr₂O₃ tidak mudah pecah dan tidak terlihat secara visual. Lapisan *film* Cr₂O₃ dapat mengalami rusak dan terbentuk kembali apabila bersenyawa dengan oksigen.

Baja tahan karat austenitik merupakan material terbentuk pada system larutan Fe-Cr dengan melakukan penambahan unsur penstabil fasa austenit (γ) seperti nikel (Ni) dan mangan (Mn). Fungsi kedua unsur tersebut, untuk menstabilkan fasa γ dan menambah luas daerah fasa γ dan mempersempit daerah fasa ferit (α). Penambahan 8 % Ni pada paduan Fe-Cr dapat membentuk fasa γ yang stabil pada temperatur kamar. Di samping unsur Ni tersebut, dengan penambahan unsur Mangan (Mn) dan Nitrogen (N) pada paduan Fe-Cr dengan jumlah tertentu dapat akan membentuk matrik dengan fasa γ yang stabil pada berbagai temperatur. Sifat baja tahan karat austenitik meliputi: (a) non magnetik, (b) mampu bentuk, (c) ulet pada temperatur rendah, (d) mampu las, (e) tahan karat, dan (f) sifat kekuatan dapat ditingkatkan dengan cara proses *cold working*, *precipitation hardening*, atau *substitutional solid solution strengthening* (Cary, 1993).

d. *Kampuh Las*

Kampuh las merupakan bagian dari sambungan las tumpul yang berfungsi untuk menampung cairan logam pengisi agar kedua permukaan logam yang disambung dapat menyatu (Groover, 2007).

e. *Logam Pengisi pada Las MIG*

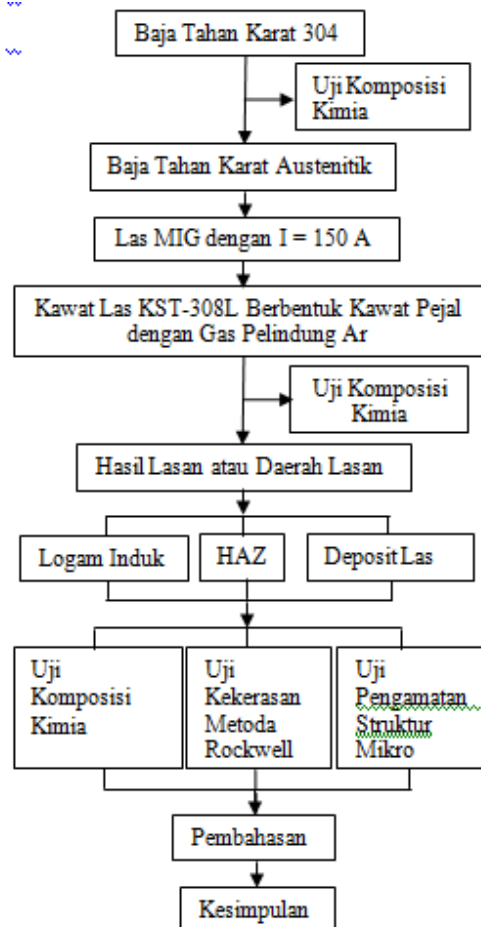
Logam pengisi pada las MIG berbentuk kawat pejal jenis KST-308L yang berfungsi sebagai elektroda dan logam pengisi. Komposisi kimia kawat las Kiswel KST-308 L (Tabel 1).

