

PERUBAHAN SIFAT MEKANIS DAN BENTUK STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 1040 AKIBAT POLARISASI ARUS PADA PENGELASAN SMAW

Rihat Sebayang^{1*}

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan
Jl. Almamater No. 1, Kampus USU, Medan, 20155

*Email: rihat_sebayang@gmail.com, rihat.sebayang@polmed.ac.id

Abstrak

Dalam proses pengelasan kekuatan hasil lasan dipengaruhi oleh besar arus, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan jarak pengelasan serta polaritas arus listrik. Penentuan besarnya arus dalam penyambungan logam menggunakan las busur mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las. Kekuatan hasil lasan dipengaruhi oleh tegangan busur, besar arus, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan polaritas listrik. Penentuan besarnya arus dalam penyambungan logam menggunakan las busur mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las. Pengaruh dari polaritas arus pengelasan yaitu AC dan DC mampu berdampak pada perubahan sifat mekanis material. Dari pengujian komposisi diketahui bahwa terdapat perubahan persentase dalam jumlah yang relatif kecil pada beberapa unsur yang terkandung pada Baja AISI 1040. Kekuatan mekanis berupa kekerasan diketahui bahwa material yang dilas dengan polaritas arus AC memiliki kekerasan yang cukup tinggi dibanding material yang dilas dengan polaritas arus DC yaitu sebesar 276 VHN, dan terendah pada logam induk sebesar 156 VHN. Kekuatan impak yang tertinggi terdapat pada material yang dilas dengan polaritas arus DC yaitu sebesar 68,7 Joule dan pada material yang dilas dengan polaritas arus AC sebesar 60,3 Joule. Struktur fase Ferrite dan Pearlite terlihat pada logam las, HAZ kasar dan Haz halus, serta pada logam induk pada material yang dilas dengan polaritas arus AC dan DC.

Kata kunci : SMAW, Polaritas arus, Baja AISI 1040, Impak, Kekerasan, Struktur Mikro.

Pendahuluan

Pembangunan konstruksi dengan logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya bidang rancang bangun karena sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan ketrampilan yang tinggi bagi pengelasnya agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya.

Mesin las SMAW menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau *Direct Current* (DC), mesin las arus bolak-balik atau *Alternating Current* (AC) dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC). Mesin Las arus DC dapat digunakan dengan dua cara yaitu polaritas lurus dan polaritas terbalik. Mesin las DC polaritas lurus (DC) digunakan bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas besar, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif dan logam induk dihubungkan dengan kutub positif, sedangkan untuk mesin las DC polaritas terbalik (DC+) digunakan bila titik cair bahan induk rendah dan kapasitas kecil, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negatif.

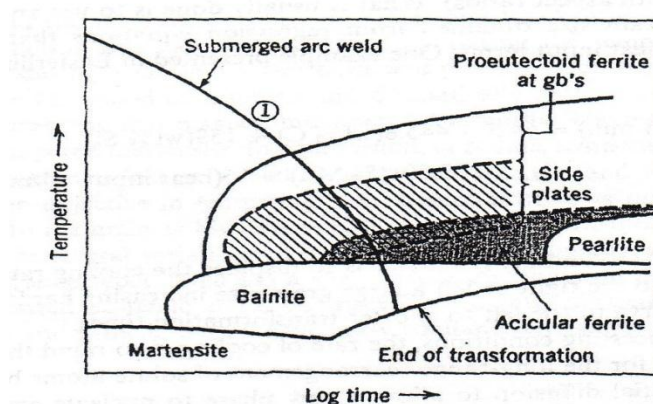
Struktur Mikro dan Sifat-Sifat Mekanik

Pada proses pengelasan, transformasi γ (austenit) α menjadi (ferit) merupakan tahap yang paling krusial karena struktur mikro logam las yang berarti juga sifat-sifat mekanisnya

sangat ditentukan pada tahap ini. Diantara faktor-faktor yang mempengaruhi transformasi γ (austenit) α (ferit) adalah masukan panas (heat input), komposisi kimia las, kecepatan pendinginan dan bentuk sambungan las seperti ditunjukkan oleh diagram CCT (*Continuous Cooling Transformation*) seperti pada gambar 2.