TABEL I
DATA HASIL UJI KOMPOSISI KIMIA KAWAT LAS KST-308L

No	Unsur Kimia	Komposisi Kimia (%)
1	C	0,03
2	Mn	0,84
3	P	0,023
4	S	0,016
5	Si	0,8
6	Cr	19,3
7	Ni	9,6
8	Cu	0,3
9	Mo	0,2
10	Fe	68,89

Sumber: www.kiswelusa.com

f. *Diagram Alir Penelitian*



Gambar 5. Diagram alir penelitian

g. Peralatan Penunjang Penelitian

1. Mesin-mesin: las MIG, *quantometer*, *rockwell hardness number*, mikroskop logam, *pregrinder*, *polishing*, *mounting press*, *film processing apparatus*, dan mesin sekrup.
2. Peralatan penunjang lain: jangka sorong, kawat las KST-308L, tabung gas Ar, ragum, gergaji tangan, keselamatan kerja las, kertas gosok grade # 300 s.d # 1000, bludru, dan alkohol.

h. Variabel Pengujian

1. Sambungan tumpul dengan kampuh V tunggal dengan tebal plat baja tahan karat austenitik 6 mm dengan sudut kampuh 60° , jarak akar 2 mm, dan tinggi akar 2 mm (Wiryosumarto. 2000).
2. Spesimen uji komposisi kimia baja tahan karat austenitik (logam induk) sebelum di las MIG dengan ukuran panjang 100 mm, lebar 50 mm, tebal 5 mm.
3. Spesimen uji komposisi kimia kawat las Kisel KST-308L dengan diameter 1,2 mm berbentuk kawat pejal.
4. Spesimen uji komposisi kimia HAZ dan deposit las dengan ukuran masing-masing panjang 10 mm, lebar 6 mm dan tebal 6 mm.
5. Spesimen uji komposisi kimia HAZ dengan ukuran masing-masing panjang 10 mm, lebar 6 mm dan tebal 6 mm.
6. Spesimen uji kekerasan dan uji pengamatan struktur mikro pada logam induk, HAZ dan deposit las masing-masing dengan ukuran yang sama panjang 15 mm, lebar 6 mm dan tebal 6 mm.
7. Gas pelindung menggunakan jenis Ar.
8. Kuat arus listrik (I) pada las MIG 150 A (konstan).
9. Tegangan (V) 220 volt.
10. Temperatur pemanasan awal 200°C (konstan).
11. Gerakan kawat las mendatar.
12. Daerah lasan menggunakan pendinginan udara.
13. Larutan etsa: 100 ml alkohol, 20 ml HNO_3 , 60 ml HCL.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut akan disajikan beberapa tabel yang merupakan hasil penelitian dengan beberapa jenis pengujian.

TABEL II
DATA HASIL UJI KOMPOSISI KIMIA LOGAM INDUK

No	Unsur Kimia	Komposisi Kimia (%)
1	C	0,015
2	Mn	1,36
3	P	0,036
4	S	0,005
5	Sii	0,331
6	Sn	0,004
7	Al	0,012
8	Cr	17,49
9	Cu	0,078
10	Ni	7,960
11	Nb	0,010
12	V	0,083
13	Ca	0,00009
14	Mo	0,010
15	Co	0,244
16	Fe	72,37

Sumber: PT. Ispat Indo Sidoarjo

TABEL III
DATA HASIL UJI KOMPOSISI KIMIA DEPOSIT LAS

No	Unsur Kimia	Komposisi Kimia (%)
1	C	0,027
2	Mn	1,23
3	P	0,029
4	S	0,0041
5	Si	0,585
6	Sn	0,0068
7	Al	0,012
8	Cr	18,40
9	Cu	0,084
10	Ni	9,17
11	Nb	0,027
12	V	0,014
13	Ca	0,00023
14	Mo	0,055
15	Co	0,197
16	Fe	70,05

Sumber: PT. Ispat Indo Sidoarjo

Hasil uji komposisi kimia pada logam induk diperoleh 0,0015 % C, 7,96 % Ni, dan 17,49 % Cr (Tabel 2) termasuk baja tahan karat austenitik (*austenitic stainless steel*) yang merupakan kelompok baja tahan karat 304. Baja tahan karat 304 merupakan salah satu jenis baja tahan karat yang mempunyai struktur atom FCC (*Face Center Cubic*) (ASM International, 2003).

Unsur paduan dalam baja tahan karat 304 menentukan sifat mekanis dan ketahanan karat. Baja tahan karat 304 mempunyai unsur kimia: 0,08 % C (mak), 2,0 % Mn (mak), 0,75 % Si (mak), 0,045 % P (mak), 0,03 % S (mak), 18 % - 20 % Cr, 8 % - 10,5 % Ni dan 0,1 % N (mak) (www.emeraldinsight.com).

TABEL IV
DATA HASIL UJI KOMPOSISI KIMIA HAZ

No	Unsur Kimia	Komposisi Kimia (%)
1	C	0,012
2	Mn	1,02
3	P	0,033
4	S	0,0034
5	Si	0,527
6	Sn	0,0044
7	Al	0,012
8	Cr	17,33
9	Cu	0,070
10	Ni	7,84
11	Nb	0,010
12	V	0,14
13	Ca	0,00008
14	Mo	0,026
15	Co	0,225
16	Fe	72,75

Sumber: PT. Ispat Indo Sidoarjo

Unsur Cr yang paling tinggi dapat membentuk lapisan flim Cr_2O_3 bersifat protektif, sehingga dapat meningkatkan sifat tahan karat dan unsur C yang rendah dapat menurunkan sensititas akibat proses pengelasan. Baja tahan karat austenitik sebagai logam induk merupakan material yang memiliki struktur kristal utamanya fasa γ (Sedricks, 1979 ; Weman, 2003).

Baja tahan karat austenitik terbentuk apabila pada sistem larutan padat Fe-Cr dipengaruhi adanya unsur 7,96 % Ni dan 1,36 % Mn (Tabel 2) sebagai penstabil fasa γ dan menambah luas daerah fasa γ tetapi mempersempit daerah fasa α . Fasa α merupakan fasa larutan padat yang memiliki struktur atom BCC (*body centered cubic*) yang sifatnya ulet. Fasa α dalam keadaan setimbang terjadi pada temperatur ruang, yaitu alpha-ferrite (<http://krisnayanarina.blogspot.com/2014/09/stainless-steel.html>). Kelarutan C di dalam fasa α relatif lebih rendah dibanding dengan kelarutan C di dalam fasa larutan padat lain di dalam baja, yaitu fasa γ . Cr merupakan unsur penstabil α . dengan struktur BCC akan memperluas daerah fasa α dan mempersempit daerah fasa γ , akibatnya terbentuk *loop*.

Pada sistem larutan padat Fe-Cr dengan Cr di atas 12 % tidak terjadi transformasi fasa γ ke α (<http://krisnayanarina.blogspot.com/2014/09/stainless-steel.html>). Baja tahan karat austenitik dengan 17,49 % Cr (Tabel 2) terbentuk lapisan *film* Cr_2O_3 bersifat protektif, sehingga dapat meningkatkan sifat tahan karat dan 0,015 % C (Tabel 2) memberikan pengaruh semakin menurunnya sensititas setelah proses las MIG. Baja tahan karat austenitik setelah dilakukan proses las MIG dan dilanjutkan proses pendinginan udara dari 680°C ke 480°C akan terbentuk Cr_{23}C_6 yang mengendap di batas butir. Endapan ini terjadi pada

temperatur 650°C dan akibat penurunan temperatur tersebut, dapat menurunkan sifat tahan karat dan sifat kekerasan (Tabel 5).

Deposit las merupakan daerah yang lumer (mencair) saat menerima energi panas akibat proses las MIG dan pada daerah ini menerima energi panas yang sangat tinggi dibanding HAZ (Wirjosumarto. 2000). Deposit las berasal kawat las Kisel KST-308L dengan diameter 1,2 mm berbentuk kawat pejal dengan komposisi kimia 0,03 % C, dan 19,3 % Cr (Tabel 4), maka atom-atom Ni akan bereaksi dengan atom-atom C membentuk endapan Cr_{23}C_6 pada batas butir (*grain boundary*), di mana struktur batas butir akan kekurangan Cr bebas akibatnya disekitar batas butir akan terjadi lapis lindung Cr, sehingga batas butir akan mudah mengalami karat yang mengakibatkan terjadinya korosi batas butir (*intergranular corrosion*). Deposit las dengan 18,4 % Cr (Tabel 3) terbentuk lapisan Cr_2O_3 bersifat protektif, sehingga dapat meningkatkan sifat tahan karat dan 0,03 % C (Tabel 3) semakin menurunkan sensititas setelah proses las MIG.