Menurut Abson dan Pargeter (1986), struktur mikro logam las baja terdiri dari kombinasi dua atau lebih fasa-fasa berikut yang disusun berdasarkan suhu pembentuknya :

1. Ferit batas butir (*grain boundary ferrite*), terbentuk antara suhu 1000 sampai 650 °C sepanjang batas butir austenit.
2. Ferit Widmanstatten (*Widmanstatten ferrite side plates*), terbentuk antara suhu 1000 sampai 650 °C
3. Ferit acicular (*acicular ferrite*), terbentuk antara suhu 650 °C
4. Bainit, terbentuk antara suhu 500 °C
5. Martensit, terbentuk jika proses pendinginannya sangat cepat



Gambar 1. Diagram CCT

Dari kelima struktur mikro di atas, ferit *acicular* merupakan struktur mikro yang diinginkan karena dapat meningkatkan kekuatan dan ketangguhan logam las seperti yang dilaporkan oleh Harrison dan Farrar (1981). Grong dan Matlock (1986). Peningkatan kekuatan ini disebabkan karena ferit *acicular* berbutir halus sesuai dengan persamaan Hall-Petch berikut :

$$\sigma = \sigma_0 + kd^{1/2} \quad (1)$$

Dimana σ : tegangan luluh

σ_0 : tegangan friksi (*friction stress*)

k : koefisien penguat (*strengthening coefficient*)

d : ukuran (diameter) butir

Pada sisi lain, ketangguhan las disebabkan karena struktur ferit acicular berbentuk anyaman (*interlocking structure*) sehingga dapat menahan laju rambatan retak dan memberikan ketangguhan yang baik.

Pengujian Ketangguhan (*impact*)

Pengujian Impak merupakan pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Inilah yang membedakan pengujian impak dengan pengujian tarik dan kekerasan dimana pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan. Pengujian impak merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam perlengkapan konstruksi dan transportasi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan *dating* secara tiba-tiba, contoh deformasi pada *bumper* mobil pada saat kecelakaan.

Dasar pengujian impact ini adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi maksimum hingga mengakibatkan perpatahan. Pada pengujian impact ini banyaknya energy yang diserap oleh bahan untuk terjadinya perpatahan merupakan ukuran ketahanan impact atau ketangguhan bahan tersebut. Suatu material dikatakan tangguh bila memiliki kemampuan menyerap beban kejut yang besar tanpa mengalami retak atau deformasi dengan mudah.

Pada pengujian impact, energi yang diserap oleh benda uji biasanya dinyatakan dalam satuan joule dan dibaca langsung pada skala (*dial*) petunjuk yang telah dikalibrasi yang terdapat pada mesin pengujian. Harga impact (**HI**) suatu bahan yang diuji dengan metode *Charpy* diberikan oleh

$$HI = E/A \quad (2)$$

dimana E adalah energi yang diserap dalam satuan joule dan A luas penampang di bawah takik dalam satuan mm^2 .

$$E = P (H_0 - H_1) \quad (3)$$

dimana :

- P = beban yang diberikan (Newton)
- H₀ = ketinggian awal bandul (mm)
- H₁ = ketinggian akhir setelah terjadi perpatahan benda uji (mm)

Benda uji impact dikelompokkan kedalam dua golongan sampel standar (ASTM E-23) yaitu batang uji *Charpy* (metode *Charpy* - USA) dan batang uji *Izod* (metode *Izod* – Inggris dan Eropa).

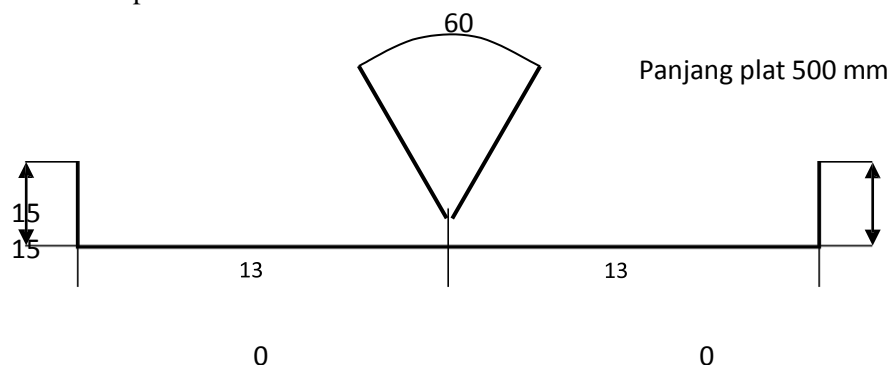
METODOLOGI

Bahan penelitian

- Bahan penelitian : Pelat baja AISI 1040
- Spesifikasi plat : Baja AISI 1040 uk. 1090mm x 7mm x 40mm, sebanyak 2 piece.
Baja AISI 1040 uk. 1000mm x 12mm x 12mm, sebanyak 2 piece.

Proses Pengelasan

Jenis elektroda yang digunakan adalah tipe E6013, dan mesin las jenis SMAW, dengan menggunakan kampuh V.



Gambar 2. Sambungan Las

Pengujian Struktur Mikro

Data alat uji yang dipergunakan untuk pengujian metallografi, adalah sebagai berikut :

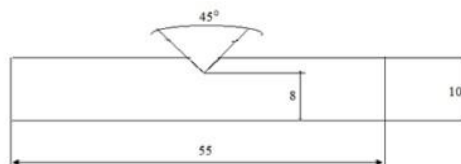
- Mikroskop Optik dengan skala pembesaran sampai dengan 1000 kali.
- Kamera–Wild MPS 11.
- Etsa Nital 2%, *consist* :Alkohol 95% 98 ml.
HNO₃ 2 ml.

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan yang dilakukan adalah dengan menggunakan pengujian kekerasan mikro *vickers* dengan beban maksimum adalah 1 kg.

Pengujian Impak

Mesin uji yang digunakan adalah *Impact Carphy Machine* yang dilengkapi dengan alat pemukul berupa palu dengan bentuk, ukuran dan berat tertentu. Pengujian dilakukan pada temperatur kamar. Benda uji impak berbentuk persegi panjang dengan ukuran sesuai standar JIS Z 2201 1980 seperti diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3. Spesimen Uji Impak (JIS Z 2201 1980)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Komposisi

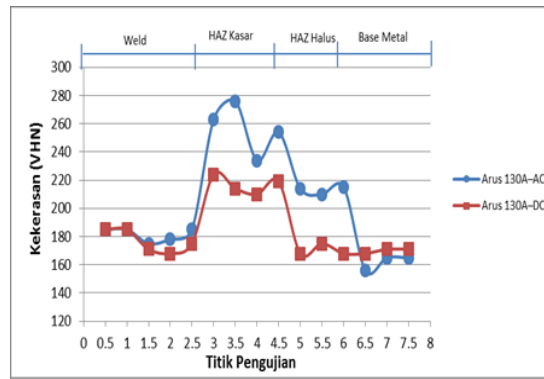
Pengujian komposisi kimia pada material AISI 1040 dilakukan untuk melihat unsur yang terkandung dalam material tersebut, baik diawal sebelum proses pengelasan maupun setelah dilakukannya proses pengelasan. Hal ini berguna untuk mengetahui pengaruh dari panas dan terdifusinya unsur yang terkandung didalam elektroda terhadap material khususnya pada logam hasil pengelasan. Hasil dari pengujian komposisi kimia dapat dilihat dari tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil pengujian komposisi kimia pada material AISI 1040, pada logam induk, logam yang dilas pada 130A-AC, dan logam yang dilas pada 130A-DC

Materials	Composition												
	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo	V	Cu	Sn	Al	Fe
SAE/AIS I	0.4399	0.297	0.00	0.009	0.754	0.079	0.135	0.004	0.004	0.02	0.004	0.013	98.20
Weld Metal		2	7	3	7	7	9	9	4		8	4	69
130A-AC													
Weld Metal													
130A-DC													
Weld Metal	0.1223	0.540	0.004	0.009	0.955	0.038	0.052	0.011	0.014	0.108	0.005	0.004	98.13
		7	6	7	9	5	1	3	2	6	5	3	25

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dengan menggunakan pengujian kekerasan mikro *vickers* dilakukan untuk mengetahui distribusi tingkat kekerasan yang berbeda dalam rentang jarak yang kecil. Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat dari tabel 4 berikut.



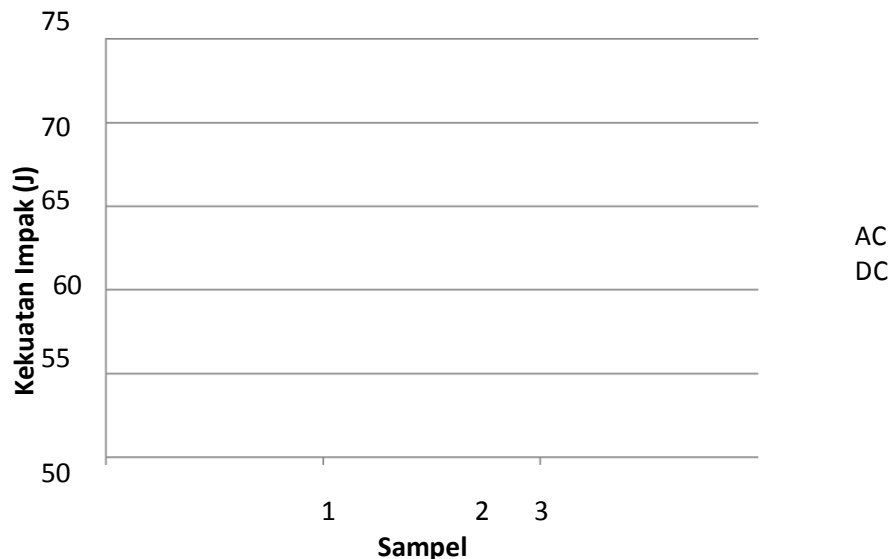
Gambar 6. Hasil Kekerasan Mikro Vickers terhadap Titik Pengujian