HAZ merupakan daerah berdekatan dengan deposit las dan energi panas yang diterima lebih rendah dibanding deposit las dan selama proses pengelasan mengalami siklus pemanasan akibat energi panas dari proses las MIG dan proses pendinginan lambat (Wirjosumarto,2000). Komposisi kimia HAZ 0,012 % C dan 7,84 % Cr (Tabel 3), maka atom-atom 7,84 % Cr akan bereaksi dengan atom-atom 0,012 % C membentuk endapan Cr_{23}C_6 pada batas butir di mana di sekitar batas butir akan kekurangan krom bebas akibatnya di sekitar batas butir terjadi lapis lindung krom, sehingga batas butir akan mudah terserang korosi yang mengakibatkan terjadi korosi batas butir.

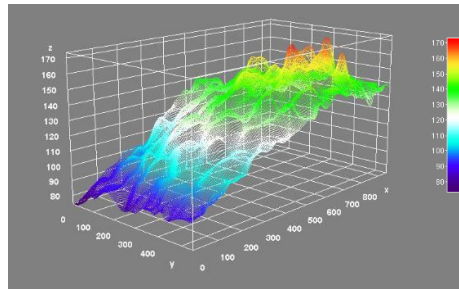
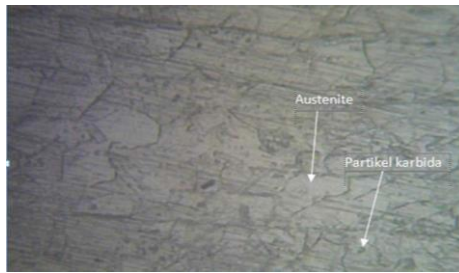
TABEL V
DATA HASIL UJI KEKERASAN

No	Hasil Lasan	Angka	
		Kekerasan (HRB)	HR _B Rata-2
1	Logam Induk	86	86
		86	
		86	
		86	
		86	
2	Deposit Las	82	82
		82	
		82	
		83	
		81	
3	HAZ	77	78
		78	
		79	
		78	
		78	

TABEL VI
 DATA HASIL UJI PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO

No Hasil lasan Foto Sruktur Mikro Logam Induk

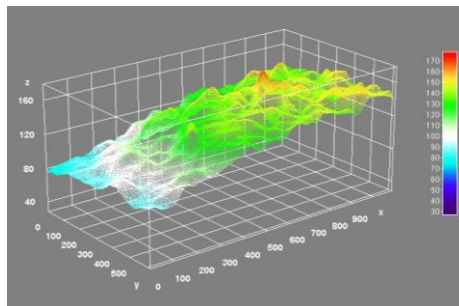
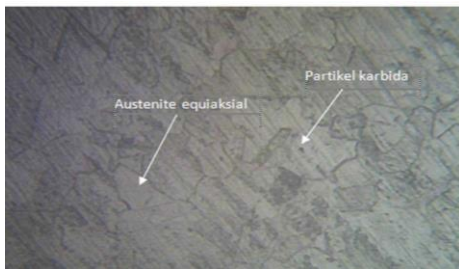
1