Kekerasan material AISI 1040 yang dilas dengan menggunakan polarisasi jenis arus AC dan DC dapat diketahui dari gambar 6 diatas. Polarisasi arus AC dan DC ternyata mempengaruhi kekerasan material AISI 1040, khususnya pada pada daerah disekitaran logam las *Heat Affective Zone* (HAZ) kasar dan halus. Pada polarisasi arus AC terlihat terjadi perubahan kekerasan yang sangat besar dibandingkan dengan logam lasnya, kekerasan tersebut meningkat tajam dan memiliki puncak kekerasan sebesar 276 VHN, sedangkan kekerasan terendah pada material yang menggunakan arus AC yaitu pada daerah logam induk (*base metal*) yaitu sebesar 156 VHN.

Sedangkan pada material yang dilas dengan menggunakan polarisasi arus DC nilai kekerasannya jauh lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan polarisasi arus AC dan cenderung stabil. Kekerasan pada polarisasi arus DC tertinggi terdapat pada daerah HAZ kasar yaitu sebesar 224 VHN dan terendah pada daerah logam induk sebesar 168 VHN

Pengujian Impak

Ketangguhan material AISI 1040 dapat diketahui dengan melakukan pengujian impak. Dalam penelitian ini pengujian impak dilakukan dengan menggunakan metode Impak *Charpy* dan alat uji yang digunakan adalah mesin uji impak.



Gambar 7. Ketangguhan material terhadap variasi polarisasi arus AC dan DC pada pengelasan Baja AISI 1040

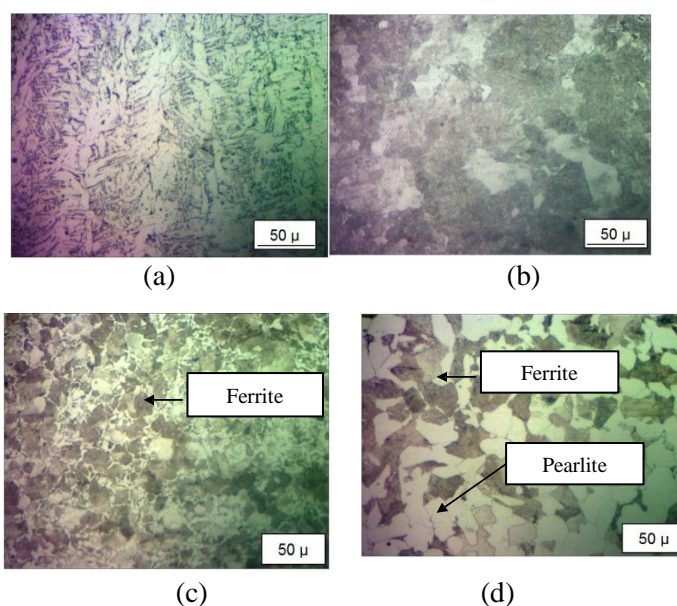
Dari gambar 7 diatas, diketahui bahwa ketangguhan material Baja AISI 1040 yang dilas dengan menggunakan polarisasi arus DC memiliki kekuatan yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan material yang dilas dengan menggunakan polarisasi arus AC. Dari gambar tersebut ketangguhan material tertinggi pada material yang dilas dengan polarisasi arus DC memiliki ketangguhan

sebesar 71 Joule dan terendah sebesar 64 Joule. Sementara Baja AISI 1040 yang dilas dengan menggunakan polarisasi arus AC ketangguhan impak tertingginya adalah sebesar 62 Joule dan terendah sebesar 58 Joule.

Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan pada material yang dilas dengan polarisasi arus 130A (Arus AC)

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk melihat perubahan struktur mikro yang terjadi pada material Baja AISI 1040. Pengamatan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran yang bervariasi, yaitu pembesaran 200x dan 400x pada lokasi atau titik pengamatan yang sama. Pengambilan titik pengamatan dilakukan pada empat titik pengamatan yang berbeda yaitu pada logam lasan, HAZ kasar, HAZ halus dan logam induk (*base metal*).

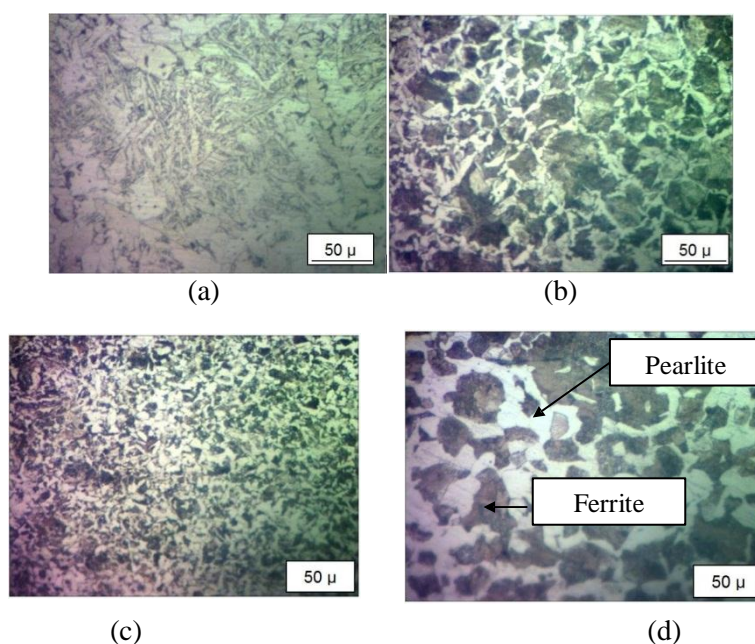


Gambar 8. Pengamatan struktur mikro pada material Baja AISI 1040 yang dilas dengan menggunakan polarisasi arus AC (a) Weld metal (b) HAZ Kasar (c) HAZ Halus (d) Base Metal dengan pembesaran 400X

Pengamatan yang dilakukan pada material dengan polarisasi arus AC diketahui bahwa logam induk memiliki struktur mikro yang terdiri dari *ferrite* dan *pearlite*. *Ferrite* adalah fase larutan padat yang memiliki struktur BCC (*body centered cubic*). *Ferrite* dalam keadaan setimbang dapat ditemukan pada temperatur ruang, yaitu *alpha-ferrite* atau pada temperatur tinggi, yaitu *delta-ferrite*. Secara umum fase ini bersifat lunak (*soft*), ulet (*ductile*), dan magnetik (*magnetic*) hingga temperatur tertentu. Kelarutan karbon di dalam fase ini relatif lebih kecil dibandingkan dengan kelarutan karbon di dalam fase larutan padat lain di dalam baja, yaitu fase *Austenite*. Pada temperatur ruang, kelarutan karbon di dalam *alpha-ferrite* hanyalah sekitar 0,05%.

Sementara *Pearlite* adalah suatu campuran *lamellar* dari *ferrite* dan *cementite*. Konstituen ini terbentuk dari dekomposisi *Austenite* melalui reaksi *eutectoid* pada keadaan setimbang, di mana lapisan *ferrite* dan *cementite* terbentuk secara bergantian untuk menjaga keadaan kesetimbangan komposisi *eutectoid*. *Pearlite* memiliki struktur yang lebih keras daripada *ferrite*, yang terutama disebabkan oleh adanya fase *cementite* atau *carbide* dalam bentuk lamel-lamel.

Pengamatan pada material yang dilas dengan polarisasi arus 130A (Arus DC)



Gambar 9. Pengamatan struktur mikro pada material Baja AISI 1040 yang dilas dengan menggunakan polarisasi arus DC (a) *Weld metal* (b) *HAZ Kasar* (c) *HAZ Halus* (d) *Base Metal* dengan pembesaran 400X

Pengamatan struktur mikro pada material yang dilas dengan polarisasi arus DC dapat dilihat pada gambar 10 di atas. Struktur mikro pada logam induk, HAZ kasar, HAZ halus dan logam las merupakan hasil pengamatan dengan mikroskop optik pada pembesaran yaitu 400x pembesaran seperti ditunjukkan pada gambar 9 di atas terdiri dari pearlite dan ferrite.