% Partikel
 Austenit **94,873 %**
 Partikel karbida **5.127 %**

HAZ

2

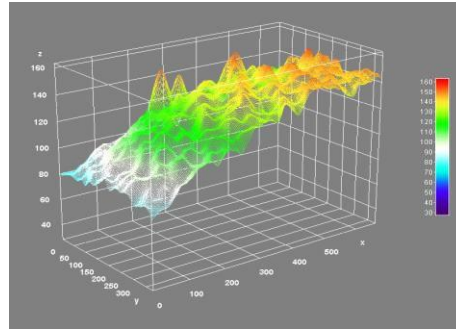


% Partikel
 Austenit equiakhsial **92,550 %**
 Partikel karbida **7,450 %**

Deposit Las



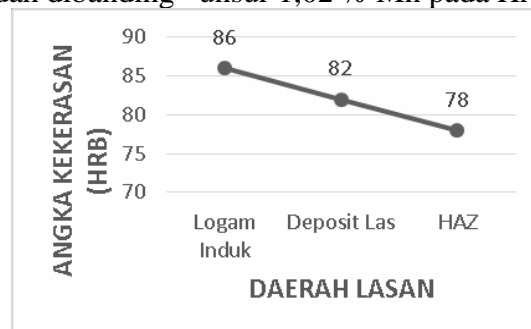
3



% Partikel	
Austenit	66,665 %
Denrit	18,709 %
Ferit	14,626 %

Pada HAZ dengan 7,84 % Cr terjadi transformasi fasa γ ke α , hal ini disebabkan Cr pada HAZ kurang 12 % seperti pada sistem larutan padat pada Fe-Cr. Cr merupakan unsur penstabil α . Cr dengan struktur BCC akan memperluas daerah fasa α dan mempersempit daerah fasa γ . HAZ dengan 7,84 % Cr (Tabel 3) kurang dari 12 % Cr sehingga menghambat pembentukan lapisan *film* Cr_2O_3 , akibatnya menurunkan sifat tahan karat dibanding logam induk dan deposit las. Lapisan film Cr_2O_3 tidak mudah pecah dan tidak terlihat secara visual dan lapisan tersebut, dapat rusak dan terbentuk kembali apabila bersenyawa dengan oksigen. Unsur 7,84 % Ni dan 1,02 % Mn merupakan unsur penstabil fasa γ dan menambah daerah fasa γ serta mempersempit daerah fasa α pada HAZ.

Hasil uji kekerasan pada logam induk 86 HR_B, deposit las 82 HR_B, dan HAZ 78 HR_B (Tabel 5) secara umum angka kekerasan mengalami penurunan, akibatnya sifat keuletan (*ductility*). HAZ dan deposit las semakin meningkat (Grafik 1). Angka kekerasan logam induk 86 HR_B dan HAZ 78 HR_B, angka kekerasan pada kedua daerah tersebut, semakin menurun atau angka kekerasannya semakin menurun 9,302 %. Penurunan tersebut, dipengaruhi energi panas berasal las MIG dengan kuat arus listrik 150 A dan pendinginan udara, sehingga menyebabkan besar butir semakin kasar (*coarse grain*). Pendinginan udara pada HAZ menyebabkan terjadinya rekristalisasi sehingga meningkatkan sifat keuletan HAZ. Faktor lain penurunan angka kekerasan disebabkan adanya unsur 1,36 % Mn pada logam induk (Tabel 1) lebih rendah dibanding unsur 1,02 % Mn pada HAZ (Tabel 3).



Grafik 1 Angka kekerasan vs daerah las

Angka kekerasan deposit las 82 HR_B lebih rendah dibanding angka kekerasan logam induk 86 HR_B, angka kekerasan kedua daerah tersebut semakin menurun atau angka kekerasannya semakin menurun 4,65 %, hal ini disebabkan deposit las merupakan daerah lumer (mencair) saat proses las MIG paling tinggi menerima energi panas dibanding logam induk dan HAZ, sehingga terjadi siklus pemanasan yang tidak seragam, akibatnya terjadi tegangan sisa (*residual stress*) (Wiryosumarto. 2000). Akibat energi panas mendorong terjadi pertumbuhan

butir (*grain growth*) pada deposit las dan besar butirnya semakin kasar, sehingga sifat HAZ semakin ulet. Penurunan deposit las juga dipengaruhi oleh 1,36 % Mn pada logam induk (Tabel 1) lebih rendah dibanding 1,23 % Mn pada deposit las (Tabel 2).

Struktur mikro logam induk terbentuk fasa γ memiliki struktur atom FCC dan partikel karbida (Tabel 6). Dalam keadaan setimbang fasa γ terjadi pada temperatur tinggi yang memiliki sifat non magnetik dan ulet. Kelarutan atom C di dalam larutan padat γ lebih besar dibanding dengan kelarutan atom C pada fasa α (Kalpakjian, 2001).

Struktur mikro HAZ terdiri dari partikel karbida dan austenit equiakial (Tabel 6). Austenit equiakial terbentuk setelah pemanasan kembali dengan temperatur pemanasan yang lebih tinggi. Butiran austenit equiakial pada HAZ tampak lebih besar daripada logam induk, hal ini disebabkan pengaruh energi panas dari proses las MIG yang mengakibatkan terjadinya rekristalisasi terdiri dari delta ferit, presipitat karbida, dan matrik austenit.

Struktur mikro deposit las terbentuk fasa α , fasa γ dan dendrit (Tabel 6). Dendrit terbentuk setelah cairan kawat las mengalami pendinginan udara pada proses las MIG. Fasa α merupakan larutan padat yang memiliki struktur. Fasa α dalam keadaan setimbang dapat diketahui pada temperatur kamar, yaitu alpha-ferrite (pada temperatur tinggi, yaitu delta-ferrite). Kelarutan C di dalam fasa α relatif lebih kecil dibanding dengan kelarutan C di dalam fasa γ (<http://krisnayanarina.blogspot.com/2014/09/stainless-steel.html>); Kalpakjian, Serope, 2001).

IV. KESIMPULAN

Baja tahan karat austenitik setelah proses las MIG dan pendinginan udara terbentuk tiga daerah meliputi: logam induk, HAZ dan deposit las dengan angka kekerasan pada ketiga daerah semakin menurun, sehingga sifat hasil lasan semakin ulet.

Struktur mikro logam induk terbentuk, kecuali deposit las terbentuk fasa γ , fasa α , dendrit, HAZ terbentuk austenite equiakial dan partikel karbida.

REFERENSI

- [1] ASM International, 2003. Trends in Welding Research. Materials Park, Ohio: ASM International. ISBN 0-87170-780-2.
- [2] Cary, 1993. Modern Welding Technology. New Jersey: Prentice Hall.
- [3] Cary, Howard B, 2005. Modern Welding Technology. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education. ISBN 0-13-113029-3.
- [4] Groover, P.M, 2007. Fundamentals of Modern Manufacturing. Third Edition. John Wiley & Sonc, INC: Lehigh University.
- [5] Hicks, John 1999. Welded Joint Design. New York: Industrial Press. ISBN 0-8311-3130-6.
- [6] <https://belajarmesinbutucnc.blogspot.com/2016/03/proses-las-gmaw-gas-metal-arc-welding.html>
- [7] <https://www.pengelasan.net/bagianbagian-lasan/>
- [8] Kalpakjian, Serope, 2001. Manufacturing Engineering and Technology. Prentice Hall. ISBN 0-201-36131-0.
- [9] Lincoln Electric, 1994. The Procedure Handbook of Arc Welding. Cleveland: Lincoln Electric. ISBN 99949-25-82-2.
- [10] Smith, W.F. 1990. Principles of Materials Science and Engineering. Second Edition. McGraw-Hill International Editions: New York. Wiley & Sonc, Inc: Lehigh University.
- [11] Weman, Klas, 2003. Welding Processes Handbook. New York, NY: CRC Press LLC. ISBN 0-8493-1773-8.
- [12] Wiryosumarto, H. 2000. Teknologi Pengelasan Logam, Cetakan ke delapan, PT. Pradnya Paramita: Jakarta.
- [13] www.emeraldinsight.com
- [14] www.kiswelusaco
- [15] <http://krisnayanarina.blogspot.com/2014/09/stainless-steel.html>
- [16] Sedricks, A. John, 1979. Corrosion of Stainless Steels, John Wiley & Sons, Inc., New York