Pembahasan

Dari beberapa pengujian yang dilakukan terhadap material Baja AISI 1040 yang dilas dengan menggunakan arus las 130A dengan polaritas arus yang berbeda yaitu AC dan DC diketahui bahwa terjadi perubahan-perubahan yang sangat besar antara kedua jenis polaritas arus tersebut. Hal pertama yaitu diketahui bahwa adanya perubahan unsur akibat proses pengelasan yang dilakukan, hal ini diakibatkan oleh penggunaan elektroda sebagai bahan tambah serta terdifusinya unsur-unsur tersebut kedalam logam atau material, khususnya pada daerah logam las. Perubahan unsur tersebut mampu mempengaruhi bentuk dari struktur mikro dan perubahan sifat mekanis.

Pada pengujian kekerasan yang dilakukan, diketahui bahwa terjadi perubahan tingkat kekerasan pada beberapa daerah pantauan atau daerah indentasi pengujian, yaitu daerah logam las, daerah HAZ kasar, HAZ halus dan logam induk. Dari pengujian kekerasan tersebut diketahui bahwa kekerasan tertinggi terdapat pada daerah HAZ kasar, dan daerah ter lunak yaitu pada daerah logam induk. Hal ini dikarenakan pada daerah HAZ merupakan daerah dimana logam induk terkena panas paling tinggi pada saat proses pengelasan berlangsung dibandingkan dengan daerah lainnya.

Pada pengujian impak, diketahui bahwa material yang memiliki tingkat kekerasan tinggi maka akan memiliki kekuatan impak yang lebih kecil, atau berbanding terbalik. Pada pengujian impak ini diketahui bahwa kekerasan pada Baja AISI 1040 yang dilas dengan menggunakan arus polaritas AC memiliki kekerasan yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan

material yang dilas dengan polaritas arus DC, dan kemudian material tersebut memiliki kekuatan impact yang jauh lebih rendah.

KESIMPULAN

Dari pengujian yang dilakukan terhadap material AISI 1040 yang dilas dengan menggunakan polarisasi arus yang berbeda yaitu AC dan DC, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terjadinya perubahan unsur pada logam hasil pengelasan, akibat terdifusinya unsur-unsur kedalam logam las.
2. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah HAZ kasar dan ter lunak pada daerah logam induk. Dari dua material tersebut diketahui bahwa material Baja AISI 1040 yang dilas dengan menggunakan arus polaritas AC memiliki kekerasan paling tinggi yaitu sebesar 276 VHN, dan tingkat kekerasan paling rendah terdapat pada daerah logam induk yaitu sebesar 156 VHN.
3. Nilai ketangguhan impact rata-rata pada material yang dilas dengan arus AC yaitu sebesar 60,3 Joule dan pada arus DC sebesar 68,7 Joule.
4. Bentuk struktur mikro material pada baja AISI 1040 yang dilas dengan menggunakan polaritas arus AC dan DC cenderung sama yaitu ferrite dan pearlite.

DAFTAR PUSTAKA

- Alip, M., (1989), Teori dan Praktik Las, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Arifin, S., (1997), Las Listrik dan Otogen, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Carry, Howard., (1994), "Modern Welding Technology", Prentice Hall, New Jersey Inc., New Jersey.
- Esterling, K.E., (1993), "Introduction to the Physical Metallurgy of Welding", Sutterworths, pp. 115-123.
- Evens, G.M., (1983), "Effect of heat input on the microstructure and properties of C-Mn all weld metal deposits", Welding Industries Oerlikon, Zurich.
- Dolby, R.E., (1983), "Advances in Welding Metallurgy of Steel", Metals Technology, Vol.10, pp.349-3
- Harrison, P.L., and Farrar, R.A., (1981), "Influence oxygen-rich inclusion on $\gamma \rightarrow \alpha$ phase transformation in high strength low alloy (HSLA) steel weld metal", Journal of Material Science, 16, pp 2218-2226.
- Johnson, M.Q., Evens, G.M., Edwards, G.P., (1995), "The influence of the Titanium additions and interpass temperature on the microstructure and mechanical properties of high strength SMA weld metal", ISIJ international, 35, pp 1222-1231.
- Smith, L., (2002), "Sensitization of Martensitic Stainless Steels", Journals of Materials Performances, P54-55.
- Widharto, S., (2001), Petunjuk Kerja Las, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Wirjosumarto, H., dan Okumura, T., (1986), "Teknologi Pengelasan Logam", edisi 8, Pradnya Paramita, Jakarta.